

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 116

***SYNTHÈSE SUR LES RISQUES SANITAIRES LIÉS AUX
ONGULES SAUVAGES EN FRANCE MÉTROPOLITAINE ET
EN CORSE***

THÈSE

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

Par

FLIGNY Camille

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 116

***SYNTHÈSE SUR LES RISQUES SANITAIRES LIÉS AUX
ONGULES SAUVAGES EN FRANCE MÉTROPOLITAINE ET
EN CORSE***

THÈSE

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

Par

FLIGNY Camille

Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01-09-2021)

ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur émérite
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIENNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emille	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOSCA	Marion	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Maqalle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SAWAYA	Serqe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY

À Monsieur le Professeur Pierre COCHAT,

Professeur à l'Université Claude Bernard de Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon.

Qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury de thèse,

Hommages respectueux.

À Madame la Professeure Emmanuelle Gilot-Fromont,

Professeure à VetAgro-Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Epidémiologie, médecine préventive, biologie des populations et statistiques.

Qui m'a confié ce projet et qui m'a fait l'honneur d'encadrer ce travail.

Pour votre disponibilité, votre accompagnement, votre rigueur et votre expertise,

Sincères remerciements.

À Monsieur le Docteur Vincent LEGROS,

Maître de conférences à VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon.

Pathologie Infectieuse.

Qui nous fait l'honneur de participer à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.

Remerciements aux experts ayant participé au groupe de travail du volet sanitaire,

A Madame la Docteure Marjorie Bison et à Madame la Docteure Anne Loison, pour nous avoir proposé ce sujet et de nous avoir encadré avec bienveillance.

A Monsieur le Docteur Gilles Bourgoïn, pour nous avoir accompagné dans ce travail.

A l'ensemble du groupe d'experts ayant intervenu sur le sujet, à Madame Céline Richomme, Madame Céline Couderc-Obert, Madame la Docteure Ariane Payne, Monsieur le Docteur Olivier Plantard, Madame Charlotte Dunoyer, Monsieur Dominique Gauthier, Madame Hélène Verheyden, Madame Gwenaél Vourc'h, Monsieur Serge Morand, Madame Pauline Chaigneau et Madame Eva Faure.

Que vous trouviez ici l'expression de ma reconnaissance et de ma gratitude.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ANNEXES.....	11
TABLE DES FIGURES.....	13
TABLE DES TABLEAUX.....	15
LISTE DES ABREVIATIONS.....	17
INTRODUCTION.....	19
PARTIE 1 : Généralités sur les risques infectieux des ongulés sauvages.....	23
I. Situation actuelle des ongulés sauvages en France métropolitaine.....	23
A. Présentation des ongulés sauvages.....	23
1. Systématique et classification des ongulés sauvages.....	23
2. Effectifs.....	25
3. Biologie.....	26
B. Situation démographique.....	29
1. Distribution géographique.....	29
2. Evolution des populations d'ongulés sauvages sur le territoire français.....	34
C. Services et contraintes liés aux ongulés sauvages.....	34
1. Les services et biens liés aux ongulés sauvages.....	34
2. Les contraintes liées aux ongulés sauvages, en dehors des risques sanitaires ...	39
II. Maladies infectieuses signalées chez les ongulés sauvages.....	42
A. Concepts clés des maladies infectieuses.....	42
1. Bases de l'épidémiologie.....	42
2. Cycle de vie de l'agent pathogène.....	44
3. Cycle de développement de la peste porcine africaine.....	45
B. Expression clinique de la maladie.....	46
1. Expression clinique et surveillance de la maladie.....	46
2. Expression clinique de la peste porcine africaine.....	47
III. Construction d'un rapport et de fiches sur les risques sanitaires liés aux ongulés sauvages.....	48
A. Volet sanitaire du rapport sur les services et disservices des ongulés sauvages.....	48
1. Problématique et objectifs principaux.....	48
2. Organismes impliqués dans la santé animale en France.....	49
3. Composition et fonctionnement du groupe de travail du volet sanitaire.....	52
B. Identification des agents pathogènes dont les ongulés sauvages sont réceptifs.....	54
1. Méthode de la recherche bibliographique.....	54

2.	Description des maladies.....	57
3.	Présentation des enjeux sanitaires	58
PARTIE 2 : Enjeux des risques sanitaires des ongulés sauvages		60
I.	Enjeux majeurs liés aux maladies infectieuses des ongulés sauvages et élaboration de fiches.....	60
A.	Impact sur la santé publique.....	60
1.	Enjeux liés à la santé publique humaine (Fiche Hépatite E).....	60
2.	Enjeux de santé publique vétérinaire (Fiche Aujeszky).....	64
3.	Risque de création d'un réservoir dans la faune sauvage à partir des animaux domestiques (Fiche Brucellose)	68
B.	Enjeux liés au risque d'émergence de maladies.....	73
1.	Concept de One Health	73
2.	Modalité d'émergence.....	74
3.	Maladies à risque d'émergence (Fiche Fièvre de Crimée-Congo).....	75
C.	Conséquences multiples des maladies des ongulés sauvages	79
1.	Enjeux liés à l'environnement et la biodiversité des espèces sauvages (Fiche Pestivirus).....	79
2.	Enjeux consécutifs aux risques sanitaires chez les ongulés sauvages.....	83
II.	Leviers d'action sur les risques sanitaires des ongulés sauvages.....	84
A.	Enjeux liés aux moyens de lutte.....	84
1.	Mesures de lutte	84
2.	Régulation de la transmission de l'agent pathogène impliquant les ongulés sauvages (Fiche maladie de Lyme)	85
B.	Enjeux majeur de la surveillance épidémiologique.....	88
1.	Collaboration nationale et internationale	88
2.	Dispositif de surveillance de la faune sauvage (Fiche Tuberculose)	89
C.	Discussion sur les enjeux des risques sanitaires relatifs aux ongulés sauvages.....	95
1.	Bilan sur les enjeux des risques sanitaires chez les ongulés sauvages en France métropolitaine.....	95
2.	Messages clés et perspectives du rapport et du volet sanitaire	97
CONCLUSION		99
BIBLIOGRAPHIE		100
ANNEXES		113

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : DEFINITIONS DES TERMES CLES POUR L'EPIDEMIOLOGIE DES MALADIES DES ONGULES SAUVAGES.....	113
ANNEXE 2 : TABLEAU DES MALADIES DES ONGULES SAUVAGES.....	119

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Photographies des ongulés sauvages de France métropolitaine et de Corse.....	28
Figure 2 : Distribution spatiale des ongulés sauvages en France.....	30
Figure 3 : Visualisation des liens entre les services écosystémiques et contraintes liés aux ongulés sauvages.....	42
Figure 4 : Principales caractéristiques d’une infection d’un hôte par un agent pathogène.....	44
Figure 5 : Périodes caractéristiques d’une infection par un agent pathogène d’un individu.....	45
Figure 6 : Maintien et transmission du virus de la peste porcine africaine dans les populations sauvages et domestiques et chez les tiques vectrices	46
Figure 7 : Modèle de fiche d’enjeu sanitaire illustré par une maladie.....	59
Figure 8 : Carte des estimations de la séroprévalence des anticorps vis-à-vis de l’hépatite E chez le sanglier, dans cinq départements français. Données de l’enquête 2009-2010.....	62
Figure 9 : Voies de transmission de l’Hépatite E.....	63
Figure 10 : Carte des estimations de la séroprévalence des anticorps vis-à-vis du virus de la maladie d’Aujeszky chez le sanglier, dans cinq départements français. Résultats de l’enquête sérologique réalisée en 2009-2010.....	66
Figure 11 : Voies de transmission du virus de la maladie d’Aujeszky.....	67
Figure 12 : Voies de transmission de <i>Brucella melitensis</i>	71
Figure 13 : Processus de propagation d’une infection entre un réservoir sauvage et l’animal domestique ou l’homme.....	74
Figure 14 : Distribution géographique de <i>Hyalomma marginatum</i> en Europe.....	77
Figure 15 : Transmission du virus de la Fièvre Hémorragique de Crimée-Congo.....	78
Figure 16 : Séroprévalence et viroprévalence chez les isards d’Orlu en Ariège entre 1995 et 2013.....	81
Figure 17 : Cycle de transmission du Border Disease Virus.....	82
Figure 18 : Cycle de transmission du vecteur Ixodes et de <i>Borrelia burgdorferi sl.</i>	87
Figure 19 : Voies de transmission de <i>Mycobacterium bovis</i> en France métropolitaine.....	91
Figure 20 : Niveaux de surveillance et les zones à risque de la tuberculose bovine du réseau Sylvatub en Mars 2021.....	93
Figure 21 : Localisation des ongulés sauvages collectés par surveillance événementielle entre 2011 et 2017.....	95

Figure 22 : Schéma des enjeux liés aux risques sanitaires et leviers d'action.....98

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Dénomination des ongulés sauvages présents en France métropolitaine et en Corse.....	23
Tableau II : Effectifs attribués et prélevés à la chasse en France métropolitaine et en Corse en 2020.....	25
Tableau III : Habitats et domaine vital moyen des espèces d'ongulés sauvages sur le territoire français.....	33
Tableau IV : Composition du groupe de travail du volet sanitaire.....	52
Tableau V : Agents pathogènes d'importance majeure recensés chez les ongulés sauvages....	55

LISTE DES ABREVIATIONS

ACCA : Association Communale de Chasse Agréée	FNC : Fédération Nationale des Chasseurs
AEEMA : Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales	GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	Ha : Hectare
CGDD : Commissariat Général au Développement Durable	ICE : Indicateur de Changement Ecologique
CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement	INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel
CNOPSAV : Conseil National d'Orientation de la Politique Sanitaire Animale et Végétale	INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique	IUCN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
CNOPSAV : Conseil Régional d'Orientation de la Politique Sanitaire Animale et Végétale	LDA : Laboratoire départemental vétérinaire et d'hygiène alimentaire
Coop de France : Coopération agricole de France	LECA : Laboratoire d'Ecologie Alpine
DDPP : Direction Départementale de Protection des Populations	LNR : Laboratoire National de Référence
DGAL : Direction générale de l'Alimentation	MTE : Ministère de la Transition Écologique
DIR : Directions Interdépartementales des Routes	MUS : Missions des Urgences Sanitaires
DRAAF : Direction régionale de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt	OFB : Office Français de la Biodiversité (résultant de la fusion de l'ONCFS et de l'AFB)
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	OIE : World organisation for animal health
ECDC : European Centre for Disease Prevention and Control	ONF : Office National des Forêts
EEVAS : Pôle d'expertise vétérinaire et agronomique animaux sauvages de Vetagro Sup	PCR : « Polymerase Chain Reaction » ou réaction de polymérisation en chaîne
EFESE : Evaluation française des Ecosystèmes et Services Ecosystémiques	PPA : Peste Porcine Africaine
ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Immunoenzymatique	PESA / Plateforme ESA : Plateforme d'Epidémiosurveillance
FDC : Fédération Départementale des Chasseurs	PNISU : Plan National d'Intervention Sanitaire d'Urgence
	SAGIR : Réseau national d'épidémiosurveillance de la faune sauvage
	SNGTV : Société National des Groupements Techniques Vétérinaires
	SRI : Service de la Recherche et de l'Innovation

INTRODUCTION

Avant-propos

Cette thèse vétérinaire s'inscrit dans le cadre de la partie sanitaire du rapport « Fonctions, services écosystémiques et contraintes associés aux ongulés sauvages en France » rédigé par Marjorie Bison, sous la direction d'Anne Loison du Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA) à la demande du Ministère de la Transition Ecologique (MTE). Ce rapport expose la situation en France métropolitaine, hors Corse. Un groupe de travail d'experts de la santé animale a été constitué pour se focaliser sur le volet sanitaire du projet. La liste des experts travaillant sur ce domaine est détaillée en Partie 1 I.A.2..

L'objectif était de déterminer les enjeux sanitaires majeurs liés aux ongulés sauvages. Le travail s'est déroulé d'août 2020 à août 2021. Une des contraintes principales de ce travail concerne les incertitudes et le manque de connaissances de certaines maladies. L'objectif est également de recenser les données et études disponibles et manquantes.

Certaines parties de cette thèse sont tirées du rapport global concernant les services et contraintes des ongulés sauvages (Bison et al., 2021) que j'ai rédigé. Ce texte sera cité entre guillemets dans cette thèse.

Présentation

« La faune sauvage est réceptive à différentes maladies impactant leur dynamique et la biodiversité. Ces maladies peuvent également toucher les humains et les animaux domestiques (animaux de rente et animaux de compagnie) du fait des transmissions inter-espèces. Ce rôle épidémiologique joué par la faune sauvage dans de nombreuses maladies infectieuses et parasitaires reste souvent difficile à identifier précisément.

Il est observé, depuis les années 1960, une augmentation du nombre d'épidémies et de la diversité de zoonoses dans le monde (Vourc'h, 2021). Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela : la forte densité de population humaine dans certains pays augmente le nombre de contacts avec la faune sauvage, cela apparaît comme le coût "caché" du développement économique et démographique des populations humaines (Jones et al., 2008) ; l'augmentation des populations d'animaux de production depuis les années 1960 et l'augmentation des populations d'ongulés sauvages favorise les échanges entre animaux sauvages, domestiques et humains ; l'intensification des pratiques d'élevage (grandes concentrations d'animaux), associée à des conditions d'élevage stressantes et à la faible diversité génétique des individus, favorise la diffusion rapide d'agents pathogènes au sein des troupeaux domestiques et avec les humains ; l'utilisation massive d'antibiotiques dû à l'industrialisation de l'élevage peut entraîner l'apparition de gènes de résistance transmissibles aux bactéries hébergées par les humains ; le trafic de faune sauvage facilite l'émergence de zoonoses ; le changement des pratiques agricoles et d'usage des terres entre en jeu dans ces transmissions (e.g. la déforestation dans les zones intertropicales crée de nouveaux contacts entre faune sauvage, domestique et humains et est associée à une augmentation du nombre d'épidémies de zoonoses, l'expansion forestière en Europe en l'absence de grands prédateurs favorise le développement des populations d'ongulés et donc des maladies zoonotiques liées à ces espèces) ; l'intérêt croissant pour le tourisme

faunique et la fragmentation du paysage augmentent enfin les possibilités de contacts entre animaux sauvages et humains (Loh et al., 2015; Vourc'h, 2021).

Des facteurs environnementaux tels que la perte de biodiversité et le changement climatique (Altizer et al., 2013) participent aussi à l'augmentation de l'occurrence des maladies zoonotiques. Tout d'abord, alors que la biodiversité spécifique (i.e. le nombre d'espèces) est une source de diversité de pathogènes, la biodiversité en danger est, quant à elle, source d'épidémies (Morand and Lajaunie, 2017). Ainsi, les pertes de biodiversité causées par les pertes et les fragmentations d'habitat, mènent à l'apparition d'espèces en danger d'extinction et augmentent le niveau de circulation des agents pathogènes et l'émergence des épidémies, comme cela a été montré pour diverses maladies dans plusieurs méta-analyses (Morand and Lajaunie, 2017).

Ensuite, le changement climatique peut modifier l'aire de répartition des vecteurs ou des hôtes. Par exemple, la tique *Ixodes ricinus*, vecteur de la borréliose de Lyme en Europe (zoonoses liées à des tiques portées par les cerfs, les sangliers et les chevreuils), a vu son aire de répartition progresser au-delà de la latitude 60°N dans les pays scandinaves, et le nombre de cas de maladie de Lyme augmenter depuis les années 1990 (Daniel et al., 2003; Lindgren et al., 2000; Linnell et al., 2020; Vourc'h, 2021). L'augmentation de la densité d'ongulés, même s'ils sont des hôtes incompétents pour cette maladie, est associée à une augmentation de l'abondance des tiques et du risque d'infection chez les humains (effet d'amplification, Mysterud et al., 2016), et ce malgré un effet de dilution noté dans plusieurs études nord-américaines (Keesing et al., 2006). Un autre exemple concerne la tique vectrice de la Fièvre de Crimée Congo, *Hyalomma sp.*. Le réchauffement climatique, associé aux mouvements d'animaux sauvages et domestiques, augmente significativement son aire de répartition (Portillo et al., 2021). Le changement climatique influence aussi les périodes d'activités et le développement des hôtes ou des vecteurs. Pour reprendre l'exemple d'*Ixodes ricinus*, de plus en plus de tiques sont actives en hiver (Vourc'h, 2021).

Au-delà de l'augmentation des zoonoses, la transmission de maladies infectieuses entre la faune sauvage et domestique (ongulés dans notre cas) est aussi un problème d'intérêt majeur (Gortazar et al. 2007). Plusieurs facteurs globaux et locaux participent à la transmission des agents pathogènes. Une partie de ces facteurs a déjà été évoquée dans le paragraphe précédent et vaut aussi pour les transmissions entre faune sauvage et domestique (perte de biodiversité, changement climatique, pratiques d'élevage industriel avec des animaux moins résistants aux pathogènes) (Martin et al., 2011). A cela s'ajoute l'augmentation des contacts entre faune sauvage et faune domestique dans les zones où se développe l'élevage en plein air (Martin et al., 2011) et la translocation d'animaux sauvages ou domestiques qui est elle aussi responsable de l'introduction de maladies (Martin et al., 2011).

Enfin, bien que l'apparition d'épidémies chez les ongulés sauvages ne constitue pas une contrainte directe pour les humains, celles-ci peuvent dans certains cas entraîner des modifications dans les dynamiques de population et de fortes réductions en abondance des populations touchées.

En France, la présence de fortes densités de population humaine, les changements de pratiques d'élevage comme le développement de l'élevage en plein air, et l'augmentation des populations d'ongulés participent donc toutes à l'augmentation des risques de transmission de maladies

entre les ongulés sauvages et les humains (i.e. zoonose) ou le bétail, dans les deux sens de transmission. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de présenter les principaux enjeux sanitaires en France liés aux ongulés sauvages. Tout d'abord, nous présenterons les ongulés sauvages et leurs caractéristiques. Puis, nous effectuerons des rappels concernant les modalités de transmission d'agents pathogènes et leurs conséquences. Nous parlerons de la méthode employée pour identifier les enjeux sanitaires des ongulés sauvages. Enfin, nous détaillerons les sept enjeux principaux que nous avons illustrés par des exemples de maladie :

- Contamination des humains par la manipulation et la consommation d'animaux sauvages, en particulier de gibier, à l'origine de zoonose, illustré par l'hépatite E
- Ongulés sauvages constituant un réservoir vis-à-vis des animaux domestiques, illustré par la maladie d'Aujeszky
- Risque de création d'un réservoir par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques aux ongulés sauvages, illustré par la Brucellose
- Risque d'une émergence à venir en France, illustré par la fièvre hémorragique de Crimée-Congo
- Impact démographique des agents pathogènes sur les populations d'ongulés sauvages, illustré par la pestivirus
- Rôle des ongulés sauvages dans la transmission d'agents pathogènes dans un système multi-hôte, illustré par la maladie de Lyme
- Surveillance des ongulés sauvages pour la prévention de maladies dans les troupeaux domestiques, illustré par la tuberculose

Pour conclure, nous dresserons les perspectives que l'on a déduit ce travail.

PARTIE 1 : Généralités sur les risques infectieux des ongulés sauvages

L'objectif de cette partie est de présenter les ongulés sauvages et les bases de l'épidémiologie pour appréhender les enjeux sanitaires des agents pathogènes touchant ces espèces.

I. Situation actuelle des ongulés sauvages en France métropolitaine

A. Présentation des ongulés sauvages

1. Systématique et classification des ongulés sauvages

Taxonomie

Les ongulés sont un taxon de mammifères quasiment exclusivement onguligrades (exceptés les Camélidés), dont les doigts sont terminés par des sabots. Ils sont divisés en deux ordres qui sont les périssodactyles, comptant les équidés, rhinocerotidés et tapiridés, et les cétartiodactyles comptant les ruminants, les suinés ainsi que les tylopodés, les hippopotamidés et les cétacés (INPN, Taxonomie).

En France métropolitaine, on trouve uniquement des équidés, des ruminants et des suinés. On distingue les ongulés domestiqués, dont font partie les chevaux, ânes, vaches, moutons et chèvres, des ongulés sauvages, regroupant les cerfs, chevreuils, chamois, isards, mouflons, daims, bouquetins et sangliers. Ces espèces sont considérées sauvages car elles ne sont pas référencées dans la liste des animaux domestiques mise à jour dans l'arrêté du 11 août 2006 (LégiFrance, arrêté du 11 août 2006).

Selon la législation française, les animaux domestiques sont définis comme « appartenant à des populations animales sélectionnées ou dont les deux parents appartiennent à des populations animales sélectionnées ». Cette définition suggère que les conditions de vie des animaux domestiques sont imposées par l'Homme et qu'ils entretiennent une relation de dépendance. A contrario, une espèce est considérée comme sauvage lorsqu'elle n'est pas mentionnée dans la liste des animaux domestiques. Par ailleurs, les animaux sauvages en France sont « Res nullius » : ils n'appartiennent à personne.

Le tableau I recense l'ensemble des noms communs et latins et les familles des ongulés sauvages présents en France métropolitaine et en Corse, auxquels nous nous intéresserons dans ce travail.

Tableau I : Dénomination des ongulés sauvages présents en France métropolitaine (INPN, Fiches espèces)

Nom commun	Nom latin	Famille	Sous-ordre
Cerf élaphe	<i>Cervus elaphus</i>	Cervidés	Ruminants

Cerf sika	<i>Cervus nippon</i>	Cervidés	Ruminants
Daim	<i>Dama dama</i>	Cervidés	Ruminants
Chevreuril	<i>Capreolus capreolus</i>	Cervidés	Ruminants
Chamois (des Alpes)	<i>Rupicapra rupicapra</i>	Bovidés	Ruminants
Isard des Pyrénées	<i>Rupicapra pyrenaica</i>	Bovidés	Ruminants
Mouflon méditerranéen	<i>Ovis gmelini musimon x Ovis sp.</i>	Bovidés	Ruminants
Mouflon de Corse	<i>Ovis gmelini musimon var. corsicana</i>	Bovidés	Ruminants
Bouquetin des Alpes	<i>Capra ibex ibex</i>	Bovidés	Ruminants
Bouquetin des Pyrénées	<i>Capra pyrenaica</i>	Bovidés	Ruminants
Sanglier	<i>Sus scrofa</i>	Suidés	Suinés

Le daim et le cerf sika sont des espèces introduites par l'Homme sur le territoire et sont considérées comme des espèces exotiques dites marginales ou allochtones (Saint-Andrieux et al., 2009). Elles ont été introduites en France à des fins ornementales et se sont ensuite échappées d'enclos pour coloniser des nouveaux territoires. Les autres ongulés cités dans le tableau I sont dits indigènes ou autochtones (INPN, Fiches espèces).

Les mouflons méditerranéens résultent d'un croisement entre des mouflons de Corse et des moutons domestiques, à la suite de l'introduction du mouflon de Corse sur le continent (INPN, Fiches espèces, Mouflon de Corse).

Statut de conservation et de protection des ongulés sauvages

Le statut de conservation des ongulés sauvages est défini au niveau national et international. L'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN) classe les espèces en fonction de leur statut de conservation. La classification s'effectue de la catégorie LC, « Least Concern », c'est-à-dire de moindre préoccupation, à EX, « Extinct », éteinte (IUCN, 2021). Parmi les 257 espèces d'ongulés sauvages présentes dans le monde, 110 sont actuellement menacées et 32 sont quasi-menacées.

Parmi les ongulés sauvages présents en France, le cerf élaphe, le cerf sika, le chamois des Alpes, l'isard des Pyrénées, le chevreuil et le sanglier ont le statut de « préoccupation mineure ». Le daim étant une espèce introduite en France, il possède uniquement le statut de « préoccupation mineure » en Europe. Les bouquetins sont en revanche considérés comme des espèces « quasi menacées ». Selon l'arrêté du 23 avril 2007, citant les mammifères terrestres protégés et les caractéristiques de leur protection (LégiFrance, Arrêté du 23 avril 2007), c'est une espèce protégée. De même, les mouflons sont considérés comme des espèces « quasi menacées ».

Concernant le statut de protection et de chasse, selon l'arrêté du 26 juin 1987 fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée (LégiFrance, Arrêté du 26 juin 1987), la grande majorité des ongulés sauvages sont des espèces classées gibier, excepté les bouquetins. Le mouflon fait partie de la liste des espèces chassables, hors de Corse. A l'exception du sanglier, toutes les espèces d'ongulés sauvages chassables en France font l'objet d'un plan de chasse obligatoire, qui permet de fixer un niveau de prélèvement en fonction de l'évolution des populations locales, de manière à éviter de mettre en danger une population.

Le sanglier est un cas particulier car il peut être considéré au niveau départemental comme espèce « susceptible d'occasionner des dégâts » du fait des dommages occasionnés aux activités humaines. Selon l'Article R 427-6 du Code de l'environnement (LégiFrance, Article R 427-6) un arrêté préfectoral annuel peut être mis en place précisant « les périodes et les modalités de destruction » de cette espèce.

Dans une majorité de départements, les politiques de chasse visent à éradiquer le daim et le cerf sika. Ces espèces allochtones menacent l'équilibre et la conservation de la biodiversité locale, notamment avec l'hybridation possible du cerf sika avec le cerf élaphe et la compétition pour les ressources avec les autres ongulés (Saint-Andrieux et al., 2009).

2. Effectifs

Données d'effectifs prélevés à la chasse

Au niveau national, pour les espèces « de gibier dont la chasse est autorisée », ce sont donc les données issues de la chasse qui sont utilisées pour estimer les tendances à long terme d'évolution des populations d'ongulés sauvages sur le territoire. On appelle « attributions » les quotas de chasse attribués chaque année pour chaque espèce. Les « réalisations » ou « prélèvements » correspondent au nombre d'individus chassés par espèce, par an (Rapport sur l'état de l'environnement en France, Développement durable, Fiche thématique 'Les ongulés sauvages'). Le tableau II indique les effectifs « attribués » et « prélevés » à la chasse des espèces d'ongulés sauvages sur le territoire français métropolitain et en Corse.

Tableau II : Effectifs attribués et prélevés à la chasse en France métropolitaine et en Corse en 2020 (Saint-Andrieux and Barboiron, 2020)

Nom commun	Effectif attribué	Effectif prélevé à la chasse
Cerf élaphe	98 933	68 886
Cerf sika	153	53
Daim	3 648	1 341
Chevreuil	697 690	586 797
Sanglier	/ (pas de plan de chasse)	809 992
Chamois (des Alpes)	13 917	12 610

Isard des Pyrénées	3 580	2 620
Mouflon méditerranéen	3 883	2 621

Au cours des 10 dernières années, le nombre d'individus prélevés à la chasse a augmenté pour la majorité des espèces d'ongulés sauvages exceptés pour l'isard, le mouflon et le cerf sika (Saint-Andrieux et al., 2012).

Pour les deux espèces de bouquetin, non chassées, des enquêtes permettent d'estimer un effectif approximatif au niveau local. Il n'existe pas d'estimation récente pour le mouflon de Corse. Selon le site de la DREAL Corse (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Corse), l'effectif de mouflons de Corse est estimé à 1000 à 1100 individus, séparés en deux sous-populations. Les bouquetins étant des espèces non chassables, le nombre minimal d'individus est estimé par des enquêtes révélant environ 8700 individus pour le bouquetin des Alpes en 2005 (Saint-Andrieux et al., 2012).

3. Biologie

Régime alimentaire

En France métropolitaine, les ongulés sauvages ont des régimes alimentaires variés. On distingue les ruminants, qui sont des herbivores stricts, et les suidés, qui sont omnivores ou herbivores.

Les suidés, dont font partie uniquement les sangliers, possèdent un estomac simple avec un caecum et ils ne pratiquent pas la rumination. Les autres ongulés sauvages de France sont des ruminants. Ils possèdent un estomac pluriloculaire avec quatre compartiments digestifs (le rumen, le bonnet, le feuillet et la caillette). L'alimentation des herbivores est principalement constituée de cellulose, qui nécessite un système enzymatique particulier. Les ruminants possèdent donc une flore digestive composée de bactéries, de ciliés et de champignons, développant ces enzymes qui digèrent la cellulose par fermentation. La digestion ruminale se distingue par une seconde étape de mastication, appelée rumination, après régurgitation des aliments présents dans l'estomac. En accentuant le broyage des aliments, il se produit une augmentation des surfaces de contact facilitant la digestion microbienne dans la panse. (Gallouin and Focant, 1980)

Les herbivores ruminants diffèrent selon le nombre et les espèces de plantes pouvant être digérés. Trois types alimentaires sont identifiés en fonction des plantes majoritairement consommées (Hofmann and Stewart, 1972) :

- Les paiseurs (« grazer ») se nourrissent principalement de plantes monocotylédones.
- Les cueilleurs (« browser »), se nourrissent principalement de plantes dicotylédones (des feuilles d'arbres, des herbacées dicotylédones, des fruits et des bourgeons), comme le chevreuil.

- Les autres espèces, à l'intermédiaire entre ces deux types, se nourrissent de graminées et dicotylédones, c'est le cas du chamois, de l'isard, du daim, du bouquetin, des cerfs et du mouflon.

Il n'existe pas d'espèces d'ongulés sauvages strictement pisseurs en France métropolitaine. Le mouflon est souvent qualifié de pisseur selon la classification d'Hofmann. Cependant, son régime alimentaire est flexible et il peut varier selon la saison et les modifications de l'habitat : il est qualifié plutôt de régime intermédiaire (Marchand et al., 2013).

Les préférences alimentaires peuvent influencer les transmissions de maladie par les différences d'exposition aux agents pathogènes. Pour la tuberculose bovine, le chevreuil, qui est un brouteur sélectif est moins exposé que les autres ongulés (Lambert et al., 2017) (cf. Partie 2.II.B.2).

Description morphologique

Les ongulés sauvages de France métropolitaine et de Corse présentent un nombre pair de doigts sur leurs membres postérieurs. Le dimorphisme sexuel est marqué chez la grande majorité des ongulés (Savouré-Soubelet et al., 2021). La figure 1 illustre la diversité morphologique des espèces d'ongulés sauvages présentes sur notre territoire.



Bouquetin des Alpes
(*Capra ibex ibex*)
Source : N. Arnaud



Bouquetin des Pyrénées
(*Capra pyrenaica*)
Source : INPN, J.C. de Massary



Mouflon de Corse
(*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*)
Source : site web Lac de St Croix



Chamois des Alpes
(*Rupicapra rupicapra*)
Source : INPN, P. Gourdain



Isard des Pyrénées
(*Rupicapra pyrenaica*)
Source : INPN, M. Bartoli



Mouflon méditerranéen
(*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*)
Source : site web ecobalade, C. Richard



Chevreuil
(*Capreolus capreolus*)
Source : A. Van de Wiel



Cerf élaphe
(*Cervus elaphus*)
Source : INPN, C. Thierry



Cerf sika
(*Cervus nippon*)
Source : INPN, chris2766



Daim
(*Dama dama*)
Source : INPN, S. Wroza



Sanglier
(*Sus scrofa*)
Source : INPN, N. Belcourt

Figure 1 : Photographies des ongulés sauvages de France métropolitaine et de Corse (Références multiples dont le site web INPN, Noémie Arnaud et Amélie Van de Wiel).

Structures sociales et risque infectieux

Les ongulés sauvages présentent différentes structures sociales. Par exemple, le chevreuil est une espèce majoritairement solitaire (Gaudry, 2015). Les mâles vivent seuls et les femelles sont accompagnées de leurs faons. Certains ongulés, comme le chamois (Loison et al., 2008), présentent un degré de sociabilité intermédiaire avec la constitution de petits groupes de 2 à 3 individus. D'autres espèces vivent en groupe, comme le cerf, formant de larges groupes avec une ségrégation sexuelle (Bonenfant et al., 2004), et des harems pendant la période de reproduction. L'organisation sociale varie en fonction des saisons et des conditions de l'habitat.

Les modalités de transmission de maladies au sein des populations dépendent de la structure sociale. Une étude a montré l'influence de l'organisation sociale de la population hôte, la taille du groupe, la grégarité et la stabilité du groupe sur la charge parasitaire gastro-intestinale chez les bovins africains (Ezenwa, 2004). La taille des groupes était corrélée positivement avec la prévalence, lorsque le parasite était spécifique à l'hôte, et seulement chez les espèces hôtes vivant dans des groupes stables. De plus, les hôtes grégaires étaient plus infectés que les hôtes solitaires.

Il a été démontré qu'entraîner le rassemblement d'une espèce non grégaire en un point de nourrissage, comme le cerf à queue blanche dans le Michigan, augmente l'occurrence d'apparition de la tuberculose bovine (Cosgrove et al., 2018). Il est donc nécessaire de sensibiliser sur les conséquences néfastes à long terme d'utilisation d'appâts et d'aliments pour les animaux sauvages.

De plus, les parasites peuvent exercer des pressions sélectives sur le comportement social et d'accouplement de l'hôte et les réponses évolutives des hôtes. Ces adaptations permettraient de réduire la propagation et la pathogénicité des maladies infectieuses (Altizer et al., 2003).

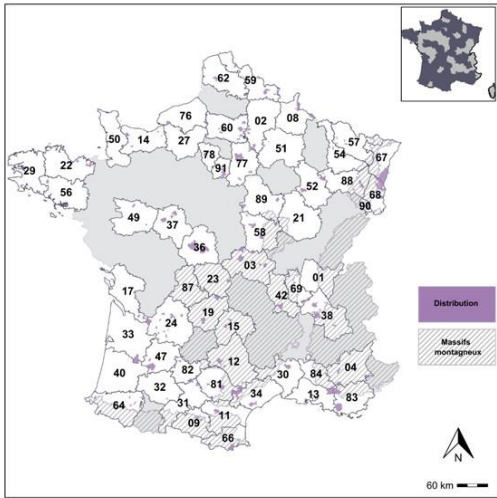
Il semble donc évident que les maladies influent la dynamique des populations (cf. Partie 2 I.C.1 avec la pestivirus) mais peu d'études démontrent les réelles conséquences des infections au sein d'une population (Garnier, 2016).

B. Situation démographique

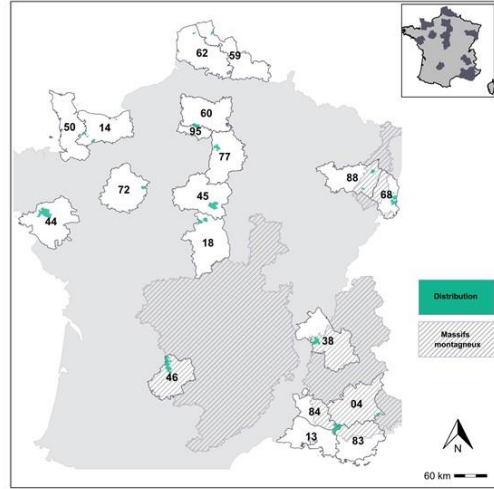
1. Distribution géographique

Distribution en France métropolitaine et en Corse

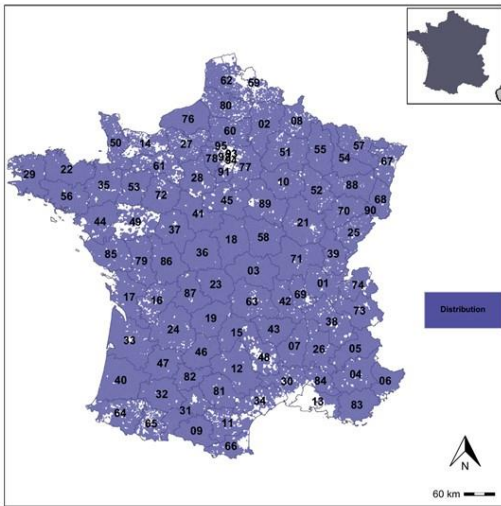
La France métropolitaine et la Corse regroupent 11 espèces d'ongulés sauvages. On peut différencier les espèces dites de plaine (cerf, daim, chevreuil, sanglier) et les espèces dites de montagne (chamois, bouquetin, isard, mouflon). Dans les régions de montagne, à plus de 600 mètres d'altitude, le nombre d'espèces d'ongulés sauvages est le plus important avec la présence de ces deux types d'espèces (Savouré-Soubelet et al., 2021). La figure 2 représente les distributions des ongulés sauvages en France métropolitaine et en Corse.



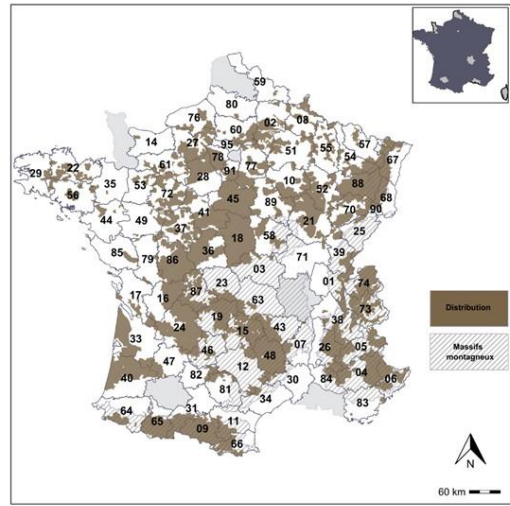
Daim
(*Dama dama*)



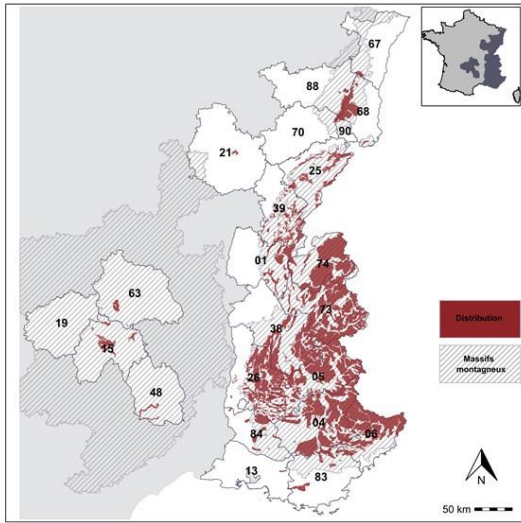
Cerf sika
(*Cervus nippon*)



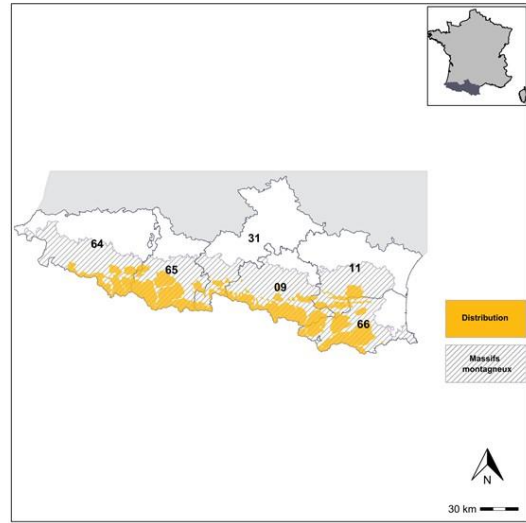
Chevreuil
(*Capreolus capreolus*)



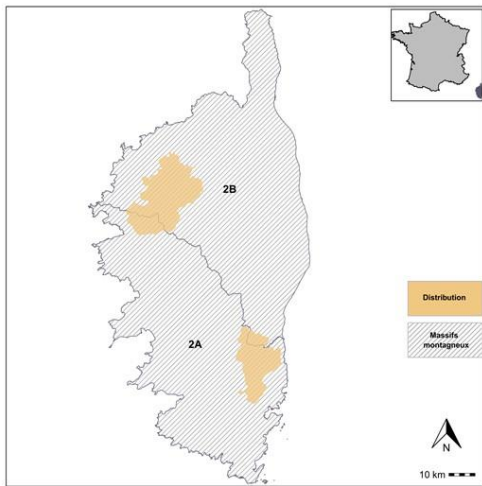
Cerf élaphe
(*Cervus elaphus*)



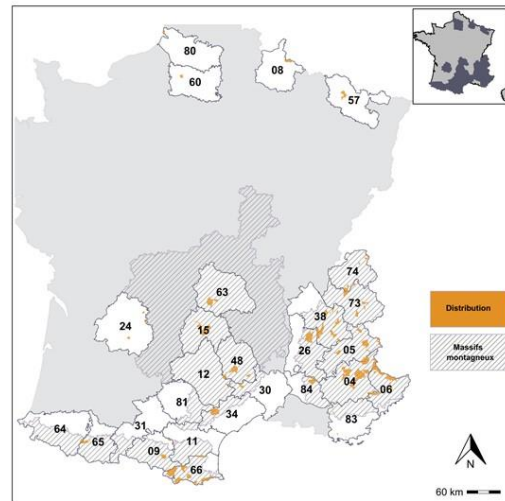
Chamois des Alpes
(*Rupicapra rupicapra*)



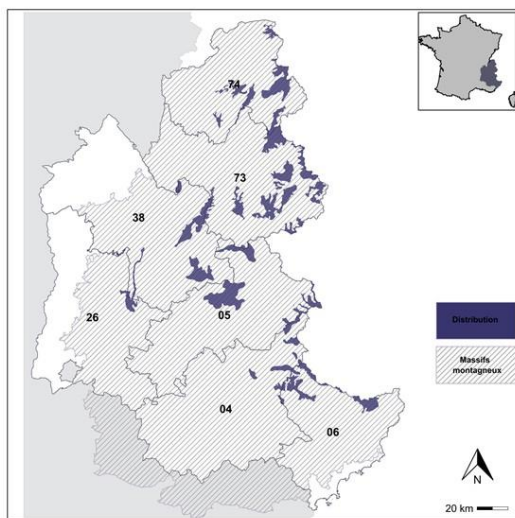
Isard des Pyrénées
(*Rupicapra pyrenaica*)



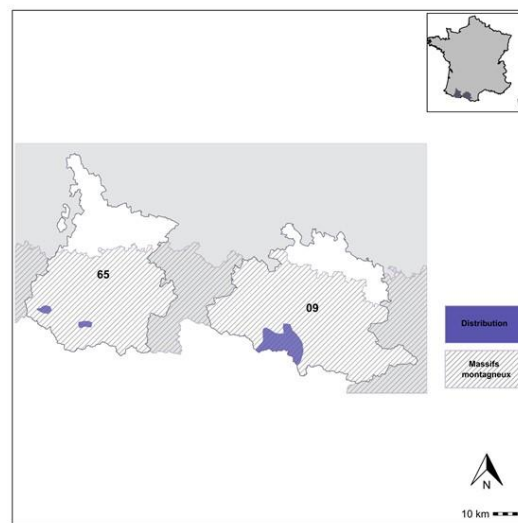
Mouflon de Corse
(*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*)



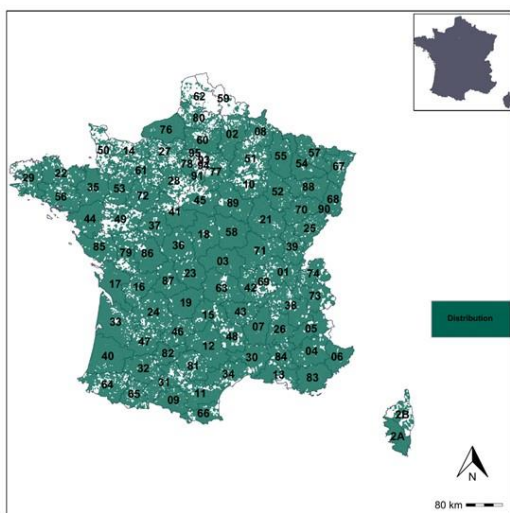
Mouflon méditerranéen
(*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*)



Bouquetin des Alpes
(*Capra ibex ibex*)



Bouquetin des Pyrénées
(*Capra pyrenaica*)



Sanglier
(*Sus scrofa*)

Figure 2 : Distribution spatiale des ongulés sauvages en France métropolitaine et en Corse en 2016 (OFB, Fiches de synthèse du suivi des ongulés sauvages, 2016).

Types d'habitat

Les ongulés sauvages peuvent être classés dans trois catégories d'habitats, en fonction des caractéristiques du milieu (Fritz and Loison, 2006), qui sont les suivants :

- Les habitats fermés, définis comme des milieux denses tels que les forêts, les bois ou le maquis.
- Les habitats ouverts, regroupant les prairies, les zones agricoles ou les milieux d'altitude.

- Les habitats mixtes, habités par des espèces occupant des habitats fermés et ouverts selon la période de l'année.

Le tableau III définit le type d'habitat et le domaine vital moyen, c'est-à-dire l'aire comprenant la majorité des localisations d'un individu (Burt, 1943).

Tableau III : Habitats et domaine vital moyen des espèces d'ongulés sauvages sur le territoire français (Bison et al., 2021)

Nom commun	Habitats	Domaine vital moyen (ha : hectares)
Cerf élaphe	Massifs forestiers de basse altitude et de plaine	Plusieurs milliers d'ha (mâle adulte), 500 à 2000 ha (femelle adulte)
Cerf sika	Habitats forestiers à sous-étage dense et milieux humides	Quelques ha
Daim	Forêts claires de feuillus, mais aussi milieux ouverts	50 à 200 ha, voire 500 ha en milieu méditerranéen
Chevreuril	Tous types (landes et fourrés, bois, forêts, grandes cultures, milieux ouverts, secteurs péri-urbains), jusqu'à 2500m d'altitude	15 à 50 ha, voire plus de 100 ha en milieux ouverts ou marqués par une forte saisonnalité
Sanglier	Tous types, jusqu'à 2000m d'altitude	2000 ha (mâle), 1000 ha (femelle)
Chamois des Alpes	Massifs montagneux, forêts et milieux ouverts	Entre 20 et 100 ha (mâle adulte), 50 à 500 ha (femelle adulte)
Isard des Pyrénées	Habitats boisés, prairies, pelouses alpines et subalpines	Entre 20 et 100 ha (mâle adulte), 50 à 500ha (femelle adulte)
Mouflon méditerranéen	Forêts, Landes	200 à 350 ha, jusqu'à 1500ha
Mouflon Corse	Forêts, Maquis	950 ha (femelles adultes), 1700 ha (mâles adultes)
Bouquetin	Milieux de haute montagne (parois abruptes), milieux ouverts (prairies et pelouses)	/

Différents facteurs physiques et biologiques interviennent dans la répartition démographique des ongulés sauvages. Dans le cas du chevreuil, le domaine vital est variable selon la structure du paysage et la densité de population (Gaillard et al., 2008).

2. Evolution des populations d'ongulés sauvages sur le territoire français

Du Moyen-Age au XXème siècle

A partir du Moyen-Age, l'exploitation de la forêt par l'Homme entraîne une diminution des surfaces sylvicoles et une fluctuation puis le déclin des densités d'ongulés sauvages. A cette époque, ils sont régulés par des prédateurs, tel que le loup jusqu'à sa quasi-éradication au début du début du XXème siècle, et la chasse seigneuriale (Darmon et al., 2016).

Depuis le XXème siècle

A partir du XXème siècle, les politiques de reboisement, la déprise agricole et l'urbanisation croissante entraînent une augmentation des espaces forestiers. Les ongulés sauvages augmentent dans un contexte de gestion conservatrice avec la mise en place de plans de chasse mais également de mesures de lutte contre le braconnage (Darmon et al., 2016). Ceci est renforcé par la réintroduction active des populations déjà existantes (e.g. cerf) ou de nouvelles espèces (e.g. mouflon). La création d'espaces et de réserves protégés leur permet de se reproduire en nombre important. Ils présentent globalement une augmentation significative numérique et géographique depuis les années 1980 (Site du rapport sur l'état de l'environnement en France, Fiche thématique 'Les ongulés sauvages').

Au niveau de la France métropolitaine et de la Corse, les ongulés sauvages ont donc une vaste distribution et une évolution liées étroitement aux activités humaines. Ceci entraîne de nombreuses interactions entre les ongulés sauvages, les Hommes, les animaux domestiques et de rente, favorisant la contamination croisée de maladies (Linnell et al., 2020).

C. Services et contraintes liés aux ongulés sauvages

1. Les services et biens liés aux ongulés sauvages

Définitions

Les écosystèmes fournissent à l'homme des biens et services (appelés services écosystémiques), mais aussi des contraintes lorsque les fonctions sont perçues comme négatives pour l'homme. Cette classification s'effectue selon le point de vue des acteurs et des entités ainsi que selon le contexte socio-écologique. Cette partie se base essentiellement sur le rapport qui, comme son nom l'indique, porte sur « les fonctions, services écosystémiques et contraintes associés aux ongulés sauvages en France ».

Dans le cadre du rapport EFESE sur les ongulés sauvages (Bison et al., 2021), les définitions suivantes ont été établies pour les services :

- « Bénéficiaires / avantageés : Usagers, collectivités, porteurs de politiques publiques qui bénéficient des avantages des services écosystémiques pour l'amélioration d'au moins une des cinq composantes du bien-être humain, à savoir : le besoin de sécurité physique, la santé, le cadre de vie, les relations sociales et les besoins économiques. »
- « Bien : Produit par un écosystème, et dont la production ne nécessite aucun travail humain (bois, poisson, champignon, etc.). »
- « Patrimoine naturel : Eléments des écosystèmes faisant l'objet d'une reconnaissance sociale à dimension identitaire ou spirituelle marquée. Le processus de reconnaissance peut associer une dimension sacrée à un élément naturel, ou encore conduire à l'attribution d'un statut particulier : caractère remarquable, label, mesures de protection réglementaire, etc. »
- « Service écosystémique : Utilisation par l'homme des fonctions écologiques de certains écosystèmes, à travers des usages et une réglementation qui encadrent cette utilisation. Ils peuvent être décrits à travers les avantages retirés par l'homme de son utilisation actuelle ou future de diverses fonctions des écosystèmes, tout en garantissant le maintien de ces avantages dans la durée. »

Influence sur les écosystèmes

Les ongulés sauvages sont associés à des services variés tels que ceux de régulation de la faune et de la flore, qui sont définis tels que « les avantages qui résultent de la capacité des écosystèmes à réguler les cycles climatiques, hydrologiques et biochimiques, les processus de surface de la Terre et une variabilité de processus biologiques » (Kervinio, 2020). Autrement dit, la régulation par les ongulés sauvages produit des effets sur la structure physique des habitats et des espèces.

Les ongulés sauvages participent également au cycle des différents nutriments, notamment au niveau du stockage de carbone organique dans le sol. Pour lutter contre l'augmentation des gaz à effet de serre, il est possible de diminuer leurs émissions mais également de favoriser le stockage du carbone dans le sol. Les ongulés sauvages agissent sur les sols en se nourrissant de différentes espèces végétales et en émettant des selles contenant en partie du carbone. La plupart des études réalisées de l'impact des herbivores sur la composition en carbone du sol portent sur les ongulés domestiques. A contrario, peu d'études s'intéressent aux ongulés sauvages. Cependant, il est admis qu'ils influencent la proportion de carbone organique dans le sol selon l'abondance des animaux (Schmitz et al., 2018) et selon le régime alimentaire, c'est à dire la composition des espèces végétales (Bagchi and Ritchie, 2010). Il semble donc important d'étudier davantage le stock de carbone dans le sol par les ongulés.

En plus d'agir sur le cycle du carbone, les ongulés sauvages agissent sur le retour d'azote et de phosphore par l'émission de fèces et d'urine (Barthelemy et al., 2018). Ils participent ainsi à la fertilité du sol. Par exemple, le chevreuil contribue à augmenter la fertilisation des sols dans les

habitats forestiers (Abbas et al., 2012). Dans les prairies où l'abondance d'ongulés est modérée, les ongulés agissent à long terme sur la fertilité du sol via l'action sur la composition de la litière et l'augmentation de l'activité microbienne jouant sur le développement des espèces végétales (Singer and Schoenecker, 2003). Une augmentation de la fertilité des sols peut donc entraîner une amélioration de la qualité nutritionnelle des plantes et donc un potentiel fourrage utilisé par l'homme pour les troupeaux domestiques. Cependant, de trop forts effectifs d'ongulés sauvages entraînent une augmentation du prélèvement local de végétaux et donc une diminution de la fertilité du sol et de la qualité des fourrages (Catorci, 2016).

Influence sur la régulation de la flore

Les ongulés sauvages agissent sur la composition de la végétation du milieu par la sélection des espèces végétales de leur régime alimentaire. Ils limitent la régénération forestière en consommant les jeunes pousses. Ils influencent ainsi la végétation sur différentes échelles spatiales. En milieu forestier, des effectifs moyens d'ongulés sauvages diminueraient la présence de ronces et permettraient le développement de chênes (Saïd et al., 2019). Ils ont également une action physique sur le milieu par le piétinement, l'écorçage et les frottis. Ils préviennent de l'envahissement des espèces ligneuses dans les milieux ouverts (Riesch et al., 2019). Il a été démontré que les herbivores peuvent également augmenter la biodiversité du milieu telle que la prairie en consommant des plantes permettant un accès à la lumière pour d'autres espèces végétales (Borer et al., 2014). Les ongulés sauvages participent également à la dispersion des graines, accrochées à leurs poils et par leurs fèces, dans l'environnement.

Les ongulés sauvages peuvent ainsi agir indirectement sur la prévention des incendies, notamment dans les environnements méditerranéens en consommant les plantes pouvant être combustibles tels que les arbustes hautement inflammables. Il a été démontré au Portugal que les cerfs élaphe et les daims peuvent agir en diminuant la régénération des arbres et augmentant la survie des chênes ce qui réduit le risque d'incendie (Lecomte et al., 2019). Il a été également suggéré d'appâter ces espèces par des points d'eaux pour qu'ils agissent sur la composition végétale au niveau d'endroits stratégiques pour lutter contre le risque d'incendie (Velamazán et al., 2018).

Influence sur la régulation de la faune

Les ongulés sauvages sont des proies pour le loup (*Canis lupus*) et le lynx (*Lynx lynx*), deux espèces comptant au moins 17 000 à 9 000 individus en Europe, respectivement (Linnell et al., 2020). Ces prédateurs se nourrissent principalement d'ongulés sauvages mais leur régime alimentaire varie en fonction de leur distribution ainsi que de la proportion et de l'accessibilité des ongulés domestiques (Sand et al., 2016). La prédation du loup sur les troupeaux domestiques est considérée comme une contrainte vis-à-vis de ce carnivore dans nos sociétés. La proportion de bétail dans le régime alimentaire du loup varie selon les saisons et les types d'élevage. La consommation d'espèces de petits ruminants domestiques (moutons et chèvres) est ainsi augmentée en été, lorsque les troupeaux sont en estive. Le rôle des ongulés sauvages sur l'influence de la consommation d'ongulés domestiques par des prédateurs n'est pas établi et difficilement généralisable. Une corrélation a été établie entre un fort taux d'attaque de grands carnivores sur les troupeaux domestiques et de faibles densités de proies sauvages

(Imbert et al., 2016; Janeiro-Otero et al., 2020). Cependant, il n'est pas démontré que de fortes densités de proies sauvages réduisent forcément la prédation sur les animaux domestiques. A petite échelle, certaines études ont démontré que de fortes densités de proies sauvages proches du bétail attirent les prédateurs et augmentent le risque de prédation (Odden et al., 2008). D'autres facteurs sont à prendre en compte dans la gestion des prédateurs telles que les mesures de prévention et de protection des troupeaux face aux grands carnivores ou la proportion de forêt (Imbert et al., 2016; Odden et al., 2008).

La chasse et les biens issus de la chasse

La chasse peut être réalisée localement, pour le gibier ou le contrôle des populations, ou bien sous forme de chasse sportive. Celle-ci peut être réalisée lors d'un voyage ou à proximité de son propre lieu d'habitation, là où les chasseurs prélèvent des animaux pour l'aspect récréatif ou pour la recherche du trophée. Ce second type de chasse est beaucoup moins répandu en France.

La chasse est encadrée par différentes lois françaises (Bison et al., 2021). La création d'une ACCA (association communale de chasse agréée) entraîne tout propriétaire foncier à apporter son terrain non clôturé au domaine de chasse communale, sauf en cas d'opposition, possible sous certaines conditions. Les ACCA sont responsables de la gestion des activités de chasse sur le territoire. Les propriétaires de terrains privés de taille supérieure à une certaine surface peuvent également refuser l'intégration à l'ACCA pour conserver leur droit de chasse exclusif. L'ONF (Office National des Forêts) détient également des droits de chasse et les attribue sur ses territoires à des périodes données à des chasseurs. Les associations de GIC (groupements d'intérêt cynégétique) rassemblent des détenteurs de droits de chasse pour le suivi et la mise en place de mesures concernant plusieurs espèces animales ou un territoire. La chasse est une activité en déclin avec la division par deux de l'effectif des chasseurs en quarante ans. Les causes de cette diminution sont sociologiques avec l'exode rural des populations et la baisse de considération du chasseur, qui entraînent aussi le vieillissement de la population des personnes pratiquant la chasse (Scherrer, 2002). De plus, la chasse peut également être perçue comme une contrainte du fait de l'emprise de l'homme sur l'animal sauvage mais également des accidents de chasse touchant les humains et leur animaux domestiques.

En France, les ongulés sauvages peuvent constituer des biens via la chasse. La chasse est considérée comme un service avec prélèvement et est pratiquée localement. Les ongulés sauvages fournissent différents produits tels que la venaison, c'est-à-dire la viande de gibier, les trophées et les peaux. Depuis 2008, selon la réglementation du Paquet Hygiène, les FDC organisent des formations pour les chasseurs à l'examen initial de la venaison. Dans 90% des cas, le gibier est consommé par les chasseurs selon une étude BIPE 2016 (Jobart et al., 2016). Le partage du gibier par les chasseurs à leur entourage est aussi traditionnellement réalisé. La perception de la viande issue de la chasse varie selon des facteurs variés comme l'âge, le genre ou le lieu de résidence (Tomasevic et al., 2018). La consommation est plus élevée chez les consommateurs âgés de plus de 34 ans et chez les habitants des zones rurales, dans les pays européens du sud-est.

En comparaison à certains pays européens, le commerce français des produits de la chasse est peu développé étant donné des normes sanitaires et une traçabilité imposées strictes. Si un

intermédiaire intervient dans la vente du gibier, un examen et une analyse de contrôle pour la trichinellose doivent être effectués. En France, 80% de la viande de gibier commercialisée est importée depuis les pays de l'est de l'Europe et la Nouvelle Zélande (Bison et al., 2021). Le service d'approvisionnement local est donc plutôt réservé aux chasseurs et à leur entourage et ne favorise pas le développement du marché de venaison.

Les services culturels touristiques

Les ongulés sauvages constituent également une part du tourisme porté sur la nature et apportent une valorisation naturelle au territoire. Selon la définition employée dans le cadre du rapport de M. Bison (Bison et al., 2021), « les services récréatifs sans prélèvements rendus par les ongulés sauvages sont conceptualisés comme la capacité des ongulés sauvages à constituer des sujets pour la pratiques d'activités récréatives en plein air sans prélèvement (observation de la faune) ». Le tourisme d'observation de la faune apporte ainsi une valeur économique au niveau régional par le déplacement des humains à une certaine distance de leur lieu d'habitation. Ce genre de tourisme est en pleine expansion du fait d'un attrait de découverte de la biodiversité et une augmentation récente de la conscience environnementale. La population cherche à augmenter ses connexions avec les milieux naturels (Curtin, 2013). En Europe, le tourisme d'observation des ongulés sauvages est en plein développement. En France, l'observation des espèces de montagne, ayant une forte symbolique, tels que les bouquetins, les chamois et les isards, se popularise ainsi que l'observation du cerf et de son célèbre brame.

Il n'existe pas d'étude menée en France sur l'évaluation de ce tourisme d'observation. M. Bison propose d'évaluer la richesse spécifique des ongulés afin de valoriser des territoires sur la diversité des espèces observables (Bison et al., 2021). L'auteure met en évidence le besoin de référencer les offres touristiques offrant une observation d'ongulés et leur fréquentation afin d'analyser ce service. L'observation de la faune sauvage peut s'effectuer de différentes manières que ce soit en milieu naturel, en parc animalier ou lors de missions participatives. Il est également nécessaire d'évaluer l'impact du tourisme d'observation sur la faune, notamment en termes de dérangement des animaux (Gruas et al., 2020). Bien qu'il existe une volonté de protection et de conservation des espèces par la sensibilisation du public, le tourisme peut affecter les ongulés au niveau de leur habitat, de leur reproduction et jouer sur leur stress (Stankowich, 2008). Le stress agissant négativement sur le système immunitaire, il est envisageable de penser qu'il influence également le risque de contracter des maladies.

Contrairement au tourisme d'observation, l'excursionnisme consiste à observer les ongulés sauvages en pratiquant des activités proches de leur lieu de résidence. Etant donné la large distribution des ongulés sauvages en France, cette pratique est largement répandue bien que difficilement évaluable.

Le patrimoine naturel

Si l'on suit la définition de l'EFESE (Bison et al., 2021), le patrimoine naturel est défini comme des « éléments des écosystèmes et de leur fonctionnement auxquels sont attachés des valeurs patrimoniales. Le processus de reconnaissance peut se traduire par l'attribution d'un statut particulier à travers, par exemple, des mesures de protection réglementaire ou des labels ». Il

est donc compliqué de recenser une liste des espèces s'inscrivant au patrimoine naturel en suivant uniquement cette définition. Cependant, il est certain que les ongulés représentent un héritage historique et font partie du patrimoine culturel par leur place dans l'histoire via la chasse, dans les œuvres d'arts, la religion, les expressions et les noms de lieux.

Les ongulés sauvages sont sources d'inspiration et sont très présents dans le patrimoine culturel. Ils apparaissent dans les différentes catégories d'art telles que la peinture ou la sculpture depuis toujours. Dès la préhistoire, ils sont représentés sur les parois des grottes de Lascaux sous forme d'animaux de chasse. Dans la mythologie grecque, Hercule affronte le sanglier d'Erymanthe et capture la biche Cérynie au cours de ses travaux. Au Moyen-Age, les cerfs sont utilisés comme symbole et emblème de blason des royaumes. Dans les écrits, ils sont cités dans de nombreuses pièces de littérature (Le cerf et la vigne dans « Les Fables de la Fontaine » 1668). On les retrouve également dans des œuvres plus récentes tel que le célèbre le film d'animation « Bambi » de « Walt Disney Pictures », produit en 1942. On retrouve également les ongulés dans la religion où le cerf est symbole de vie avec le renouvellement de ses bois.

2. Les contraintes liées aux ongulés sauvages, en dehors des risques sanitaires

Dans le cadre du rapport EFESE sur les ongulés sauvages (Bison et al., 2021), les définitions suivantes ont été établies pour les contraintes :

- « Contrainte : Conséquence d'une fonction écologique jugée indésirable par l'ensemble ou une partie de la société humaine. »
- « (Entités) déficitaires / désavantagées : Usagers, collectivités, porteurs de politiques publiques qui subissent des désagréments dus aux contraintes écosystémiques, et qui subissent des coûts (environnementaux, sociaux ou financiers) ou une diminution du bien-être. A noter qu'un service écosystémique/contrainte peut à la fois contribuer positivement ou négativement à une composante du bien-être selon les acteurs en jeu. Ce concept n'existe pas dans le cadre conceptuel de l'EFESE et a été défini ici pour les besoins de l'étude. »

Dégâts agricoles

La France métropolitaine est constituée d'une majorité de surfaces agricoles couvrant plus de 50% de la surface totale. Depuis les années 1980, un changement des pratiques agricoles s'est produit avec une réduction en nombre et une augmentation des surfaces agricoles impactant les territoires et la faune. Les dégâts agricoles sont principalement causés par le sanglier (87% des montants indemnisés) et par le cerf (11% des montants indemnisés) (Reimoser and Putman, 2011). Ils sont indemnisés par les fédérations des chasseurs (FDC et FNC) en fonction des couts économiques engendrés.

Les dommages causés par les ongulés sauvages sont de différents types (Perea and Cardoux, 2019) :

- La consommation de la production agricole.

- La destruction des semis par consommation directe des semences ou des résidus de la récolte précédente.
- La destruction de la culture en végétation par consommation des tiges, feuilles et bourgeons.
- Le piétinement des cultures.
- Le retournement des cultures (spécifique au sanglier).

La principale mesure de prévention de ces dégâts est la maîtrise des effectifs de sangliers adaptée localement en fonction des situations (Cappa et al., 2021). L'agrainage dissuasif utilisé pour le sanglier est une méthode consistant à nourrir le sanglier avec du maïs-grain dans certains endroits pour les dissuader d'approcher les cultures. Cependant, cette méthode reste très discutée car l'agrainage est responsable de l'augmentation de la survie des marcassins, contribuant à la forte abondance des populations de sanglier. Des analyses d'évaluation des bénéfices vis-à-vis du risque sont nécessaires pour chaque situation. Les autres mesures de prévention sont physiques, pour empêcher l'accès aux surfaces agricoles tels que des clôtures électriques ou des répulsifs.

Dégâts sylvicoles

La forêt couvre 31% du territoire français avec une majorité de forêts privées. Elle est composée majoritairement d'arbres de type feuillus couvrant 72% de la superficie forestière. Les ongulés sauvages influencent la végétation de la forêt et jouent un rôle dans la régénération, la vitesse de croissance, la forme des tiges et la qualité des végétaux (Ramirez et al., 2018). Les dégâts sylvicoles ne sont pas indemnisés car il est compliqué d'évaluer leur impact économique.

Les ongulés infligent différents types de pressions sur les espèces végétales :

- L'abroutissement, c'est-à-dire l'ingestion de bourgeons, feuilles ou pousses après avoir été arrachés ou sectionnés.
- Le frottis, réalisés par les cerfs de leur bois contre les végétaux pour marquer leur territoire.
- L'écorçage, c'est-à-dire la consommation d'écorce par les cerfs.
- Le piétinement, de jeunes plants par des hordes de sangliers.

D'importants effectifs d'ongulés peuvent ainsi influencer la régénération et la croissance des peuplements forestiers (Hamard et al., 2003), et constituent une contrainte vis-à-vis des objectifs de développement d'une forêt. De plus, les fortes densités locales d'ongulés peuvent diminuer la biodiversité et modifier les fonctions de protection telles que l'érosion (Reimoser and Putman, 2011). Cependant, d'autres facteurs peuvent influencer tels que le changement climatique ou le changement d'usage des terres.

La chasse permet de réguler les populations d'ongulés mais d'autres moyens de protection des espèces végétales vis-à-vis des ongulés existent tels que la mise en place de protection ou de grillages autour des zones en régénération. D'autres pratiques visent à agir sur la végétation,

comme par exemple, en effectuant des trouées par des coupes à blancs suivis de plantation pour disperser les ongulés vers d'autres zones (Kuijper et al., 2009).

Collision routières et ferroviaires

Le développement d'un réseau de transport conséquent sur le territoire français est confronté à d'importants effectifs d'ongulés sauvages. Ceci occasionne des collisions routières et ferroviaires. En effet, les axes de transport entraînent une fragmentation des espaces et la modification de la dynamique spatiale des populations.

Ces collisions présentent un risque pour la sécurité humaine et peuvent avoir des conséquences mortelles. De plus, elles occasionnent de la souffrance et de la mortalité animale (Reimoser and Putman, 2011). Elles représentent d'importants coûts financiers liés aux dégâts physiques sur les moyens de transports. Les inventaires de collisions sont gérés par les directions interdépartementales des routes (DIR), dépendant du Ministère de la Transition Ecologique. Les espèces d'ongulés sauvages les plus touchées par les collisions routières sont le chevreuil, avec 948 individus identifiés sur 1484 collisions avec des ongulés en 2019, et le sanglier, avec 509 individus identifiés sur 1484 collisions avec des ongulés en 2019 (Bison et al., 2021).

Les moyens de lutte contre ces collisions passent par des mesures d'atténuation telles que clôtures au bord des routes et des passages à faune permettant de contourner les axes routiers et ferroviaires.

Bilan sur les services et les contraintes

La transmission des maladies, pour lesquelles les ongulés sauvages jouent un rôle épidémiologique, fait également partie des contraintes. L'objectif de cette thèse étant de développer les enjeux sanitaires liés aux ongulés sauvages, nous les détaillerons dans la suite du manuscrit.

Les ongulés sauvages sont donc à l'origine de différents services et contraintes, à considérer dans la gestion et la protection de leur population. La figure 3 suivante résume les différentes fonctions de ces espèces en France métropolitaine et en Corse.

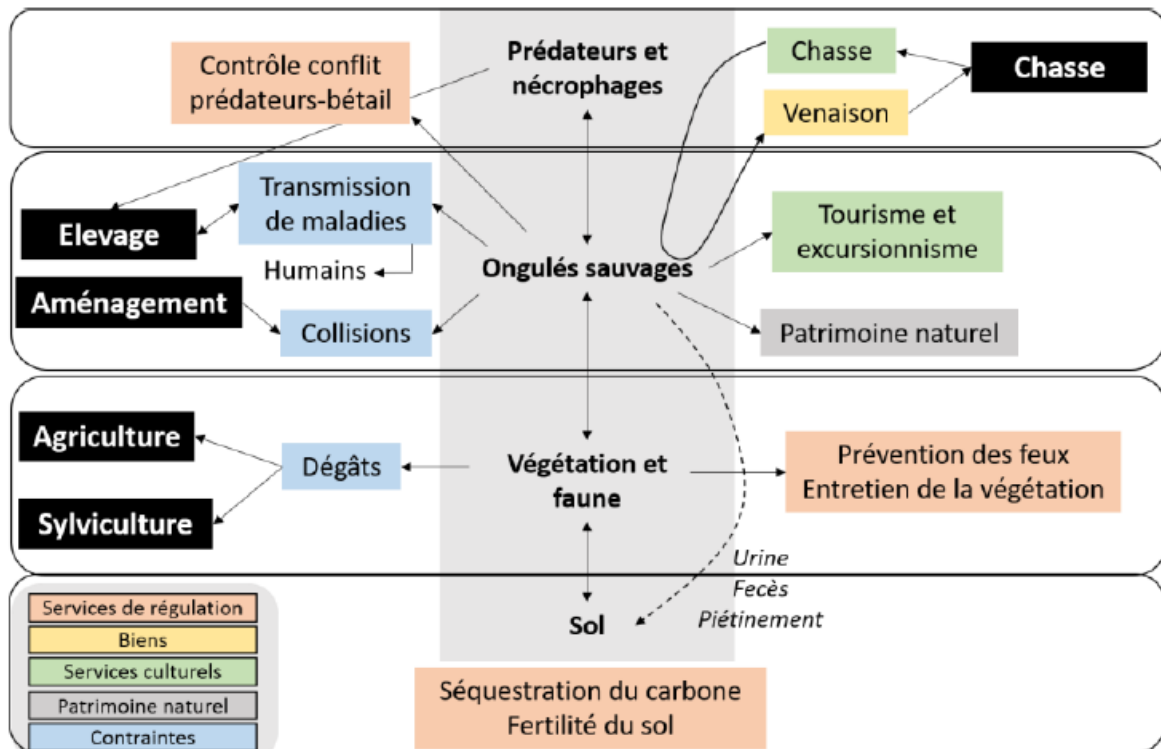


Figure 3 : Visualisation des liens entre les services et contraintes liés aux ongulés sauvages (Bison et al., 2021).

II. Maladies infectieuses signalées chez les ongulés sauvages

A. Concepts clés des maladies infectieuses

1. Bases de l'épidémiologie

Rappel des notions d'épidémiologie

Nous nous intéressons exclusivement aux maladies infectieuses dans le cadre de cette thèse sur les risques sanitaires chez les ongulés sauvages. Une maladie infectieuse résulte de l'interaction entre un agent infectieux, son hôte et des facteurs environnementaux (Cuzin and Delpierre, 2005).

Il existe néanmoins des risques sanitaires, liés aux ongulés sauvages, n'impliquant pas un agent pathogène. Par exemple, le plomb est un métal lourd constituant les munitions de chasse. Lorsqu'il est ingéré en trop forte dose et de manière régulière dans le gibier, il représente un risque toxique pour l'homme et il est responsable d'atteinte du système nerveux central (Anses, 2018).

Un lexique, présenté en annexe (cf. Annexe 1, ‘Définitions des termes clés pour l’épidémiologie des maladies des ongulés sauvages’), définit l’ensemble des termes épidémiologiques portant un astérisque (*) dans cette thèse.

« Les ongulés sauvages sont réceptifs à des agents pathogènes (*) variés tels que des virus, des bactéries, des parasites tels que des helminthes ou des arthropodes, des prions, ou des champignons. Ces agents se différencient par des caractéristiques biologiques variées, telles que les spectres d’hôte ou la résistance dans l’environnement, à l’origine des différents rôles et schémas épidémiologiques des maladies liés aux ongulés sauvages.

Le risque d’une maladie résulte de la combinaison de la probabilité d’exposition de l’agent pathogène dans les populations, notamment par l’exposition et l’émission, et du niveau de gravité potentielle des conséquences. Ainsi le risque est élevé soit pour les maladies hautement contagieuses (e.g. peste porcine classique chez les sangliers et les porcs) soit pour les maladies de forte gravité associées à des taux de létalité élevé (e.g. pestivirus chez les isards). En fonction du niveau de risque pour les humains et les troupeaux domestiques, ces maladies peuvent être qualifiées de danger sanitaire réglementé, être à déclaration obligatoire et certaines sont soumises à un plan de prophylaxie obligatoire ou d’intervention sanitaire d’urgence, géré par le Ministère chargé de l’Agriculture (Règlement d’exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l’application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées, EUR-Lex, 2018).

Lorsque plusieurs populations de différentes espèces cohabitent, les agents pathogènes peuvent se transmettre, directement ou indirectement, d’une population source (*) à une population cible (*), réceptive et éventuellement sensible. Les hôtes sont les personnes ou les animaux portant l’agent pathogène. Les populations sources peuvent être des hôtes de maintenance (*), capables de maintenir l’agent pathogène, sans autre source de contamination, ou bien, constituer un lien de transmission d’une population de maintenance à la population cible. Au contraire, les hôtes de liaison (*) ne peuvent pas conserver indéfiniment la maladie mais peuvent contaminer d’autres espèces. Le réservoir (*) d’une maladie est défini comme une ou plusieurs populations ou environnements connectés épidémiologiquement dans lesquels l’agent pathogène peut se maintenir indéfiniment et à partir desquels l’infection est transmise à la population cible. Le réservoir peut inclure des populations d’hôtes de maintenance et d’hôtes de liaison. Par exemple, en France, le sanglier constitue une population source et un réservoir de la trichinellose et les humains constituent une population cible. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

Modalités d’infection par agent pathogène

La transmission d’une maladie est caractérisée par la manière dont l’agent pathogène est transféré de l’hôte à une personne ou un animal sensible, ce qui peut inclure des étapes de développement dans l’environnement, dans des hôtes intermédiaires (*) ou dans des vecteurs (*). Les agents pathogènes peuvent infecter un animal par :

- Transmission directe (*) : dans le cas des maladies dites contagieuses, c’est-à-dire à partir d’un autre animal vertébré par morsure (e.g. pasteurellose), par voie transcutanée (e.g. leptospirose), par aérosol (e.g. fièvre Q), par voie oro-fécale (e.g. hépatite E).

- Transmission indirecte (*), par le biais de l'environnement, de productions animales (e.g. toxi-infection alimentaire collective à salmonelles), par le biais d'arthropodes vecteurs (e.g. anaplasmose).

Ainsi les sources de l'infection peuvent être nombreuses et variées, certains agents pathogènes se transmettent à la fois de manières directe et indirecte. La figure 4 suivante résume les principales caractéristiques épidémiologiques d'une infection.

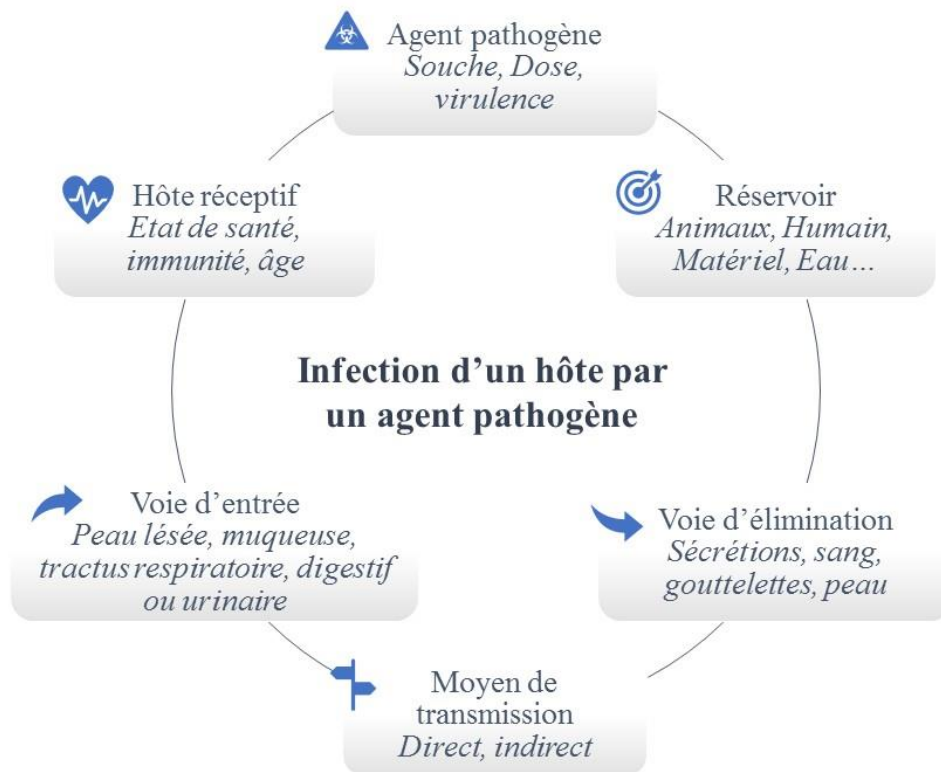


Figure 4 : Principales caractéristiques d'une infection d'un hôte par un agent pathogène (Réalisée par l'auteur).

2. Cycle de vie de l'agent pathogène

Tous les agents pathogènes passent par un cycle de vie, qui mène l'organisme d'une forme reproductrice à un autre forme reproductrice. Ce cycle comprend des phases de croissance, de consolidation, de changement de structure, de multiplication ou de reproduction, de propagation et d'infection d'un nouvel hôte. La combinaison de ces phases est appelée le développement de l'agent pathogène.

Une infection par un agent pathogène d'un hôte sensible (*) est définie par la période d'incubation (*), la période d'expression clinique (*) et la période d'excrétion (*). Ces périodes sont illustrées dans la figure 5.

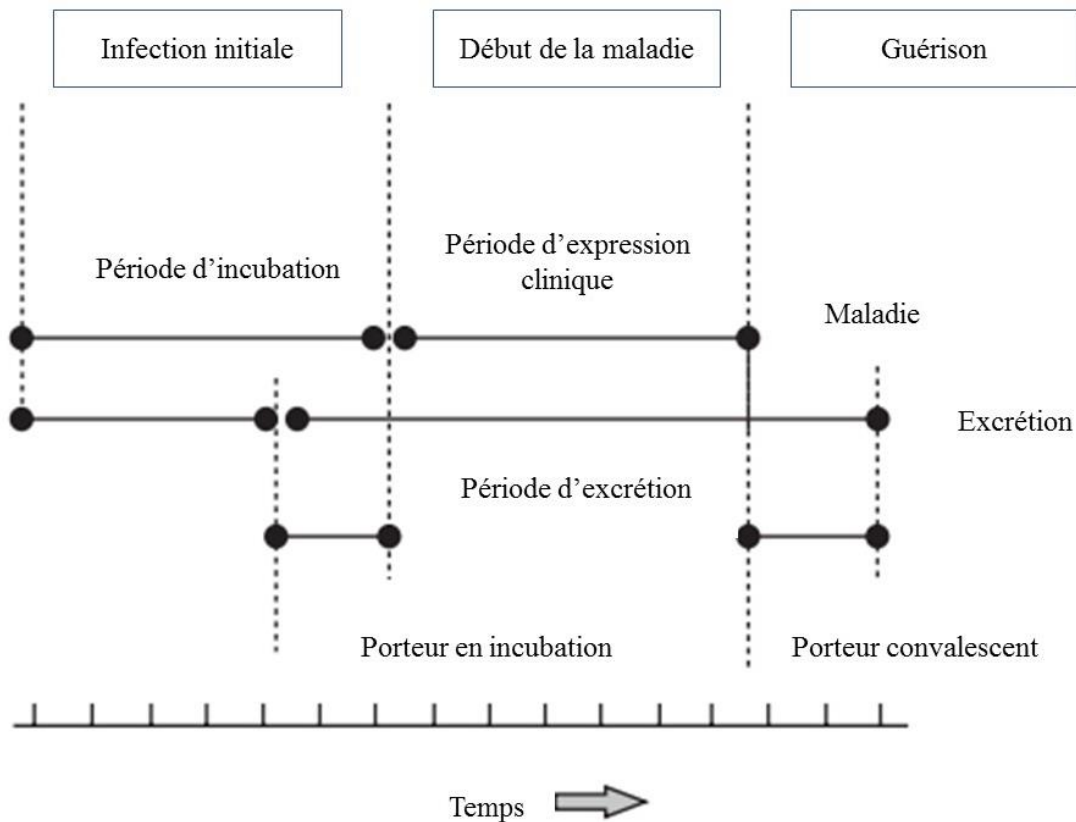


Figure 5 : Périodes caractéristiques d'une infection par un agent pathogène d'un individu sensible (Commission Européenne, 2005).

3. Cycle de développement de la peste porcine africaine

Nous pouvons illustrer la notion de cycle de développement avec le virus de la peste porcine africaine (PPA), maladie à risque d'émergence en France et d'importance majeure. Cette maladie, à transmission à la fois directe, indirecte et vectorielle, est hautement contagieuse pour le porc et le sanglier. Elle est causée par un virus de la famille des Asfarviridae qui présente une virulence variable selon les souches. L'agent peut rester viable pendant des mois dans le sang, les fèces et les tissus (Quinn et al., 2011). Il peut également se multiplier dans des vecteurs (*) biologiques, les tiques.

En Europe du nord, les porcs domestiques et les sangliers sont les seules espèces mammifères réceptives sensibles à l'infection (Quinn et al., 2011). La réplication du virus se produit dans les tiques et la transmission transovariante et transtadiale a été décrite. Les tiques molles se nourrissent pendant de courtes périodes sur leurs hôtes avant de se laisser tomber et de s'abriter dans les crevasses des murs ou les fissures du sol. Comme les tiques sont des réservoirs de la maladie et transmettent le virus aux porcs pendant des années, la présence de tiques dans une région particulière rend difficile l'éradication de la PPA. Les principales espèces de tiques impliquées dans la transmission sont *Ornithodoros porcinus* en Afrique et *Ornithodoros*

erraticus dans plusieurs pays européens dont l'Espagne, le Portugal et l'Italie, pays limitrophes avec la France métropolitaine (ECDC Europa, 2018).

L'ingestion de viande non cuite provenant de phacochères ou de cochons domestiques infectés est l'un des principaux modes de transmission. La propagation peut également se produire par contact direct, généralement par sécrétions nasales. Occasionnellement, les animaux sont infectés par contact avec le sang versé à la suite d'une bagarre.

La transmission indirecte peut se faire par l'intermédiaire de matériel contaminé tel que les véhicules de transport et les chaussures contaminées. L'alimentation d'eaux grasses non cuites est un mécanisme important de propagation de la peste porcine africaine au niveau international dans les troupeaux proches des aéroports et des ports. La figure 6 présente les différentes voies de transmission de la peste porcine africaine.

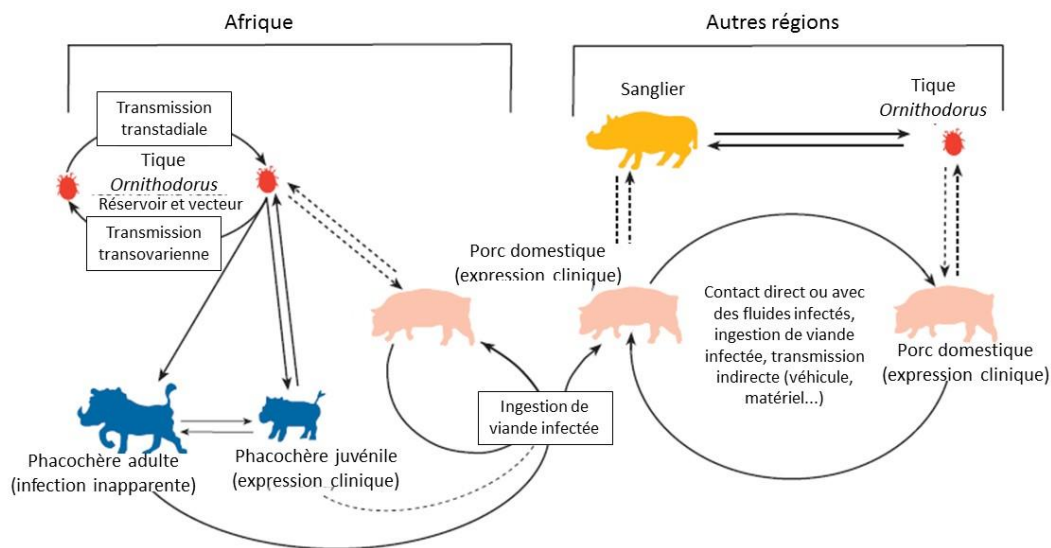


Figure 6 : Maintien et transmission du virus de la peste porcine africaine dans les populations sauvages et domestiques et chez les tiques vectrices (Quinn et al., 2011).

B. Expression clinique de la maladie

1. Expression clinique et surveillance de la maladie

Selon les postulats de Koch en 1882, on peut définir une maladie infectieuse selon les conditions suivantes :

- L'agent pathogène doit être présent dans tous les cas de la maladie (condition nécessaire)
- L'agent pathogène ne doit pas être présent dans d'autres maladies ou en l'absence de maladie (condition de spécificité)

- L'agent pathogène doit être isolé d'une culture pure et induire la maladie chez des animaux sensibles (condition suffisante)

Une espèce est définie comme sensible vis-à-vis d'un agent pathogène, lorsqu'elle développe une expression clinique de la maladie. L'expression clinique résulte de la manifestation d'une maladie infectieuse, objectivement perceptible par les sens de l'observateur, vétérinaire ou éleveur (Saegerman and Martinelle, 2011).

Un agent pathogène n'induit pas forcément une expression clinique selon les caractéristiques de l'espèce et de l'individu. Les porteurs asymptomatiques, sans symptômes, sont courants. L'expression clinique d'une maladie est variée (gravité, durée) et résulte de différents facteurs. (Haddad et al., 2020).

Evaluer l'état de santé de la faune sauvage et savoir reconnaître les signes cliniques des maladies à risque sanitaire majeur est primordial. La faune sauvage constitue un révélateur précoce de certaines maladies émergentes par l'expression clinique de la circulation d'agent pathogène (Gauthier, 2013).

2. Expression clinique de la peste porcine africaine

La peste porcine africaine est un exemple de maladie dont l'expression clinique nécessite une attention particulière afin de prévenir le risque d'apparition en France.

Les signes cliniques de la peste porcine africaine dépendent de la dose, de la souche et de la virulence du virus, de la voie d'infection et des caractéristiques de l'hôte dont l'espèce et l'âge. Il existe des formes aiguës, subaiguës et chroniques de la maladie.

Chez les suidés, elle se manifeste le plus souvent dans sa forme aiguë par une fièvre hémorragique. La fièvre, l'anorexie et l'abattement sont des caractéristiques de la maladie aiguë. Une hyperémie cutanée et, dans certains cas, des hémorragies peuvent être mis en évidence. Les autres signes sont la dyspnée, la conjonctivite, la diarrhée, les saignements du nez et du rectum et l'avortement. Le taux de létalité est élevé (Quinn et al., 2011). La période d'incubation, qui peut aller de 2 à 21 jours (DGAI, 2018a).

La maladie subaiguë a une évolution de 3 à 4 semaines. Les signes cliniques comprennent la pneumonie, le gonflement des articulations, l'émaciation, la dépression et l'inappétence. Les taux de mortalité, qui sont variables, dépendent de l'âge et de l'état de santé général des individus infectés. Les animaux peuvent se rétablir cliniquement ou développer une forme chronique de la maladie, ce qui se produit généralement dans les régions où le virus de la peste porcine africaine est endémique (*) (Quinn et al., 2011).

La surveillance des pestes porcines chez les sangliers est gérée principalement par le réseau Sagir par l'observation de différents critères cliniques (DGAI, 2018a) :

- Morbidité/mortalité agrégée dans le temps et l'espace.
- Morbidité/mortalité de sangliers de plusieurs classes d'âge.
- Mortalité d'au moins un sanglier présentant une bonne condition physique sans cause évidente identifiée.

- Signes cliniques ou comportements inhabituels observés sur au moins un sanglier vivant moribond.
- Lésions insolites détectées sur au moins un cadavre.

Les dispositifs de surveillance des ongulés sauvages seront détaillés dans la suite du manuscrit (cf. 2.II.B.2).

III. Construction d'un rapport et de fiches sur les risques sanitaires liés aux ongulés sauvages

A. Volet sanitaire du rapport sur les services et disservices des ongulés sauvages

1. Problématique et objectifs principaux

Contexte et objectifs de la thèse

Onze espèces d'ongulés sauvages sont présentes en France métropolitaine et en Corse (cerfs élaphe et sika, chevreuils, chamois, isards, mouflons méditerranéen et de Corse, bouquetins des Alpes et des Pyrénées, daims et sanglier). Certaines de ces espèces vivent sur des territoires vastes qui peuvent s'étendre au-delà des aires protégées, dédiées à la protection et la conservation de la biodiversité. L'activité humaine étant fortement développée sur une grande partie du territoire français, il existe ainsi une grande diversité d'interactions potentielles et donc d'enjeux entre les ongulés sauvages, les animaux domestiques et les humains (Linnell et al., 2020). Nous avons vu précédemment que ces interactions peuvent être qualifiées de service, lorsqu'elles ont une valeur positive, telle que la chasse, ou au contraire, de contrainte, tels que les collisions routières ou les dégâts agricoles.

En 2018, une évaluation EFESE sur les services écosystémiques rendus par la forêt française (Dorioz et al., 2018) a abouti à un questionnaire sur l'impact potentiel des grands ongulés sur le renouvellement de certaines forêts. Pour permettre une gestion éclairée des ongulés sauvages, une nouvelle évaluation concernant les services et les contraintes des ongulés sauvages a été réalisée par le Laboratoire d'Ecologie Alpine à la demande du Ministère de la Transition Ecologique. Cette évaluation permet de faire un bilan sur les connaissances des interactions entre les ongulés sauvages, l'homme, les animaux domestiques et l'environnement et d'en déduire les besoins de connaissances dans les services et les contraintes abordés.

Cette thèse a pour objectif de faire un bilan sur les risques sanitaires liés aux populations d'ongulés sauvages en France métropolitaine et en Corse. En effet, les ongulés sauvages peuvent jouer un rôle épidémiologique dans la transmission de maladies au sein de leur population mais également chez les animaux domestiques ou chez l'homme. Il convient donc d'étudier les maladies des ongulés sauvages afin d'évaluer les risques sanitaires pour une gestion adaptée et durable de leurs populations, particulièrement dans les échanges avec l'homme et les animaux domestiques.

Points clés de la thèse

Dans le but d'étudier les risques sanitaires chez les ongulés sauvages, les points clés de la thèse sont :

- Etablir une liste de dangers pour lesquels les ongulés sauvages sont susceptibles de tenir un rôle épidémiologique.
- Résumer les connaissances de chaque maladie en termes de transmission des agents pathogènes, notamment entre faune sauvage, animaux domestiques et homme ; de distribution des agents pathogènes dans les populations sauvages ; d'impact sanitaire et économique de la propagation de l'agent ; de moyens de prévention de la transmission ; de cartographie des structures et des équipes susceptibles de contribuer à l'étude de ces maladies.
- Faire le point sur les connaissances acquises et sur celles restant à acquérir pour aboutir à une analyse des risques associés.

2. Organismes impliqués dans la santé animale en France

Quelles-sont les autorités administratives responsables la santé animale en France ?

L'organisation sanitaire française est constituée de différents niveaux de l'ordre national, régional et départemental. Les autorités administratives collaborent avec différents acteurs et structures impliqués dans la santé animale (Ganière, 2020) . A l'échelon national, le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation participe à la conception et la mise en œuvre des actions et des réglementations relatives à la santé et à la protection animale. Le Ministère de la Transition Écologique participe à la gestion et à la protection de la faune et de la flore présents sur le territoire français.

Pour exercer ses missions dans le domaine de la santé animale, le ministère de l'Agriculture dispose d'une administration centrale, la DGAI (Direction générale de l'Alimentation) qui possède de différents services tels que le service alimentation, celui d'action sanitaire en alimentation et celui international. La sous-direction santé et protection animales de la DGAI assure une surveillance épidémiologique des principales maladies des animaux de production. Elle identifie les risques et met en place des mesures de gestion et de prévention des risques. La sous-direction des affaires sanitaires européennes et internationales coordonne la réglementation sanitaire communautaire et veille à la cohérence des normes sanitaires. Les MUS (Missions des Urgences Sanitaires) sont des missions conjointes avec les services de la DGAI et les autres services de l'état pour agir au niveau local. Elles permettent la gestion des alertes et des crises sanitaires dans les domaines de santé animale et végétale ainsi que la sécurité alimentaire. Elles gèrent les plans d'urgence et le suivi des exercices de simulation. En cas d'émergence d'agents pathogènes, la DGAI informe les réseaux de surveillance européens et internationaux.

A l'échelle régionale, le préfet de région est responsable de l'exécution des politiques de l'Etat. La DRAAF (Direction régionale de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt) assure la coordination de la programmation des contrôles des animaux et des services associés ainsi que la mise en œuvre de politiques de défense sanitaire. En cas d'urgence sanitaire, elle coordonne la mise en place de PNISU (Plan National d'Intervention Sanitaire d'Urgence) au niveau régional et départemental.

Au niveau départemental, les DDPP (Direction Départementale de Protection des Populations) regroupent les services vétérinaires et assurent la qualité et la sécurité de l'alimentation, la santé et la protection des animaux et contrôlent les risques liés aux productions animales. Les DDPP assurent également les urgences sanitaires.

Les autorités administratives prennent conseil auprès de différents conseils. Le Conseil National d'Orientation de la Politique Sanitaire Animale et Végétale (CNOPSAV) rassemble les représentants des secteurs de santé animale et de santé végétale. Il émet des avis concernant notamment la liste des dangers sanitaires et sur les projets réglementaires. A l'échelle régionale, il existe un Conseil Régional d'Orientation de la Politique Sanitaire Animale et Végétale (CROPSAV), équivalent régional du CNOPSAV, qui est consulté pour tout sujet d'intérêt sanitaire régional.

Quels sont les organismes impliqués dans la connaissance de la santé de la faune sauvage ?

Les connaissances utilisées dans ce rapport sont issues des travaux de diverses structures impliquées dans la recherche, dans l'expertise et dans la surveillance de la santé des animaux sauvages. Les principales structures sont les suivantes:

Les organismes impliqués dans l'expertise en santé de la faune sauvage

L'Anses (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) est un établissement public placé sous la tutelle de différents ministères. C'est un organisme d'évaluation et d'expertise des risques sanitaires mais également nutritionnels des produits alimentaires, depuis la production primaire jusqu'au consommateur. Pour évaluer les produits ou les risques, des commissions d'experts scientifiques indépendants sont constituées. L'Anses peut notamment être saisie pour analyser le rôle de la faune sauvage dans la circulation des maladies animales, dans le cadre du Comité d'Experts Spécialisé (CES) « Santé Animale et Bien-être Animal ». L'Anses est également un organisme de recherche notamment via les Laboratoires Nationaux de Référence (LNR) (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021). La plupart des LNR sont localisés dans les laboratoires de l'Anses et effectuent des travaux de recherche et de développement (dans le domaine du diagnostic notamment) ainsi que des dépistages. Ce réseau de laboratoire contribue à la surveillance, l'épidémiologie et la gestion des agents pathogènes chez les animaux sauvages.

Des écoles vétérinaires ont également des structures d'expertise dans ce domaine, comme l'ENVT avec la chaire de biosécurité aviaire, ou VetAgro Sup. Vetagro Sup possède un pôle d'expertise EVAAS (pôle d'expertise vétérinaire et agronomique animaux sauvages) offrant une expertise scientifique collective pluridisciplinaire dans le domaine de la santé de la faune sauvage. Ce pôle est un soutien scientifique et technique dans la collecte et l'analyse de données

sur l'état de santé des animaux sauvages. Il propose également un accompagnement dans la gestion de projets scientifiques sur la santé des animaux sauvages ainsi que des formations.

Les organismes impliqués dans la surveillance de la faune sauvage

La surveillance épidémiologique est coordonnée par la Plateforme d'Epidémiosurveillance en Santé Animale (PESA), composée de nombreux membres (DGAI, Anses, Coop de France, LDA, SNGTV, INRAE) qui collaborent pour décider de l'orientation stratégique de la surveillance en santé animale. Elles sont constituées de différents groupes de travail étudiant les maladies animales majeures telles que la tuberculose bovine, les maladies abortives des ruminants, la fièvre catarrhale ovine. Les missions sont l'élaboration et l'amélioration des dispositifs de surveillance épidémiologique, la centralisation et le partage de données sanitaires ainsi que l'analyse de données. La PESA comprend en particulier un groupe de travail sur l'épidémiosurveillance de la faune sauvage.

Parmi les réseaux d'épidémiosurveillance concernant la faune sauvage, on peut mentionner deux réseaux spécialisés

- Le réseau SAGIR (réseau national d'épidémiosurveillance de la faune sauvage) est un réseau participatif qui implique différents utilisateurs des espaces sauvages en particulier l'Office Français de la Biodiversité et les FNC et FDC (fédérations nationales et départementales des chasseurs).
- Le réseau Sylvatub concerne la surveillance événementielle et programmée de la tuberculose dans la faune sauvage, il est coordonné par l'OFB

A l'échelle départementale, les LDA (Laboratoire Départemental d'Analyse) sont des structures souvent financées par les Conseil Généraux départementaux. Elles effectuent le diagnostic de certains dangers sanitaires, ainsi que les autopsies dans le cadre du réseau SAGIR, et participent ainsi à l'épidémiosurveillance en élevage et en faune sauvage.

Les organismes impliqués dans la recherche sur la santé de la faune sauvage

Des instituts de recherche publics étudient également les maladies de la faune sauvage, relevant du ministère de la santé et du ministère de l'agriculture. Outre l'Anses déjà mentionnée, l'INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement) est un institut de recherche public étudiant également les maladies animales impactant l'agriculture, l'alimentation ou l'environnement dont celles de la faune sauvage. D'autres structures ont une participation plus ponctuelle en fonction de leurs sujets de recherche :

- L'Office Français de la Biodiversité, dans le cadre de l'Unité Sanitaire de la Faune, contribue à apporter des connaissances issues de la surveillance ou de programmes de recherche plus ciblés sur des maladies particulières.
- Le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) est un centre de recherche et d'expertise, étudiant différentes thématiques dont la santé animale. Des études sont notamment réalisées à l'internationale dans le but de prévenir, de détecter et de réagir face aux zoonoses.

- Le CNRS est la tutelle de plusieurs laboratoires impliqués dans ces recherches Le LECA (Laboratoire d'Ecologie Alpine) est une unité de recherche mixte du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) de l'Université Grenoble Alpes et de l'Université Savoie Mont-Blanc. Ce laboratoire étudie les mécanismes à l'origine de la biodiversité, sa dynamique et son rôle dans le fonctionnement des socio-écosystèmes, plus particulièrement sur les milieux alpins. Il pilote ainsi l'étude EFESE sur les services et les contraintes des ongulés sauvages en association avec le MTE.
- Les écoles nationales vétérinaires possèdent également des unités de recherche mixte, en association avec les universités pour étudier les maladies animales d'importance majeure et leurs épidémiologie. Ainsi le Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive (sous tutelles du CNRS, de l'université Lyon 1 et de VetAgro Sup)
- Le service de santé des armées possède également un groupe de travail en épidémiologie animale (GTEA) constitué d'experts en épidémiologie et de vétérinaires. Leur mission est de « coordonner les interventions en matière d'épidémiologie animale en amont des maladies humaines et/ou animales » (Davoust et al., 2008). Les armées travaillent conjointement avec l'Institut Hospitalier Universitaire Méditerranée Infection (IHU, Marseille, France). Depuis près de trente ans, des vétérinaires mènent, avec des médecins, des enquêtes épidémiologiques sur des animaux vivant à proximité de cas humains de zoonoses, d'une part, et, d'autre part, des études d'épidémiosurveillance transversales et longitudinales sur des animaux qui sont des réservoirs, des vecteurs ou des sentinelles d'infections potentiellement zoonotiques (Davoust et al., 2021).

Il existe donc un grand nombre d'organismes impliqués dans la santé animale en France. Une volonté de centraliser les informations liées à la surveillance a permis la création de la plateforme ESA, cependant les laboratoires de recherche sont moins structurés, bien qu'ayant des liens étroits les uns avec les autres. La mise en place de bases de données relatives à l'état de santé des animaux présents sur le territoire est importante pour permettre la prévention et le suivi des maladies infectieuses.

3. Composition et fonctionnement du groupe de travail du volet sanitaire

Composition du groupe de travail

Pour les différents groupes à thématiques du rapport, les experts ont été contactés pour faire un état des lieux des connaissances et identifier les besoins de connaissances.

Pour le volet sanitaire, des experts en santé de la faune sauvage, et plus particulièrement des maladies relatives aux ongulés sauvages ont été contactés. Ils représentent une partie des organismes impliqués dans la santé de la faune sauvage française. Les experts et leur organisme de travail auquel ils sont rattachés sont décrits dans le tableau IV.

Tableau IV : Composition du groupe de travail du volet sanitaire

Expert	Organisme de travail
Marjorie Bison, Anne Loison	LECA (Laboratoire d'Ecologie Alpine) et CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)

Gilles Bourgoïn, Camille Fligny, Emmanuelle Gilot-Fromont	VetAgro Sup (Institut national d'enseignement supérieur et de recherche en alimentation, santé animale, sciences agronomiques et de l'environnement)
Céline Couderc-Obert	MTE (Ministère de la Transition Écologique), CGDD (Commissariat Général au Développement Durable) et SRI (Service de la Recherche et de l'Innovation)
Ariane Payne	OFB (Office Français de la Biodiversité, anciennement ONCFS)
Charlotte Dunoyer, Céline Richomme	ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire)
Dominique Gauthier	LDA 05 (Laboratoire départemental vétérinaire et d'hygiène alimentaire des Hautes Alpes)
Olivier Plantard, Hélène Verheyden, Gwenaël Vourc'h	INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement)
Serge Morand	CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
Pauline Chaigneau, Eva Faure	FNC (Fédération Nationale des Chasseurs)

Etapas du travail

La première partie du travail a consisté à lister les maladies pour lesquelles les ongulés sauvages sont réceptifs en France métropolitaine et en Corse, afin d'identifier celles à prioriser dans le rapport. Dans un premier temps, un tableau a été construit pour détailler les caractéristiques de chaque maladie dont l'étiologie, la biologie, l'épidémiologie, la législation, la pathogénie, l'importance médicale et vétérinaire, les moyens de lutte et de suivi et le niveau de connaissance de la maladie.

Dans un second temps, le groupe de travail a dégagé sept enjeux sanitaires majeurs que nous avons détaillés sous forme de fiches, chacune illustrée par l'exemple d'une maladie :

- Contamination de l'Homme par la manipulation et la consommation de gibier, à l'origine d'une zoonose, illustré par l'Hépatite E
- Ongulés sauvages constituant un réservoir vis-à-vis des animaux d'élevage et de compagnie, illustré par la maladie d'Aujeszky
- Rôle des ongulés sauvages dans la transmission d'agents pathogènes dans un système multi-hôtes, illustré par la maladie de Lyme
- Risque d'une émergence en France (soit probable soit grave), illustré par la Fièvre de Crimée-Congo
- Surveillance des ongulés sauvages pour la prévention de maladies dans les troupeaux domestiques, illustré par la Tuberculose

- Risque de création d'un réservoir sauvage par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques vers les ongulés sauvages, illustré par la Brucellose
- Impact démographique des agents pathogènes sur les populations d'ongulés sauvages, illustré par la Pestivirose

Pour conclure ce travail, un résumé a été rédigé, comportant les informations principales concernant les risques sanitaires relatifs aux ongulés sauvages, en France métropolitaine et en Corse, et les différents enjeux associés. Cet écrit constitue la partie sanitaire du rapport et permet d'intégrer ces fiches des enjeux.

Fonctionnement du groupe de travail

Des objectifs étaient fixés en amont de chaque réunion afin que je rédige les différents travaux tels que la liste des maladies, le tableau des maladies, les fiches des enjeux et le texte contenu dans le rapport. Les réunions ont été organisées avec l'ensemble du groupe de travail pour corriger ces travaux et établir les objectifs à atteindre d'ici les prochaines réunions. Marjorie Bison pilotait ces réunions et leur organisation.

Les outils « Google doc », pour les fiches et le texte du rapport, et « Google sheet », pour le tableau des maladies, ont été utilisés afin que l'ensemble du groupe puisse accéder en temps réel au travail et y apporter les corrections souhaitées. Des références d'articles ont également été fournies par les experts pour compléter la bibliographie du travail.

B. Identification des agents pathogènes dont les ongulés sauvages sont réceptifs

1. Méthode de la recherche bibliographique

Base de recherche

Pour la recherche bibliographique, les photocopies de maladies infectieuses fournies par les écoles nationales vétérinaires ont servi de références, notamment pour établir la liste des maladies à considérer. Les listes de maladies considérées comme importantes et/ou règlementées dans les lois française, européenne (Loi de santé animale, en cours de mise en œuvre) et internationale (listes de l'OIE) ont permis de compléter la liste avec les maladies d'importance majeure. Les thèses vétérinaires de J. Dervaux (Dervaux, 2012) et C. Dhondt (Dhondt, 2015), ainsi que l'article de C. Martin (Martin et al., 2011), ont également permis de référencer les maladies d'importance majeure. Les bases de recherche de PubMed et Google Scholar ont été principalement utilisées pour la recherche d'articles sur le sujet. Des articles ont aussi été conseillés par les experts du groupe de travail.

Une recherche bibliographique a été effectuée, en combinant le [nom des pathogènes] ou le [nom de la maladie associée] avec [nom latin des espèces d'ongulés] ou [ongulé sauvage] sur les serveurs et bases de données du web (principalement Google Scholar et PubMed). Aucune limite de date de publication n'a été imposée. Pour chaque agent pathogène, les publications les plus récentes, couvrant un maximum de pays européens et majoritairement la France, ont été

sélectionnées. Les sites internet de la plateforme ESA et du Bulletin Epidémiologique de l'ANSES ont également servi de ressources. Les références des articles spécifiques à chaque maladie sont recensées dans la colonne bibliographie du tableau des maladies (cf. III.B.2.).

Elaboration de la liste des maladies

L'objectif de ce travail est de se concentrer sur les principaux risques sanitaires pouvant toucher les ongulés, y compris celles concernant aussi les animaux domestiques et/ou l'homme. Les maladies principalement ciblées sont les dangers sanitaires de première et deuxième catégories (tuberculose, maladie d'Aujeszký, brucellose, pestes porcines), les zoonoses (maladie de Lyme) et les maladies susceptibles d'affecter les populations d'ongulés sauvages (pestivirose, « chronic wasting disease »).

La liste des agents pathogènes a été limitée aux agents pathogènes d'importance majeure pour lesquels les ongulés sauvages peuvent tenir un rôle épidémiologique avec des cas rapportés dans le monde. Ceci permet d'inclure également les maladies potentiellement émergentes qui n'ont pas été décrites en France métropolitaine ou en Corse.

Les maladies ayant un rôle épidémiologique mineur chez les ongulés sauvages, et/ou une gravité clinique mineure chez les ongulés sauvages, les animaux domestiques et l'homme n'ont pas été prises en compte. Par exemple, les maladies suivantes n'ont pas été mentionnées dans la liste des maladies, pour un des critères décrits ci-dessus :

- Cryptosporidiose (maladie hydrique, transmissible par l'eau)
- Maladie dysgénique et respiratoire du porc chez les sangliers (France indemne, maladie émergente)
- Pulicose (gravité faible, zoonose mineure)
- Aspergillose (gravité faible, zoonose mineure)
- Dermatose nodulaire contagieuse (France indemne, présente dans les Balkans)
- Midichloria (découverte récente)
- Colibacillose (zoonose dont les ongulés sauvages ont un impact mineur)
- Fasciolose (rôle mineur de la faune sauvage)
- Métastrongyloïdose (atteint le sanglier, peu fréquent en élevage porcin)

Le tableau V recense l'ensemble des agents pathogènes répertoriés, correspondant à ces critères.

Tableau V : Agents pathogènes d'importance majeure recensés chez les ongulés sauvages

Type d'agent pathogène	Nom de l'agent pathogène
Bactéries	<i>Anaplasma marginale</i> <i>Anaplasma phagocytophilum</i> <i>Bacillus anthracis</i> <i>Borrelia burgdorferi sensu lato</i> <i>Brucella suis</i> <i>Brucella melitensis</i>

	<p> <i>Brucella abortus</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Chlamydomphila abortus</i> <i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> <i>Pasteurella sp. (dont P. multocida)</i> <i>Coxiella burnetii</i> <i>Dichelobacter nodosus</i> + <i>Fusobacterium necrophorum</i> <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Francisella tularensis</i> <i>Leptospira interrogans</i> <i>Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis</i> <i>Mycobacterium bovis</i> <i>Mycoplasma conjunctivae</i> <i>Pasteurella multocida, (Bibersteinia trehalosi, Mannheimia haemolytica)</i> <i>Salmonella abortus ovis</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Streptococcus suis</i> </p>
Virus	<p> Virus de la peste porcine africaine Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo Virus de Schmallerberg Circovirus porcin de type 2 Louping ill virus Virus de l'encéphalite à tique Border disease virus Virus de la Diarrhée Virale Bovine Virus de la peste porcine classique Virus de l'hépatite E Alcelaphine herpesvirus 1 / ovine herpesvirus 2 Herpèsvirus bovin de type 1 Caprin Herpes Virus-1 Herpesvirus porcin de type 1 Virus de la peste des petits ruminants Parvovirus porcin Foot-and-mouth disease virus Encephalomyocarditis virus Virus de l'ecthyma BlueTongue virus Virus de la maladie épizootique hémorragique Virus de l'arthrite encéphalite caprine C.A.E.V. (Arthrite Encéphalique Caprine à Virus) Virus du visna-maëdi Virus de la rage </p>
Prions	Prion de la maladie du dépérissement chronique des cervidés
Parasites	<p> <i>Alaria alata</i> <i>Babesia sp.</i> <i>Besnoitia besnoiti</i> <i>Echinococcus granulosus</i> <i>Haemonchus contortus</i> </p>

	<i>Ixodes</i> (notamment <i>ricinus</i>), <i>Rhipicephalus</i> (notamment <i>sanguineus</i>), <i>Dermacentor</i> (notamment <i>marginatus</i>), <i>Hyalomma</i> (notamment <i>marginatum</i>), <i>Argas</i> (notamment <i>reflexus</i>) <i>Neospora caninum</i> <i>Sarcoptes scabiei</i> <i>Hypoderma lineatum</i> <i>Theileria sp.</i> <i>Toxoplasma gondii</i> <i>Trichinella spiralis</i>
Mycoses	<i>Trichophyton sp.</i> , <i>Microsporum sp.</i>

2. Description des maladies

Construction d'un tableau sur les agents pathogènes des ongulés sauvages

Le tableau des agents pathogènes auxquels les ongulés sauvages sont sensibles contient une soixantaine d'agents pathogènes (lignes du tableau) regroupés en catégorie de bactéries, virus, prions et parasites. Vingt-et-une colonnes du tableau permettent de décrire les caractéristiques relatives aux agents pathogènes. Différentes thématiques sont ainsi abordées dans le tableau en fonction des colonnes :

- Le nom des agents pathogènes : Nom latin ou Famille et Genre pour les virus, Nom de la maladie
- Les enjeux majeurs : Enjeux sanitaires de l'agent pathogène (cf. Partie 1.III.B.3)
- Les espèces pouvant être des hôtes porteurs de l'agent pathogène : Espèces sensibles (autres que les ongulés sauvages), Ongulés sauvages réceptifs
- La classification des maladies : Danger sanitaire, déclaration obligatoire et Classes de la nouvelle législation européenne
- Le potentiel zoonotique : Agent zoonotique, Ongulés sources pour l'homme
- Le potentiel de transmission aux animaux : Ongulés sources pour les animaux de rente et domestiques
- L'épidémiologie : Présence en France, Transmission, Rôle épidémiologique des ongulés sauvages
- L'expression clinique : Gravité et signes chez l'homme, Gravité et signes chez les animaux de rente ou domestiques, Gravité et signes chez les ongulés sauvages
- Les leviers d'action : Moyen de lutte et de prévention zoonotique, Moyen de lutte et de prévention des animaux de rente et domestiques, Gestionnaire de surveillance
- Les laboratoires en charge du développement analytique concernant l'agent pathogène : Laboratoire national de référence de la maladie, lorsqu'il est présent. Le LNR constitue le laboratoire de référence même s'il n'est pas le seul laboratoire en capacité de diagnostiquer la présence de l'agent pathogène

- L'accès et le niveau de connaissance de la maladie : Source permettant l'accès aux données de surveillance, Présence de données de suivi en France

Les définitions précises de chaque colonne sont présentes en annexe (cf. Annexe 2, 'Tableau des maladies des ongulés sauvages'). Le tableau étant de taille trop conséquente pour être imprimé, il est disponible en ligne sur le lien suivant :

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qb39-NWhzuhtdlinIG4Few2pMVzhve8En4zZQdKghb0/edit?usp=sharing>

Difficultés rencontrées

La contrainte principale pour remplir ce tableau est l'absence de données pour certaines maladies peu étudiées ou récentes. La colonne « rôle épidémiologique des ongulés sauvages » est la colonne la plus compliquée à remplir du fait de la difficulté d'établir un rôle précis à une espèce.

L'objectif de ce travail étant également d'identifier les besoins de connaissances, le manque de données est un bon indicateur. Ce tableau a également permis d'identifier les principaux enjeux des risques sanitaires liés aux ongulés sauvages, que nous allons présenter dans la prochaine partie.

3. Présentation des enjeux sanitaires

Les enjeux sanitaires majeurs liés aux ongulés sauvages qui ont été identifiés sont les suivants :

- Contamination des humains par la manipulation et la consommation d'animaux sauvages, en particulier de gibier, à l'origine de zoonose, illustré par l'hépatite E
- Ongulés sauvages constituant un réservoir vis-à-vis des animaux domestiques, illustré par la maladie d'Aujeszky
- Risque de création d'un réservoir par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques aux ongulés sauvages, illustré par la Brucellose
- Risque d'une émergence à venir en France, illustré par la fièvre hémorragique de Crimée-Congo
- Impact démographique des agents pathogènes sur les populations d'ongulés sauvages, illustré par la Pestivirus
- Rôle des ongulés sauvages dans la transmission d'agents pathogènes dans un système multi-hôte, illustré par la maladie de Lyme
- Surveillance des ongulés sauvages pour la prévention de maladies dans les troupeaux domestiques, illustré par la tuberculose

Les fiches des enjeux sanitaires ont été construites selon le modèle de fiche affiché sur la figure 7 où sont indiquées les informations attendues pour chaque caractéristique.

FICHE X – Nom de l'enjeu sanitaire
Présentation du contexte de l'enjeu sanitaire
Exemple de maladie illustrant cet enjeu -> Nom courant : (Famille et genre de classification de l'agent pathogène)
Présence en France et localisation : Présence ou absence de la maladie, départements ou régions touchées
Prévalence : Chez les différentes espèces touchées présentes en France métropolitaine et en Corse
Biologie : Espèces sensibles : Les espèces, hors ongulés sauvages, sensible à la maladie, en France métropolitaine et en Corse Ongulés sauvages réceptifs : Les espèces d'ongulés sauvages réceptifs à la maladie en France métropolitaine et en Corse avec leur rôle épidémiologique (si décrit) Transmission : voie de transmission pour les espèces touchées, associé à un schéma
Autres enjeux de la maladie : Enjeux autres que ceux décrits dans les fiches (Economique, Santé Publique)
Importance médico-vétérinaire : Echelon de gravité de 1+ à 3+ avec les signes cliniques les plus fréquemment présents, chez les différentes espèces touchées (dont l'Homme le cas échéant)
Moyens de lutte et de prévention : Moyen de lutte et de prévention contre l'agent pathogène lorsque les ongulés sont sources de la maladie chez les espèces touchées (dont l'Homme le cas échéant)
Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les ongulés sauvages : Accessibles simplement en ligne, pour le grand public
Laboratoire national de référence : mention du LNR s'il existe

Figure 7 : Modèle de fiche d'enjeu sanitaire illustré par une maladie (réalisée par l'auteure).

PARTIE 2 : Enjeux des risques sanitaires des ongulés sauvages

Cette partie présente les différents enjeux liés aux risques sanitaires des ongulés sauvages. Les sept fiches présentées sont celles que j'ai rédigé dans le cadre du rapport sur les ongulés sauvages avec le soutien du groupe d'experts sanitaires.

I. Enjeux majeurs liés aux maladies infectieuses des ongulés sauvages et élaboration de fiches

A. Impact sur la santé publique

1. Enjeux liés à la santé publique humaine (Fiche Hépatite E)

« Plus de 70% des zoonoses - qui représentent elles-mêmes plus de 60% des maladies infectieuses émergentes (*) - trouvent leur origine dans la faune sauvage (Jones et al., 2008). Les circonstances de transmission de maladie des animaux sauvages à l'Homme peuvent être le contact direct (e.g. tularémie chez le lièvre), le contact indirect avec l'environnement ou des produits contaminés (e.g. échinococcose alvéolaire transmise par le renard aux hôtes intermédiaires et à l'homme via l'environnement), l'existence d'un vecteur (e.g. maladie hémorragique épizootique des cervidés) ou la consommation de produits alimentaires d'origine animale (e.g. trichinellose du sanglier). Dans ce dernier cas, la consommation de gibier issus de la chasse constitue le principal risque (cf. fiche 1 " Contamination des humains par la manipulation et la consommation d'animaux sauvages, en particulier de gibier, à l'origine de zoonose"). » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 1 - CONTAMINATION DES HUMAINS PAR LA MANIPULATION ET LA CONSOMMATION D'ANIMAUX SAUVAGES, EN PARTICULIER DE GIBIER, A L'ORIGINE DE ZOOSE

De nombreux agents pathogènes contaminent l'Homme à la suite d'une manipulation de carcasse ou une ingestion de gibiers issus de la chasse, et parmi ces agents certains sont à l'origine d'atteintes fréquentes et, ou, graves. Parmi les ongulés sauvages, le cerf, le chevreuil, le sanglier, le mouflon, le chamois et l'isard sont des **espèces chassables**. Les bouquetins (des Alpes et des Pyrénées) sont les seules espèces d'ongulés sauvages non chassables en France métropolitaine et en Corse.

De manière systématique, des **examens de venaison** sont donc réalisés sur les carcasses par les chasseurs formés à rechercher les principaux dangers sanitaires visibles. Si des lésions sont observées, les informations sont transmises au **réseau SAGIR**.

Le gibier peut être mis sur le marché uniquement s'il est accompagné d'une fiche d'examen initial, remplie par un chasseur agréé (DRAAF Occitanie, 2012). S'il s'agit d'un sanglier, un échantillon doit être systématiquement envoyé au Laboratoire Vétérinaire Départemental pour la détection de **trichinellose** (DGAI, 2008). Il n'y a pas d'obligation si la consommation de viande se réalise dans le cadre privé.

En ce qui concerne les mesures de **traçabilité** de la viande, chaque individu appartenant à une espèce soumise à un plan de chasse doit présenter un marquage obligatoire et un numéro d'identification sur chaque pièce. Le gibier doit également être stocké dans un centre de collecte dans des conditions réglementaires quant à la température (DGAI, 2012). La découpe sur place, pour éviter tout risque de contamination par les viscères et par le milieu extérieur, et la congélation préalables sont interdites.

Cependant, certaines analyses de maladies transmissibles à l'Homme ne sont pas réalisées systématiquement.

Par exemple, le **virus de l'hépatite E** (VHE) est une maladie détectable par une sérologie anticorps anti VHE. Les populations de porc et de sanglier en sont un **réservoir**. **De plus, la plupart des animaux atteints sont asymptomatiques**, ce qui rend la surveillance du virus compliquée. Le virus est transmissible par plusieurs voies dont la voie alimentaire, via la **viande contaminée crue ou insuffisamment cuite**, le contact direct avec un animal infecté ou le contact indirect via des selles contaminées (Meng, 2011). On trouve le virus en particulier dans les viandes de sanglier, de cerf, le foie de porc et les saucisses de foie de porc (figatelli) (Anses, 2013). Dans les pays industrialisés, le nombre de cas autochtones de VHE est en augmentation. De plus, c'est une **maladie zoonotique professionnelle**, les éleveurs de porcs et les vétérinaires porcins étant des **groupes à haut risque**.

Exemple de maladie illustrant cet enjeu -> Nom courant : Hépatite E
Famille et genre de classification du virus : Hepeviridae, Hepevirus

Présence en France : Présente en France, endémique (*) (gradient croissant du Nord au Sud chez les sangliers) (Carpentier et al., 2012).

Prévalence :

-Chez les porcs : 30 à 80% (Pavio et al., 2010), 65% présentent des anticorps anti-VHE en France métropolitaine (Jori et al., 2016).

-Chez les sangliers : 7,2 et 22,7 % selon les départements échantillonnés en France métropolitaine (Payne et al., 2011).

-Chez l'Homme : environ 2200 cas par an depuis 2013.

Le nombre de cas humains autochtones diagnostiqués en France augmente : la séroprévalence chez l'homme varie selon les régions. La consommation de produits à base de foie de porc cru, en particulier de figatelli, apparaît comme un des facteurs de risque les plus importants dans le sud-est de la France et en Corse (Carpentier et al., 2012). La transmission verticale du virus, de la mère à l'enfant, est possible.

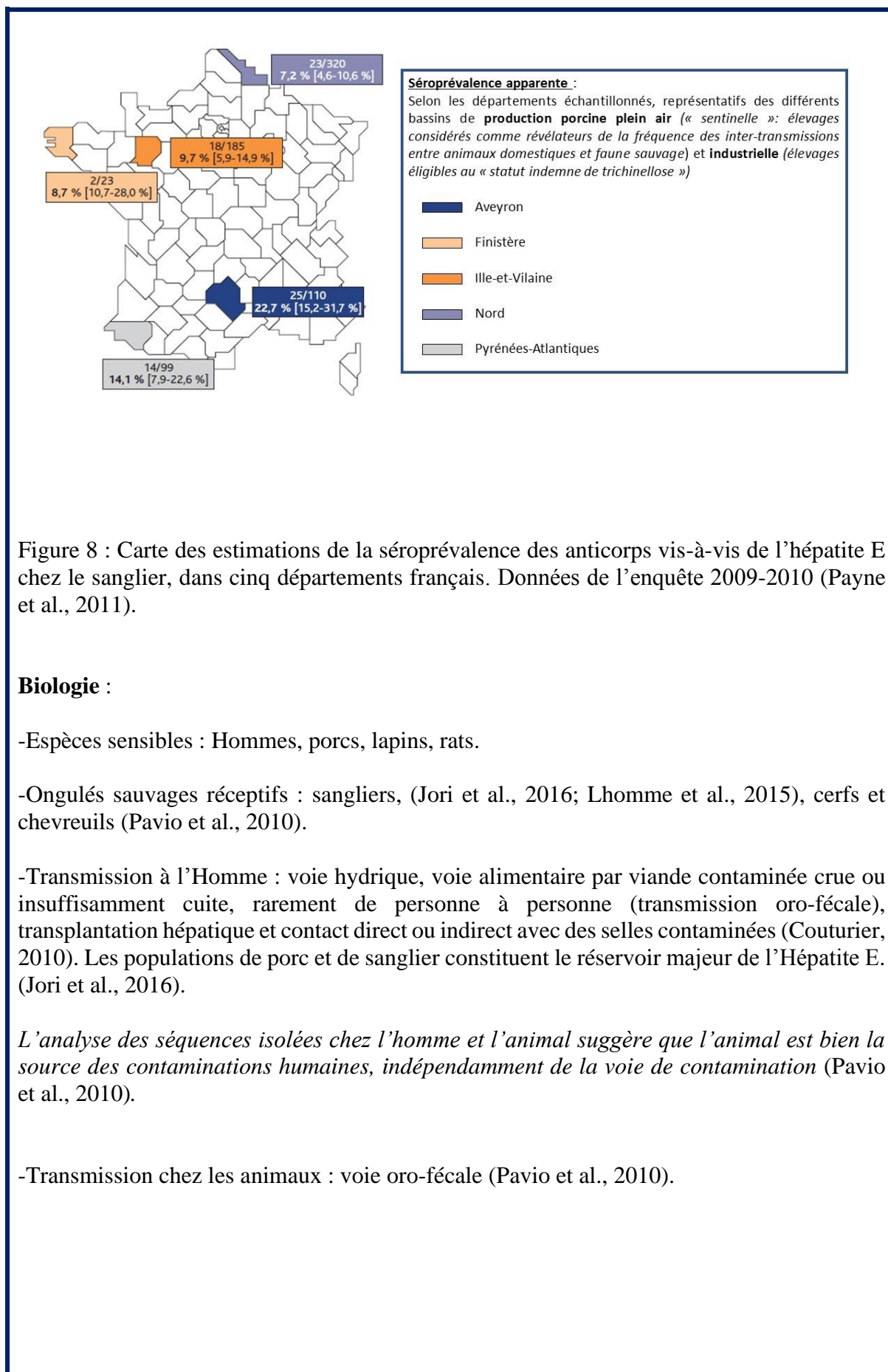


Figure 8 : Carte des estimations de la séroprévalence des anticorps vis-à-vis de l'hépatite E chez le sanglier, dans cinq départements français. Données de l'enquête 2009-2010 (Payne et al., 2011).

Biologie :

-Espèces sensibles : Hommes, porcs, lapins, rats.

-Ongulés sauvages réceptifs : sangliers, (Jori et al., 2016; Lhomme et al., 2015), cerfs et chevreuils (Pavio et al., 2010).

-Transmission à l'Homme : voie hydrique, voie alimentaire par viande contaminée crue ou insuffisamment cuite, rarement de personne à personne (transmission oro-fécale), transplantation hépatique et contact direct ou indirect avec des selles contaminées (Couturier, 2010). Les populations de porc et de sanglier constituent le réservoir majeur de l'Hépatite E. (Jori et al., 2016).

L'analyse des séquences isolées chez l'homme et l'animal suggère que l'animal est bien la source des contaminations humaines, indépendamment de la voie de contamination (Pavio et al., 2010).

-Transmission chez les animaux : voie oro-fécale (Pavio et al., 2010).

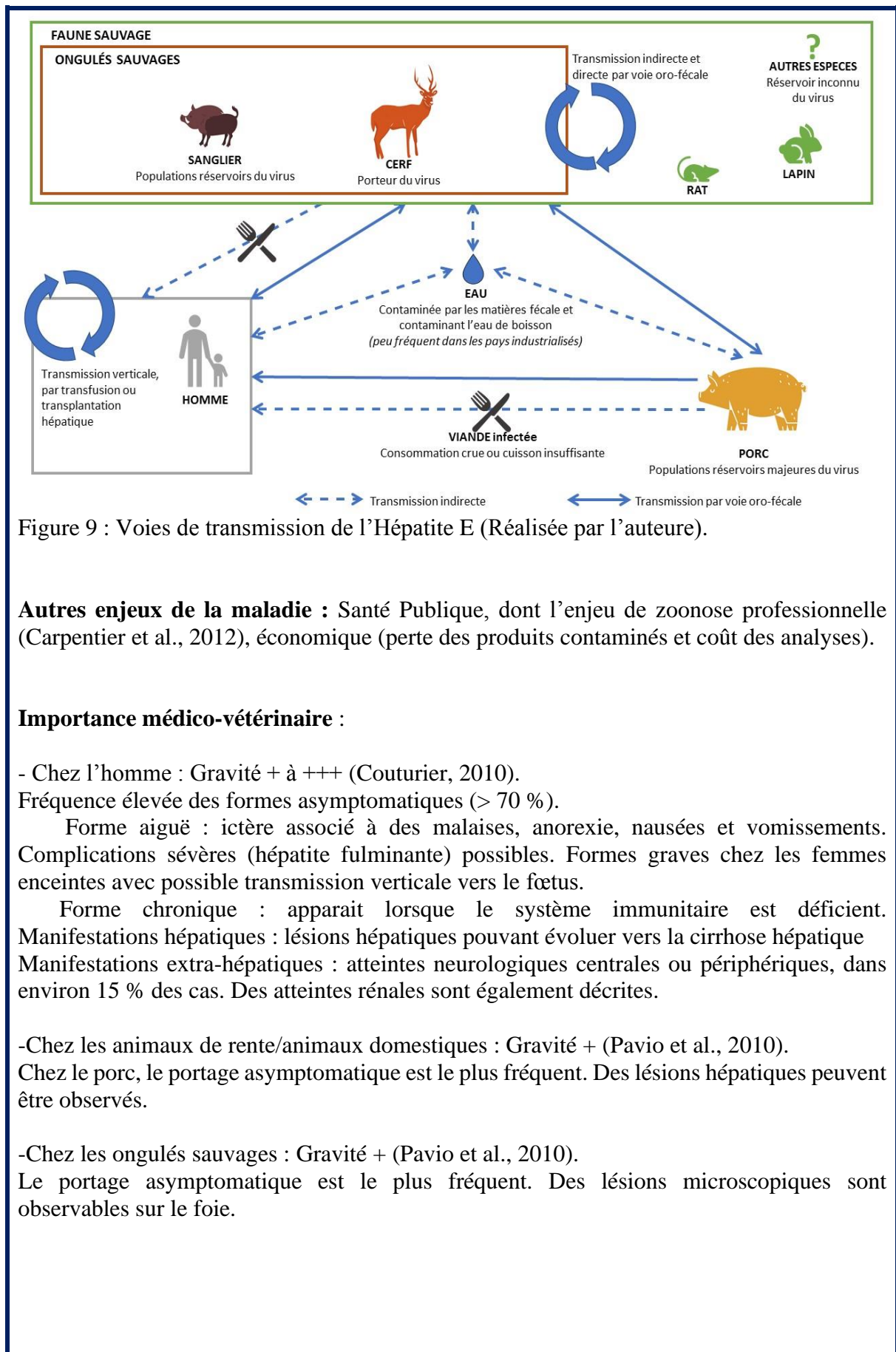


Figure 9 : Voies de transmission de l'Hépatite E (Réalisée par l'auteure).

Autres enjeux de la maladie : Santé Publique, dont l'enjeu de zoonose professionnelle (Carpentier et al., 2012), économique (perte des produits contaminés et coût des analyses).

Importance médico-vétérinaire :

- Chez l'homme : Gravité + à +++ (Couturier, 2010).

Fréquence élevée des formes asymptomatiques (> 70 %).

Forme aiguë : ictère associé à des malaises, anorexie, nausées et vomissements. Complications sévères (hépatite fulminante) possibles. Formes graves chez les femmes enceintes avec possible transmission verticale vers le fœtus.

Forme chronique : apparaît lorsque le système immunitaire est déficient. Manifestations hépatiques : lésions hépatiques pouvant évoluer vers la cirrhose hépatique. Manifestations extra-hépatiques : atteintes neurologiques centrales ou périphériques, dans environ 15 % des cas. Des atteintes rénales sont également décrites.

- Chez les animaux de rente/ animaux domestiques : Gravité + (Pavio et al., 2010).

Chez le porc, le portage asymptomatique est le plus fréquent. Des lésions hépatiques peuvent être observés.

- Chez les ongulés sauvages : Gravité + (Pavio et al., 2010).

Le portage asymptomatique est le plus fréquent. Des lésions microscopiques sont observables sur le foie.

Moyens de lutte et de prévention :

- Chez l'Homme : cuisson à cœur des viandes à risques, hygiène et lavage des mains, nettoyage des ustensiles et surfaces après manipulation, éducation des professionnels exposés (Anses, 2013). Dans les filières de transformation des denrées d'origine animale, mise en place de procédés de transformation permettant de limiter les contaminations des aliments. Il n'existe pas de réglementation concernant la surveillance du VHE dans les denrées animales (programme ANR-07-PNRA-008_HEVZOOONEPI) (Pavio et al., 2010).

-Chez les animaux d'élevage : Mesures de biosécurité, notamment la séparation stricte entre le porc et le sanglier.

Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les ongulés sauvages : Bulletin épidémiologique ANSES – DGAI (Couturier, 2010), Publications scientifiques.

Laboratoire national de référence : ANSES - Laboratoire de sécurité des aliments - Site de Maisons-Alfort.

2. Enjeux de santé publique vétérinaire (Fiche Aujeszky)

« La transmission des maladies infectieuses entre les animaux sauvages et domestiques devient aussi une question d'intérêt majeur. De très nombreux agents pathogènes peuvent affecter à la fois les ongulés sauvages et domestiques, cependant les connaissances sur les modalités de transmission et les rôles épidémiologiques de chacun manquent pour une majorité de ces maladies si bien que le rôle respectif des espèces sauvages et domestiques n'est pas élucidé. Toutefois, il a été démontré que certaines maladies infectieuses, comme l'hépatite E (Martin et al., 2011) et la maladie d'Aujeszky, se transmettent essentiellement de la faune sauvage vers les animaux domestiques, alors que d'autres se transmettent probablement essentiellement en sens inverse, comme le CAEV (Caprine Encephalitis Arthritis Virus) transmis de la chèvre vers le bouquetin (Erhouma et al., 2008). De par leurs effectifs et leur relation écologique et phylogénétique avec les espèces domestiques, les ongulés sauvages sont susceptibles de transmettre des maladies aux animaux domestiques (cf. Fiche 2 "Ongulés sauvages constituant un réservoir vis-à-vis des animaux domestiques"). Au-delà du bétail, les carnivores domestiques sont parfois sensibles aux maladies transmises par les ongulés sauvages (e.g. maladie d'Aujeszky, mortelle pour le chien). » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 2 – ONGULES SAUVAGES CONSTITUANT UN RESERVOIR VIS-A-VIS DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Les populations d'ongulés sauvages peuvent constituer des réservoirs de maladies vis-à-vis des animaux domestiques d'élevage ou de compagnie. Un réservoir est constitué d'une ou plusieurs populations ou environnements, connectés épidémiologiquement, dans lesquels l'agent pathogène peut se maintenir indéfiniment et à partir desquels l'infection est transmise à la population cible (*). Le réservoir peut inclure des populations d'hôtes de maintenance (*) et d'hôtes de liaison (*). Ce rôle de réservoir confère aux ongulés sauvages un rôle important pour la santé des animaux domestiques et pour l'économie.

Par exemple, le sanglier (*Sus scrofa scrofa*) et le porc domestique (*Sus scrofa domesticus*) appartiennent à la même espèce et ont donc une réceptivité proche pour de nombreux agents pathogènes. Parmi eux, certains sont hautement contagieux (e.g. Peste Porcine Classique) et nécessitent une surveillance de la faune sauvage afin d'adapter les mesures de lutte pour prévenir leur transmission dans les troupeaux domestiques et chez les animaux de compagnie.

La maladie d'Aujeszky en est un exemple. La séroprévalence du virus chez les sangliers est disparate entre les départements français, avec des zones de circulation à bas bruit et quelques zones de forte circulation virale (dont la Corse). Cette espèce constitue un réservoir de la maladie et menace les élevages porcins en plein air.

Les facteurs de risque d'échange d'agents pathogènes à l'interface domestique-sauvage sont nombreux :

-Depuis les années 1990, les pratiques d'élevage se sont modifiées : le développement de l'élevage porcin en général, et particulièrement des élevages en plein air augmente les possibilités de contacts entre les ongulés domestiques et sauvages.

-Depuis plus de vingt ans, les effectifs de sangliers sont en constante augmentation, ainsi que dans une moindre mesure ceux de chevreuils et de cerfs (Hars et Rossi, 2010).

Ces évolutions augmentent les risques de transmission, mais aussi de persistance à long terme d'agents pathogènes partagés dans les populations de ces deux espèces qui sont deux réservoirs (*) majeurs.

La transmission est souvent possible dans les deux sens et les animaux domestiques peuvent être un danger pour la faune sauvage (cf. fiche 3 "Risque de création d'un réservoir par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques aux ongulés sauvages").

Exemple de maladie

-> **Nom courant** : maladie d'Aujeszky (Pseudo-rage, Herpèsvirus porcin 1)

Famille et genre de classification du virus : Herpesviridae, Varicellovirus

Présence en France : Maladie endémique (*) chez le sanglier. L'élevage porcin a un statut officiellement indemne jusqu'en 2021. Données de suivi ponctuelles.

“Des foyers primaires en élevages de porcs plein air ont été découverts régulièrement ces dernières années dans plusieurs zones géographiques en France continentale, entraînant la suspension provisoire du statut indemne du département concerné. Ainsi, depuis 2019, ont été notifiés à l’OIE des foyers en élevages de porcs plein air en Haute-Garonne, Alpes de Haute Provence (suivi d’un élevage en lien épidémiologique dans le Vaucluse), Haute-Marne et Hautes Alpes” (Anses, 2021).

Prévalence : dans 5 départements, la séroprévalence a été estimée à 0 à 18,4% chez les sangliers, avec forte disparité entre les départements (Payne et al., 2011).

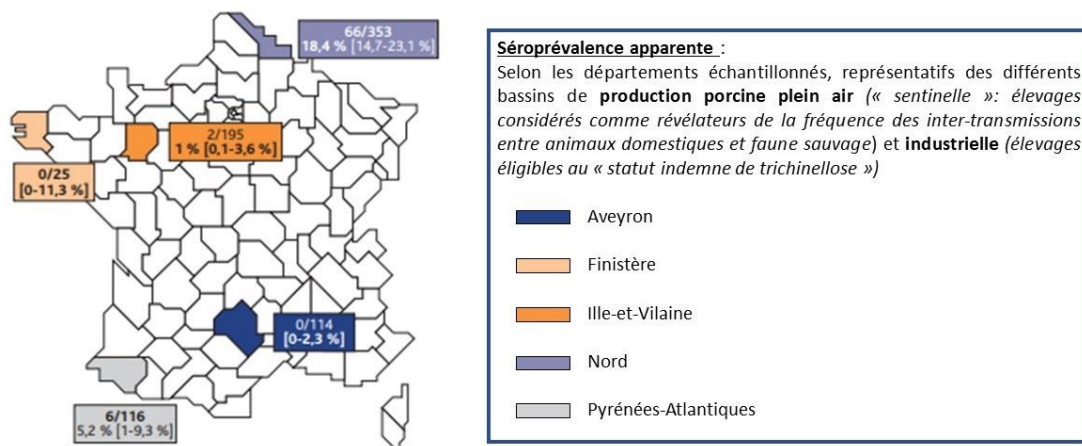


Figure 10 : Carte des estimations de la séroprévalence des anticorps vis-à-vis du virus de la maladie d’Aujeszky chez le sanglier, dans cinq départements français. Résultats de l’enquête sérologique réalisée en 2009-2010 (Payne et al., 2011).

Biologie :

-Espèces sensibles : porcins, ovins, bovins, caprins, carnivores dont chiens, chats et loups (Quinn et al., 2011).

-Ongulés sauvages réceptifs : le sanglier est le réservoir du virus en France, compte-tenu des mesures de lutte et de surveillance en place chez le porc (Payne et al., 2011).

-Maladie très contagieuse, transmise par voie directe (aérienne ou vénérienne) ou indirecte, par contact avec du matériel ou de la viande contaminés (González-Barrio et al., 2015).

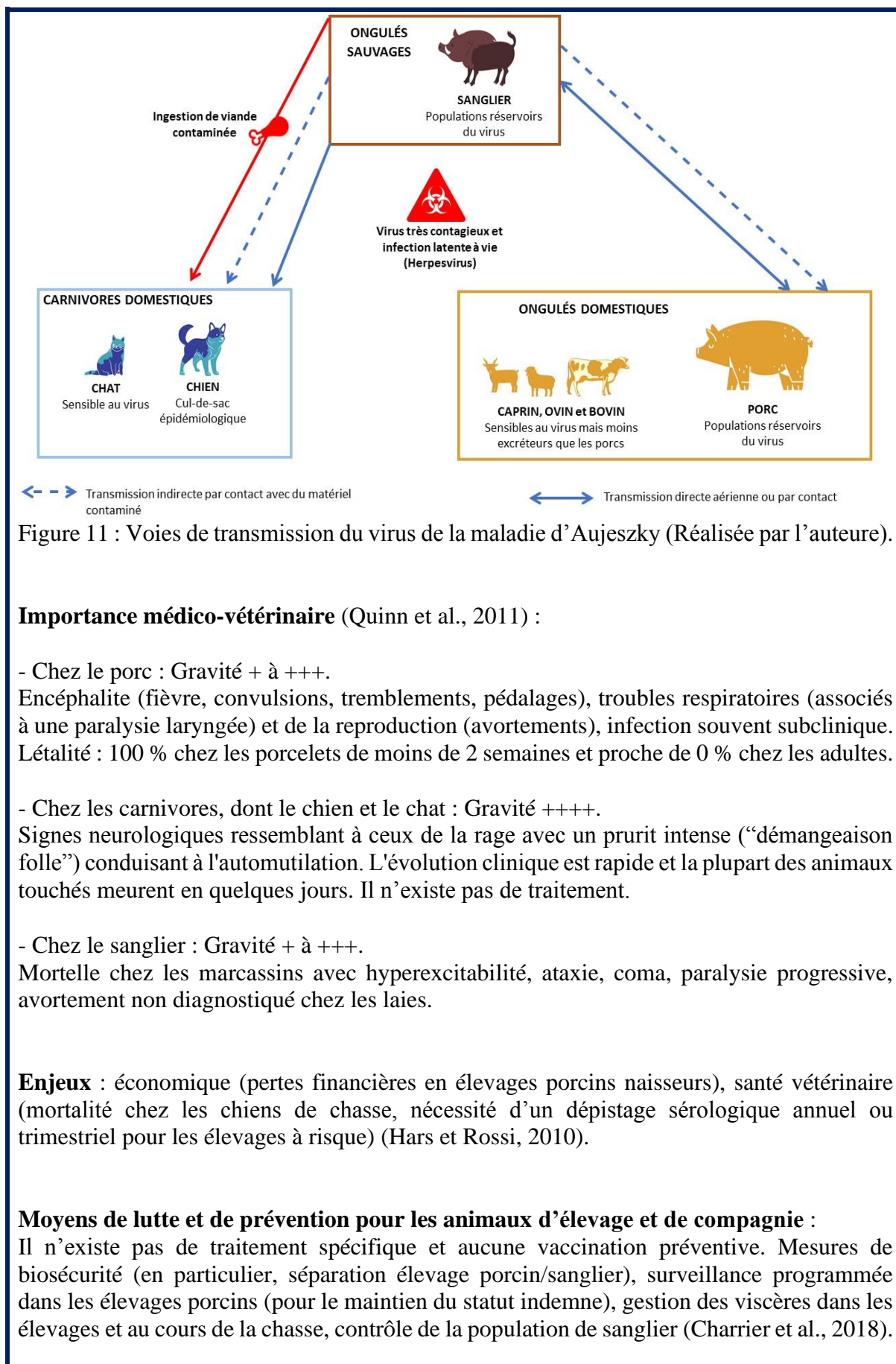


Figure 11 : Voies de transmission du virus de la maladie d’Aujeszky (Réalisée par l’auteure).

Importance médico-vétérinaire (Quinn et al., 2011) :

- Chez le porc : Gravité + à +++.
Encéphalite (fièvre, convulsions, tremblements, pédalages), troubles respiratoires (associés à une paralysie laryngée) et de la reproduction (avortements), infection souvent subclinique. Létalité : 100 % chez les porcelets de moins de 2 semaines et proche de 0 % chez les adultes.
- Chez les carnivores, dont le chien et le chat : Gravité ++++.
Signes neurologiques ressemblant à ceux de la rage avec un prurit intense (“démangeaison folle”) conduisant à l’automutilation. L’évolution clinique est rapide et la plupart des animaux touchés meurent en quelques jours. Il n’existe pas de traitement.
- Chez le sanglier : Gravité + à +++.
Mortelle chez les marcassins avec hyperexcitabilité, ataxie, coma, paralysie progressive, avortement non diagnostiqué chez les laies.

Enjeux : économique (pertes financières en élevages porcins naisseurs), santé vétérinaire (mortalité chez les chiens de chasse, nécessité d’un dépistage sérologique annuel ou trimestriel pour les élevages à risque) (Hars et Rossi, 2010).

Moyens de lutte et de prévention pour les animaux d’élevage et de compagnie :

Il n’existe pas de traitement spécifique et aucune vaccination préventive. Mesures de biosécurité (en particulier, séparation élevage porcin/sanglier), surveillance programmée dans les élevages porcins (pour le maintien du statut indemne), gestion des viscères dans les élevages et au cours de la chasse, contrôle de la population de sanglier (Charrier et al., 2018).

Gestionnaire de surveillance : DGAI (Direction générale de l'alimentation).

Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les ongulés sauvages :
Bulletin épidémiologique ANSES – DGAI.

Laboratoire national de référence : ANSES-Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort-
Site de Ploufragan.

3. Risque de création d'un réservoir dans la faune sauvage à partir des animaux domestiques (Fiche Brucellose)

« La transmission de maladies entre la faune sauvage et domestique implique le risque de constitution d'un nouveau réservoir sauvage, incluant le risque que ce nouveau réservoir soit lui-même à l'origine d'un risque de transmission retour vers le bétail ou l'homme (cf. fiche 3 "Risque de création d'un réservoir par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques vers les ongulés sauvages"). Dans l'exemple de la brucellose transmises entre les populations d'ongulés domestiques et de bouquetins dans le massif du Bargy, détaillé dans la fiche 3, on peut établir que le réservoir sauvage constitué par la population de bouquetins a été créé à la suite de contacts avec des animaux domestiques infectés, les bouquetins qui ont été relâchés pour constituer cette population ayant été testée auparavant. Ce réservoir sauvage actuel est donc issu d'une transmission dans le sens domestique-sauvage. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 3 - RISQUE DE CREATION D'UN RESERVOIR PAR TRANSMISSION DE L'AGENT PATHOGENE DES TROUPEAUX D'ONGULES DOMESTIQUES VERS LES ONGULES SAUVAGES

De nombreux agents pathogènes, communs avec les cheptels domestiques, peuvent être transmis des troupeaux domestiques vers les animaux sauvages. Cette transmission est à l'origine de deux enjeux : le risque possible de diminution des effectifs et donc de mise en danger pour les espèces menacées, et le risque de constitution d'un nouveau réservoir sauvage.

La difficulté majeure de cet enjeu est le manque d'études concernant la transmission d'agents pathogènes des troupeaux domestiques vers la faune sauvage, comparativement aux études analysant le risque inverse. Pour certaines maladies, il est suspecté que la transmission dans ce sens est plus probable que dans le sens des ongulés sauvages au troupeau domestique. Les alpages sont des espaces d'échanges entre les ongulés sauvages et domestiques et notamment de transmission d'agents pathogènes. Par exemple, le CAEV (Caprine Encephalitis Arthritis Virus) semble être transmis entre les ongulés domestiques et sauvages à l'occasion des

accouplements entre des chèvres et des bouquetins sauvages (Erhouma et al., 2008), comme en atteste la présence d'hybrides dans les zones d'alpage. Une similarité de séquence du virus entre les chèvres suggère une transmission des chèvres aux bouquetins et aux hybrides. La transmission inverse apparaît moins probable compte-tenu que le virus est très pathogène pour les bouquetins, et que les bouquetins atteints disparaissent donc rapidement.

Un autre exemple est celui de la transmission de la pestivirus, plus particulièrement le virus BDV (Border Disease Virus ou virus de la maladie des frontières), entre ovins et isards dans les Pyrénées : la phylogénie suggère que le virus des isards trouve son origine dans une souche ovine. Les souches des isards se seraient différenciées des souches ovines (Beaunée et al., 2015; Luzzago et al., 2016; Marco et al., 2011). Les transmissions du pestivirus entre les espèces auraient eu lieu notamment dans les années 1990, tout en restant possible ponctuellement, et seraient la cause de l'émergence des virus dans les populations sauvages. Le manque de données ne permet pas de confirmer le sens des échanges plus récents de ce virus, mais des arguments liés au patron temporel de la reproduction suggèrent une transmission plus probable dans le sens des animaux sauvages vers les domestiques, compte-tenu de l'absence de femelles isard gestantes pendant la saison de cohabitation entre les espèces (Anses, 2017).

La Brucellose à *Brucella melitensis* est une **zoonose grave**, d'origine professionnelle ou alimentaire, posant un problème de santé publique. C'est également un enjeu de santé animale dans les troupeaux domestiques (bovins, ovins et caprins) de par le retentissement de l'infection sur la reproduction des femelles (avortements). Enfin on peut envisager un enjeu de conservation pour les populations de bouquetins avec une baisse de fécondité, des avortements et des arthrites limitant le déplacement des animaux.

Dans les années 1960, l'Etat et les différents organismes liés à l'élevage ovin, caprin et bovin, ont débuté un programme de lutte afin d'éradiquer la maladie. Depuis 2005, la France est officiellement indemne de Brucellose à *B. melitensis*. En 2012, la présence de la maladie est détectée en Haute-Savoie à la suite de la contamination d'un élevage laitier bovin à l'origine de deux cas humains. Une enquête sérologique a mis en évidence la brucellose chez quelques chamois mais surtout dans la population de bouquetins du massif du Barge dans le nord des Alpes.

Le bouquetin des Alpes est une espèce protégée, la population du massif du Barge est issue d'une réintroduction effectuée en 1974 et 1976. A l'époque, les tests sérologiques pour la Brucellose, effectués pour l'ensemble des bouquetins introduits, ont donné des résultats négatifs. Il est donc probable que les bouquetins se soient infectés à partir des derniers animaux domestiques infectés dans cette zone, avant son éradication locale en 1999 puis que l'infection ait circulé dans la population de bouquetins, avant que cette population joue un rôle de réservoir pour les bovins en 2012 (Anses 2015). Les isolats obtenus en 2012 à partir des bovins et des bouquetins présentaient une grande similarité génétique avec ceux issus des derniers cheptels infectés localement dans les années 90.

En 2013, du fait du caractère inédit de la situation, les autorités sanitaires ont mis en place dans l'urgence des mesures visant à éliminer les animaux atteints (Hars et al., 2015). Compte-tenu des premières observations sur la prévalence, les mesures ont visé les animaux de 5 ans et plus, qui étaient les plus souvent porteurs d'anticorps.

Depuis l'émergence du foyer, les mesures de gestion appliquées ont évolué : entre 2012 et 2015, elles consistaient en une combinaison de deux modalités, la capture avec test des animaux et élimination des séropositifs (277 captures entre 2012 et 2015) et tir d'animaux non capturés et donc de statut sanitaire inconnu, mais considérés comme les plus à risque (325 pendant la même période). Depuis 2016, le nombre de tirs d'animaux non capturés est devenu plus réduit et les mesures sont donc essentiellement basées sur les captures. Ainsi entre 2016 et 2020, 179 captures et 20 tirs ont été effectués. Au fil du temps, la situation épidémiologique dans la population de bouquetins a évolué favorablement, la séroprévalence passant de plus de 40% jusqu'en 2015 à moins de 10% depuis 2019. L'infection reste cependant présente (juin 2021) dans le cœur du massif. Des mesures de surveillance et de gestion dans la population de bouquetins sont donc prises chaque année en fonction de l'évolution de la situation, en plus des mesures prises dans les autres compartiments : surveillance événementielle des animaux sauvages dans le cadre du réseau SAGIR, surveillance programmée chez les chamois chassés, mesures de biosécurité et de surveillance sanitaire dans tous les troupeaux présents dans les alpages du massif.

La difficulté de gestion de cette épizootie (*) réside dans les incertitudes liées à la dynamique des populations de bouquetins et à l'évolution de la maladie. L'enjeu concernant la gestion sanitaire est de trouver une solution raisonnée et durable contre la maladie. Une surveillance étroite de la maladie est donc recommandée (Anses, 2017).

Exemple de maladie -> Nom courant : Brucellose
Nom latin : Brucella melitensis

Présence en France et distribution géographique : Sporadique localement, 3 foyers bovins en France au cours des 10 dernières années : 1 cas en 2012 dans le Pas-de-Calais, lié à une importation de l'étranger, et deux foyers dans la région du massif du Bargy (Haute-Savoie), détectés en 2012 et en 2021 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2011; Rautureau et al., 2012).

Prévalence : Pour l'Homme, en France, en 2017, 32 cas humains déclarés et confirmés (majoritairement *B. melitensis*) incluant 30 cas "importés" (personnes contaminées lors de voyage en zone d'enzootie), 1 cas de contamination en laboratoire de diagnostic et un cas d'éleveur ovin retraité (réactivation d'une infection connue de Brucellose).

Biologie :

-Biovar 3 en France, Absence de spécificité d'hôte.

-Espèces réceptives (hors ongulés sauvages) : Homme, ovins, caprins, bovins, porcs et camélidés (rare), chiens (Laaberki and Ganière, 2020).

-Ongulés sauvages (présents en France) réceptifs connus : Bouquetins, chamois, bouquetins ibériques (et ailleurs : buffle, bisons, yack, wapiti, antilopes diverses, camélidés).

-Cas du bouquetin : La population de bouquetins du massif du Bargy est le seul exemple de réservoir sauvage en Europe, les autres cas sont sporadiques ou bien l'infection est auto-limitée (chamois, bouquetin) (Mick et al., 2014)

-Cas du chamois : La brucellose est mortelle le plus souvent, diminuant la possibilité de transmission. Il pourrait être un cul-de-sac (*) épidémiologique, excepté pour la transmission de la mère au jeune au cours de la première gestation à la suite de l'infection (Gauthier, 2005).

-Cas du bouquetin : Il présente une hétérogénéité significative d'infection : Potentiel d'excrétion élevé chez les jeunes femelles bouquetins (Lambert et al., 2018b).

-Transmission à l'Homme, à partir des ongulés domestiques : Voie indirecte avec une contamination environnementale par les sécrétions vaginales, les avortons et placentas et contamination par voie orale (produits laitiers). (Laaberki et Ganière, 2020).

-Transmission chez les ongulés domestiques : voie indirecte, voie directe (transmission vénérienne, verticale pendant la gestation, pseudo-verticale par l'allaitement) (Laaberki et Ganière, 2020).

En milieu indemne, lorsque la brucellose se développe dans un troupeau sans avoir été détectée, on observe de nombreux avortements la première année, puis rares et qui disparaissent. Cependant, l'infection persiste souvent, avec réapparition ponctuelle des avortements.

En région anciennement infectée, la brucellose est latente, sans symptomatologie perceptible, et révélée par des avortements isolés ou des petites flambées cycliques.

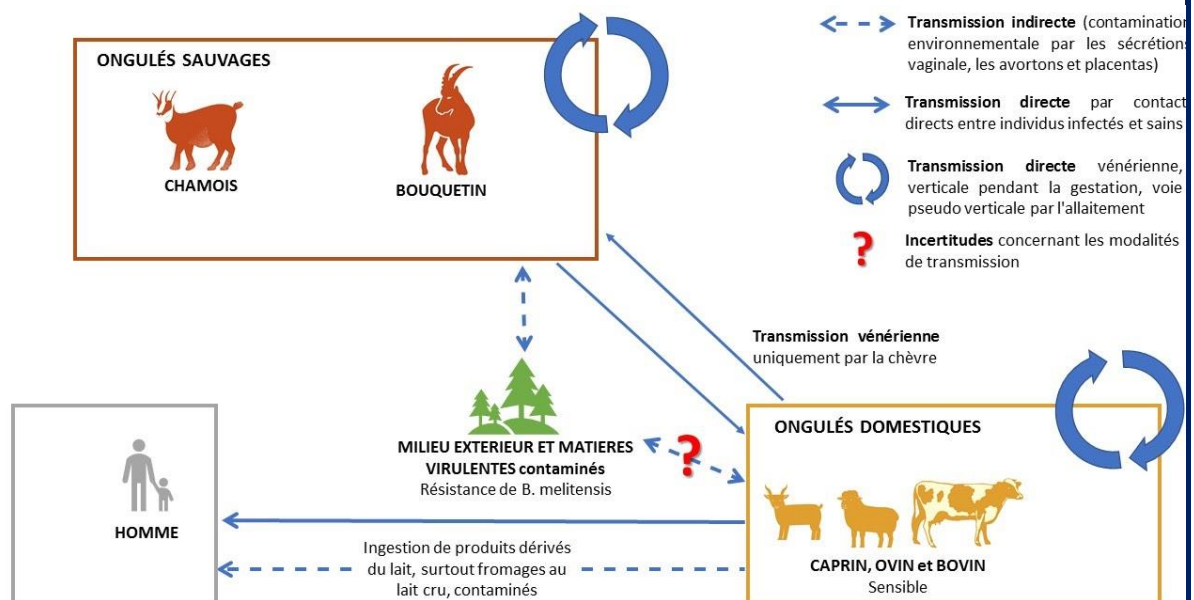


Figure 12 : Voies de transmission de *Brucella melitensis* (Réalisée par l'auteure).

Importance médico-vétérinaire (Laaberki and Ganière, 2020) :

-Chez l'Homme : Gravité + à +++.

Avec un pouvoir pathogène élevé pour l'Homme, c'est une zoonose majeure. Il existe trois formes chez l'homme : la forme aiguë avec une phase septicémique pure, une forme localisée au niveau viscéral et une forme chronique (Haddad et al., 2020).

-Chez les bovins, ovins et caprins : Gravité + à +++.

Atteinte génitale : avortement (souvent au dernier tiers de gestation), rétention placentaire (moins fréquente), stérilité temporaire (fréquente, même en l'absence de rétention placentaire avec 10% des femelles dans un troupeau la première année d'infection). Chez les mâles, l'infection demeure généralement inapparente (possible d'observer des cas d'orchite, d'épididymite ou une baisse de fertilité).

Autres localisations : mammite (affecte de nombreux sujets, stade clinique possible avec formation de nodules inflammatoires, lait grumeleux) ; arthrite et bursite rares.

-Chez les ongulés sauvages : Gravité + à +++ (semble toujours sévère chez le chamois, mais nombreuses formes asymptomatiques chez le bouquetin)

Atteinte génitale : Baisse de fécondité, avortement, orchite, épидидymite.

Atteinte générale : Arthrite, boiterie.

Enjeux :

- Santé publique : zoonose grave.

-Menace pour le statut sanitaire régional des autres espèces, et particulièrement le bétail et dont dépendent des enjeux économiques considérables liés au secteur agricole.

-Economique : pertes financières liées aux avortements et stérilités, pertes des produits (lait et fromages frais détruits) de ruminants contaminés.

Dans la commune du Grand Bornand où l'économie locale repose pour 40% sur la production de Reblochon, l'enjeu financier est estimé être une perte de 70 000 euros de produits laitiers non indemnisés en 2012 (Gourreau, 2014).

-Écologique (diminution des populations sauvages) potentiellement

Gestionnaire de surveillance chez les ongulés sauvages : DGAI (Direction générale de l'alimentation).

Moyens de lutte et de prévention (Anses, 2015) :

-Chez l'Homme : Mesures hygiéniques pour les personnes exposées telles que les éleveurs, les vétérinaires, les inséminateurs, les personnels d'abattoir ou d'équarrissage (lavage des mains, port d'équipements de protection individuelle), pasteurisation ou stérilisation du lait, utilisation de lait cru provenant seulement de troupeaux reconnus officiellement indemnes.

-Chez les animaux de rente : Prophylaxie nationale obligatoire, surveillance des avortements, isolement et élimination précoce des animaux infectés avec désinfection des locaux et vide

sanitaire. Dans le massif du Bargy : biosécurité dans le but de limiter la transmission des bouquetins vers les troupeaux domestiques jusqu'à l'extinction dans la population sauvage.

-Chez les ongulés sauvages, en plus de la surveillance clinique exercée par le réseau SAGIR : Dans la population des bouquetins du Bargy : programme de captures et de test, et le cas échéant de tir, permettant de réduire le nombre d'individus infectés dans la population, afin d'augmenter la probabilité d'obtenir une extinction naturelle de l'infection.

Dans les autres populations (chamois) : surveillance sanitaire des animaux tirés à la chasse avec test sérologique systématique.

Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les ongulés sauvages : Rapports d'étude/Publications OFB-Anses, Bulletin épidémiologique Anses-DGAI, Site web de la plateforme ESA.

Laboratoire national de référence : Anses - Laboratoire de santé animale-Site de Maisons-Alfort.

« Théoriquement, dans le sens inverse de transmission d'agents pathogènes de l'homme vers l'animal, un autre risque existe de création d'un réservoir sauvage à la suite de transmission d'un agent pathogène provenant de l'homme vers les animaux sauvages, mais aucune maladie importante n'est identifiée à ce jour pour les ongulés.

On peut noter que le SARS-Cov2, à l'origine de la COVID-19, est transmis de l'homme vers de nombreuses espèces y compris sauvages, et semble même transmissible vers les espèces d'ongulés nord-américains (Chandler et al., 2021). Pour ce virus, la constitution de nouveaux réservoirs chez des animaux sauvages (essentiellement, primates et carnivores pour la COVID-19) est susceptible d'être à l'origine de risques de transmission vers de nouvelles espèces. En raison de leur taux de mutation élevé, les virus à ARN sont de parfaits candidats à l'émergence de telles maladies. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

B. Enjeux liés au risque d'émergence de maladies

1. Concept de One Health

« Depuis le début des années 2000, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) développent le concept « One Health » afin de considérer conjointement la santé publique, animale et environnementale. Ils considèrent que la surveillance et les moyens de gestion des maladies doivent être abordés de manière systématique quelques soient les espèces touchées. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

Ainsi, l'importance des contacts entre la faune sauvage, le bétail et l'homme est telle que certains auteurs ont proposé un " continuum faune sauvage-bétail-homme " (Collinge and Ray, 2006). Les principaux objectifs de la démarche One Health sont de promouvoir le développement

d'études scientifiques interdisciplinaires, voire transdisciplinaires, pour les problèmes survenant à l'interface entre les sciences de l'environnement et la santé (humaine et animale) (Plumb et al., 2007). Des études sur l'écologie de l'homme, des animaux et de l'environnement doivent être réalisées afin de mieux comprendre les liens épidémiologiques entre tous les acteurs du continuum.

2. Modalité d'émergence

Le processus de franchissement de la barrière d'une espèce par un agent pathogène (« Spillover » en anglais) est constitué de deux étapes (Artois et al., 2007). Tout d'abord, une source, un animal sauvage réservoir (*) de la maladie, contamine un hôte réceptif d'une autre espèce, avec un agent pathogène. Ce franchissement de la barrière d'espèce par un agent pathogène peut se faire par contact direct ou par le biais d'un vecteur (*). Ensuite, lorsque les conditions de rencontre (lien épidémiologique entre les individus) et de compatibilité (tissus des individus réceptifs permissifs) entre l'agent pathogène et l'hôte réceptif sont favorables, la maladie peut se propager à l'échelle de la population. La figure 13 illustre cette seconde étape de propagation de l'infection.

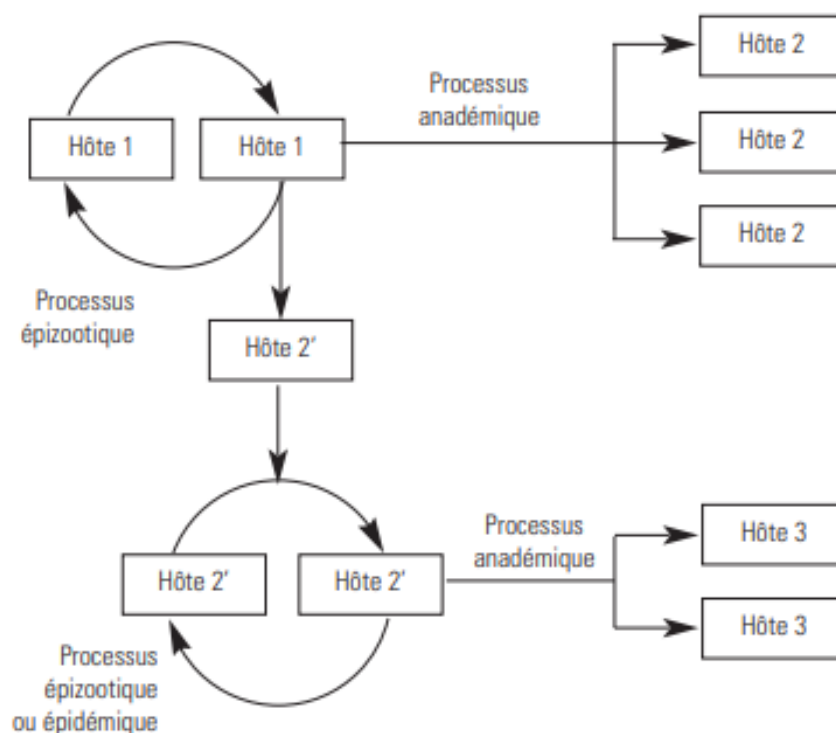


Figure 13 : Processus de propagation d'une infection entre un réservoir sauvage et l'animal domestique ou l'homme (Artois et al., 2007).

Par exemple, l'animal sauvage réservoir est l'hôte 1, les animaux domestiques sont l'hôte 2 ou l'hôte 2' et l'homme est l'hôte 2 ou l'hôte 3. Les flèches représentent le passage de l'agent pathogène.

3. Maladies à risque d'émergence (Fiche Fièvre de Crimée-Congo)

« Les maladies infectieuses émergentes (*), dont 60% impliquent les animaux, et 72% d'entre elles concernent la faune sauvage, sont devenues une préoccupation majeure des autorités de santé publique et de santé animale. Une maladie émergente peut être liée à l'évolution ou la modification d'un agent pathogène existant ou à un changement d'hôtes, de vecteur (*) ou de pathogénicité (Artois et al., 2006, 2003). Les populations d'ongulés pourraient être impliquées à l'avenir dans l'émergence d'autres maladies comme la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, si le vecteur poursuit son expansion spatiale (cf. Fiche 4 "Risque d'une émergence en France"). Il est donc primordial d'effectuer une surveillance des agents pathogènes à risque d'émergence et d'identifier les facteurs de risque de propagation afin de prévenir les risques de ces maladies. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 4 - RISQUE D'UNE EMERGENCE LIEE AUX ONGULES SAUVAGES

A la fin des années 1980, la notion d'**émergence** est créée dans un contexte d'apparition de nombreuses maladies. Une maladie émergente (*) est définie par une **augmentation réelle d'incidence** et une **délimitation précise de l'aire géographique** où cette augmentation est constatée, par rapport à la situation habituelle de la maladie (Artois et al., 2006, 2003). L'agent pathogène peut se propager dans une nouvelle population par différents processus : soit par l'**introduction** de la maladie dans une zone géographique où elle était absente, soit par une **adaptation** de l'agent pathogène à des changements de l'écologie des hôtes sauvages, soit par des **changements des modes de production ou de consommation** d'animaux ou de leurs produits.

Cet enjeu concerne le risque que des maladies actuellement absentes, dont les ongulés sauvages sont réceptifs, émergent en France métropolitaine ou en Corse. On s'intéresse particulièrement à celles présentant une gravité clinique pour l'Homme et/ou les animaux. La Peste Porcine Africaine est une maladie virale à risque d'émergence touchant le porc et le sanglier. Son arrivée en France est particulièrement redoutée du fait de sa létalité élevée entraînant de lourdes pertes dans la filière porcine. Sa détection et sa prévention précoces sont complexes du fait d'une transmission relativement lente et donc d'un nombre d'animaux concernés initialement bas. Ils peuvent donc passer inaperçus dans une grande population, que ce soit en élevage ou en population naturelle. Les professionnels de santé et de production animale et les chasseurs doivent donc être sensibilisés aux signes évocateurs de la maladie. Elle peut se propager par différents cycles de transmission mais c'est par les activités humaines qu'elle circule sur de grandes distances (DGAI, 2018a).

Au cours des dernières décennies, l'évolution des **facteurs de risque d'émergence** est étroitement liée à l'action de l'Homme (Kock, 2014; Yon et al., 2018). On peut citer parmi ces facteurs :

- Le **dérèglement climatique global** entraînant des modifications du nombre et de la distribution des hôtes sauvages et des vecteurs (Yon et al., 2018) ;
- La **mondialisation** et les échanges croissants, générant des occasions de transmission ;

- L'**évolution de la démographie** et les modifications associées du paysage et des **pratiques agricoles (changement d'usage des sols et déforestation**, intensification, élevage familial à proximité d'habitats naturels de la faune sauvage...) (Vourc'h, 2021) ;

- Les **changements de comportement** des populations humaines vis à vis des productions animales.

En effet, le développement du commerce international de bétail ou des produits de chasse, entraînant davantage de mouvements et d'échanges, augmente les possibilités de contacts entre les populations domestiques et sauvages. L'augmentation des élevages en plein air et des effectifs de bétail participent également à l'augmentation des possibilités d'échange de maladies. Certaines populations sauvages, telles que les sangliers, sont en augmentation, du fait des élevages destinés à la chasse (Hars and Rossi, 2010).

Pour suivre l'évolution de la maladie, il convient donc d'étudier la prévalence de l'agent pathogène dans les populations d'hôtes et de vecteurs, l'exposition des différents hôtes et la probabilité d'infection. Il est donc essentiel d'analyser les facteurs de risque de la maladie pour éviter son apparition et de prendre des mesures à ce niveau (Artois et al., 2003).

Exemple de maladie -> Nom courant : Fièvre hémorragique de Crimée-Congo
Famille et genre de classification : *Nairoviridae, Orthonairovirus*

Présence en France :

-Absence de détection directe en France métropolitaine mais vecteur (tiques du genre *Hyalomma*) installé sur tout le pourtour méditerranéen depuis une dizaine d'années et en progression (Stachurski and Vial, 2018).

-En France : réactions sérologiques mises en évidence chez des bovins et petits ruminants dans le sud de la France et en Corse, sans que le virus n'ait encore été directement détecté. Séroprévalence en Corse de 9,1% (13,3 bovins, 3,1% chèvres, 2,5% moutons) pas de connaissance du rôle de la faune sauvage française dans l'épidémiologie du virus (Grech-Angelini et al., 2020).

-En août 2016, deux cas humains autochtones à Madrid : les deux premiers cas humains jamais signalés en Europe de l'Ouest (hypothèse de transport de tiques infectées par des oiseaux migrateurs) (Site web de la plateforme ESA, Mercier, 2016).

-En avril et juin 2021 : deux cas humains autochtones en Espagne (Latasa et al., 2020).

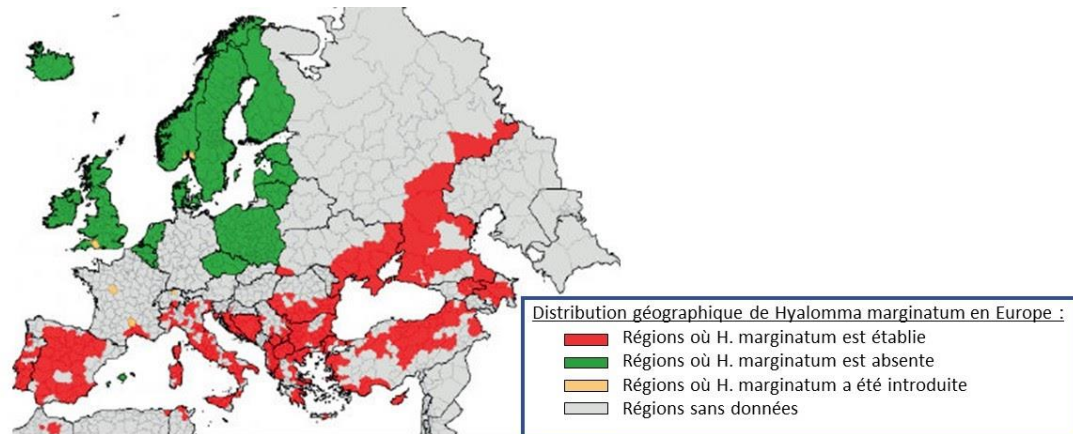


Figure 14 : Distribution géographique de *Hyalomma marginatum* en Europe (ECDC Europa, 2021).

Biologie :

-Espèces sensibles : lièvres, rongeurs, oiseaux, bovins, moutons, chèvres
 Ongulés sauvages réceptifs : non connu chez la faune sauvage française ; cerfs, daims, renards roux, bovins, moutons, sangliers, chevaux, mouflons, chiens (Portillo et al., 2021), mais semble présent chez plusieurs espèces en Catalogne espagnole où des anticorps ont été détectés chez le bouquetin ibérique, le sanglier et le chevreuil (Espunyes et al., 2021).

-Rôle du chevreuil en cours d'étude mais a priori pas majeur (Portillo et al., 2021).

Les animaux semblent essentiellement maintenir la population de tique dans l'environnement.

-Transmission :

Pour les animaux : piqûres de tique *Hyalomma marginatum*, rôle fondamentale de la tique comme vecteur (*) et réservoir (*).

Transmissions multiples du virus chez la tique : verticale, sexuel, par "co-feeding".

Un des "hôtes de nourrissage (*)" majeur de la tique semble être le cheval, animal sentinelle (*) (Stachurski and Vial, 2018).

Pour l'Homme : l'infection est transmise soit par les aérosols (abattoirs, maladies nosocomiales), soit par les piqûres de tiques, soit par contact avec du sang ou des tissus d'animaux infectés (Dreshaj et al., 2016).

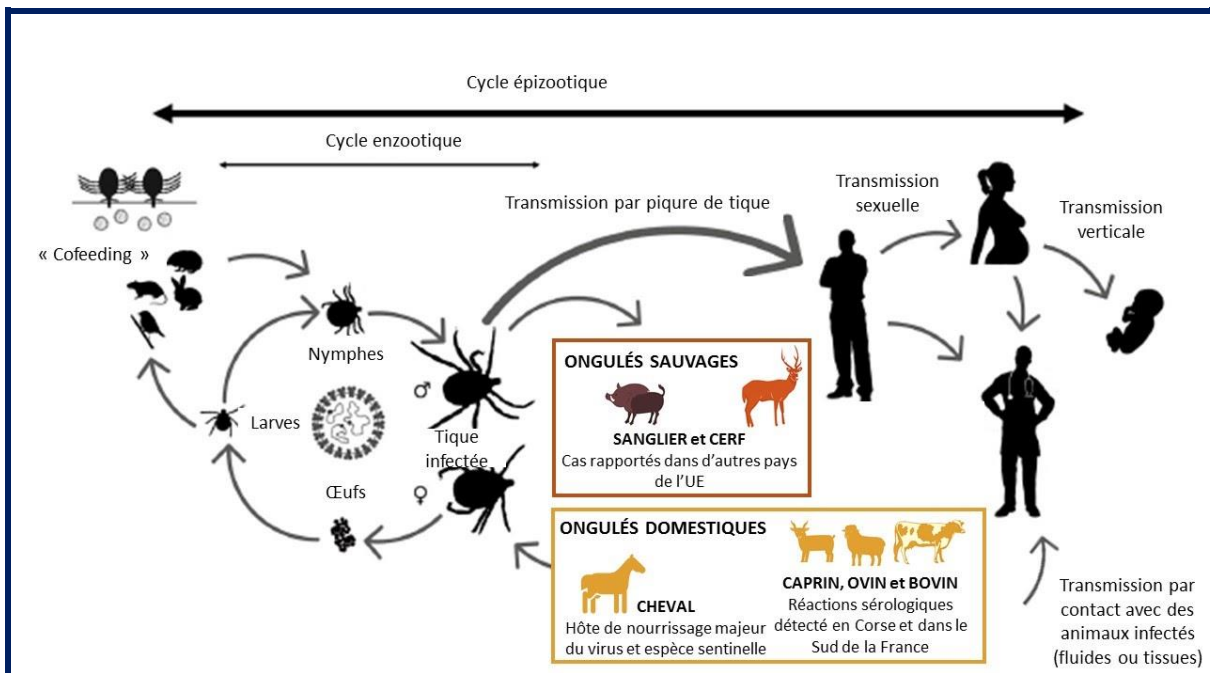


Figure 15 : Transmission du virus de la Fièvre Hémorragique de Crimée-Congo (Portillo et al., 2021).

Importance médico-vétérinaire (Haddad et al., 2020) :

-Chez l’Homme : Gravité +++.

La phase pré-hémorragique dure environ 1 à 7 jours. Elle correspond à un syndrome grippal non spécifique avec fièvre, céphalées, myalgies, troubles digestifs, conjonctivite et hyperhémie du visage, du cou et de la poitrine. La phase hémorragique dure 2 à 3 jours. Elle est caractérisée par l’apparition d’ecchymoses, de pétéchies ou d’hématomes spontanés ainsi que d’épistaxis, d’hémorragies digestives, de ménométrorragies, d’hématuries et d’hémoptysies. Létalité de 10 à 40%.

-Chez les animaux : Gravité –.

Asymptomatique, virémie transitoire sans signe de maladie.

-Chez les ongulés sauvages : non connaissance pour la faune sauvage.

Autres enjeux : Santé Publique (zoonose mortelle).

Facteurs de risque d’émergence (Dreshaj et al., 2016; Portillo et al., 2021; Stachurski and Vial, 2018) :

-Les changements climatiques et environnementaux ont un impact significatif sur la dynamique des populations du vecteur (y compris les changements d’abondance des espèces d’ongulés hôtes de ces tiques).

-Les oiseaux migrateurs sont la cause d’introductions répétées de tiques Hyalomma sp. En Europe, ces tiques peuvent ou non persister selon les conditions météorologiques locales.

-Les facteurs anthropiques tels que des changements dans les activités agricoles et de chasse, le commerce international de bétail.

Compte tenu de la présence de son vecteur, des nombreux animaux qui peuvent lui servir d'hôtes et des paramètres climatiques et écologiques favorables dans les pays méditerranéens, c'est donc une maladie à fort risque d'émergence. Elle fait partie des 10 maladies devant faire l'objet d'un effort prioritaire de recherche selon l'OMS (Mehand et al., 2018).

Moyens de lutte et de prévention (Haddad et al., 2020) :

-Chez l'Homme : Vaccin en cours de développement, éviter les piqûres de tique (port de vêtements couvrants, utilisation de produits répulsifs et le retrait rapide de tiques fixées à la peau) ainsi que l'exposition au sang et aux liquides biologiques des animaux et des humains infectés.

-Chez les animaux de rente et de compagnie : Prévention primaire contre les tiques et précautions lors de l'introduction de bétail sur le territoire français.

Gestionnaire de surveillance de la maladie :

CIRAD : Surveillance de chevaux en Camargue, animaux sentinelles (*) -> Etude de la prévalence du vecteur *Hyalomma marginatum* chez les chevaux en pâtures arbustives ou arborées.

Source permettant l'accès aux données de surveillance : Veille sanitaire internationale (Plateforme ESA).

C. Conséquences multiples des maladies des ongulés sauvages

1. Enjeux liés à l'environnement et la biodiversité des espèces sauvages (Fiche Pestivirose)

« La proximité écologique et phylogénétique entre ongulés sauvages et domestiques est également à l'origine d'un risque de transmission des animaux domestiques vers les ongulés sauvages. C'est, par exemple, le cas des populations de moutons qui peuvent servir de réservoir (*) pour *Mycoplasma conjunctivae*, une maladie oculaire infectieuse qui n'est normalement pas auto-entretenu chez le chamois (Ryser-Degiorgis et al., 2009).

De telles transmissions peuvent avoir des conséquences sévères sur la dynamique des populations d'ongulés sauvages elles-mêmes, comme c'est le cas pour la pestivirose chez l'isard (cf. fiche 5 " Impact démographique des agents pathogènes sur les populations d'ongulés sauvages ") avec des diminutions de populations localement importantes (Gilot-Fromont et al., 2015). Ces baisses peuvent elles-mêmes avoir un impact sur les espèces avec lesquelles les ongulés sauvages sont en interaction, ainsi que sur les activités humaines, comme la chasse dans le cas de l'isard. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 5 - IMPACT DEMOGRAPHIQUE DES AGENTS PATHOGENES SUR LES POPULATIONS D'ONGULES SAUVAGES

Etudier la distribution et les caractéristiques écologiques des espèces sauvages est primordial pour une meilleure compréhension des conséquences des maladies sur la dynamique des populations sauvages. Certaines maladies peuvent avoir un impact important sur la dynamique des populations sauvages, en particulier celles pour lesquelles la létalité est élevée, ce qui affecte le taux de mortalité des hôtes. D'autres maladies ont des conséquences sur les taux de reproduction. Par exemple, pour les maladies abortives chez le chamois, le succès reproducteur annuel est corrélé à la prévalence en anticorps dirigés contre les bactéries abortives *Coxiella*, *Chlamydia* et *Salmonella* (Pioz et al., 2008). Cependant, à ce jour, il n'y a tout simplement pas assez d'informations sur l'impact de la plupart des maladies infectieuses sur la démographie (Garnier, 2016).

Parmi les maladies émergentes (*) de la faune menaçant les grands herbivores, les pestivirus sont des modèles biologiques pertinents d'épizooties (*) causées par la transmission domestique-sauvage et documentés chez de nombreuses espèces, en particulier chez le sanglier et l'isard (Lambert et al., 2018a).

Dans les années 1990, dans les Pyrénées, les populations d'isards connaissent une augmentation de leur effectif. En 1994, le pestivirus est détecté chez les isards, en Ariège, dans le cadre d'un suivi sanitaire. A partir de 2001, des mortalités massives ont été observées dans certaines populations en Espagne, ainsi qu'une diminution d'autres populations, et le pestivirus est alors mis en cause. La pestivirose, endémique (*) dans certaines populations, serait à l'origine d'une baisse de la reproduction et de la survie des jeunes isards, sans signes cliniques évidents observés (Pioz et al., 2007).

Aujourd'hui, dans les populations de l'est de la chaîne pyrénéenne, la circulation du virus varie entre populations et au fil du temps, tandis que certaines populations de l'ouest de la chaîne pyrénéenne n'ont jamais été atteintes (Anses, 2017). Malgré de nombreuses mesures de surveillance et de recherche sur la transmission entre les espèces, aucune solution ne paraît être évidente pour sa gestion.

Exemple de maladie -> Nom courant : Pestivirose de type Border Disease ou Maladie des Frontières ou Aveyronite

Nom latin : Border disease virus, **Famille :** Flaviviridae

Présence en France et distribution géographique : Présence localement dans les Pyrénées

Prévalence : En Ariège, à Orlu, entre 1995 et 2013, 64 % des isards étaient porteurs d'anticorps et 8 % de virus (Gilot-Fromont et al., 2015).

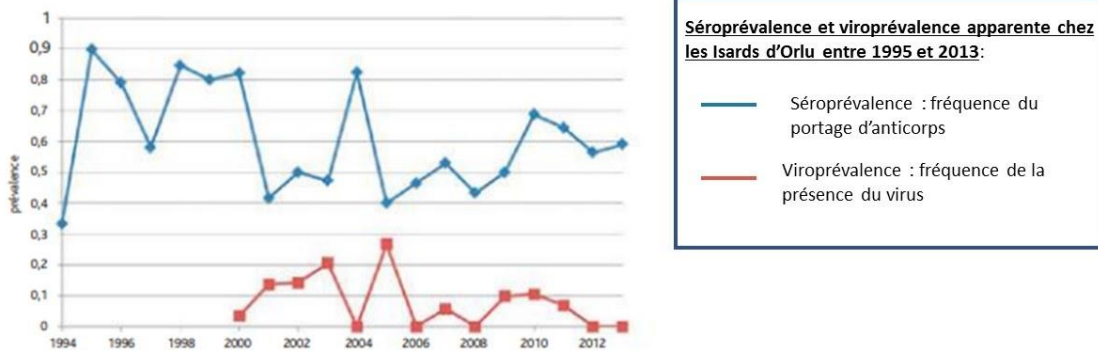


Figure 16 : Séroprévalence et viroprévalence chez les isards d’Orlu en Ariège entre 1995 et 2013 (Gilot-Fromont et al., 2015).

Biologie :

-Espèces sensibles : ovin, bovin (Martin, 2011).

-Ongulés réceptifs : isard, chamois avec un rôle non défini (Colom-Cadena et al., 2018; Pioz et al., 2007).

- Des anticorps contre des pestivirus ont été détectés chez des mouflons et cervidés, sans pouvoir distinguer le virus de la maladie des frontières de celui de la maladie des muqueuses (Anses, 2017).

- La létalité du BDV est très élevée chez les isards (66% des animaux infectés meurent en quelques semaines) mais les individus qui survivent développent une réponse immunitaire humorale persistante, possiblement toute la vie de l’animal infecté (Beaunée et al., 2015).

- La transmission horizontale, par contact direct par voie oro-nasale ou génitale est à l’origine d’infections transitoires, tandis que la transmission verticale cause des avortements, des malformations ou la naissance de cabris infectés permanents immunotolérants IPI (Martin, 2011).

-Transmission entre troupeaux domestiques et Isard : récemment, des souches de groupes génétiques légèrement différents ont été isolées chez les isards et chez les ovins mais les virus ont une origine commune -> Hypothèse d’une transmission des animaux domestiques aux animaux sauvages, à l’origine de l’expansion du virus chez les isards (Colom-Cadena et al., 2018).

-Les données manquent (manque de souches issues des deux espèces) pour confirmer l’existence d’une transmission inter-espèces actuelle. Les populations d’isards qui n’ont pas été atteintes ne sont pas non immunisées face au virus et donc sensibles. L’hypothèse a été émise du développement d’une immunité chez les isards à proximité des troupeaux d’ovins et donc en contact avec le virus, formant une “barrière immunitaire” (Colom-Cadena et al., 2018).

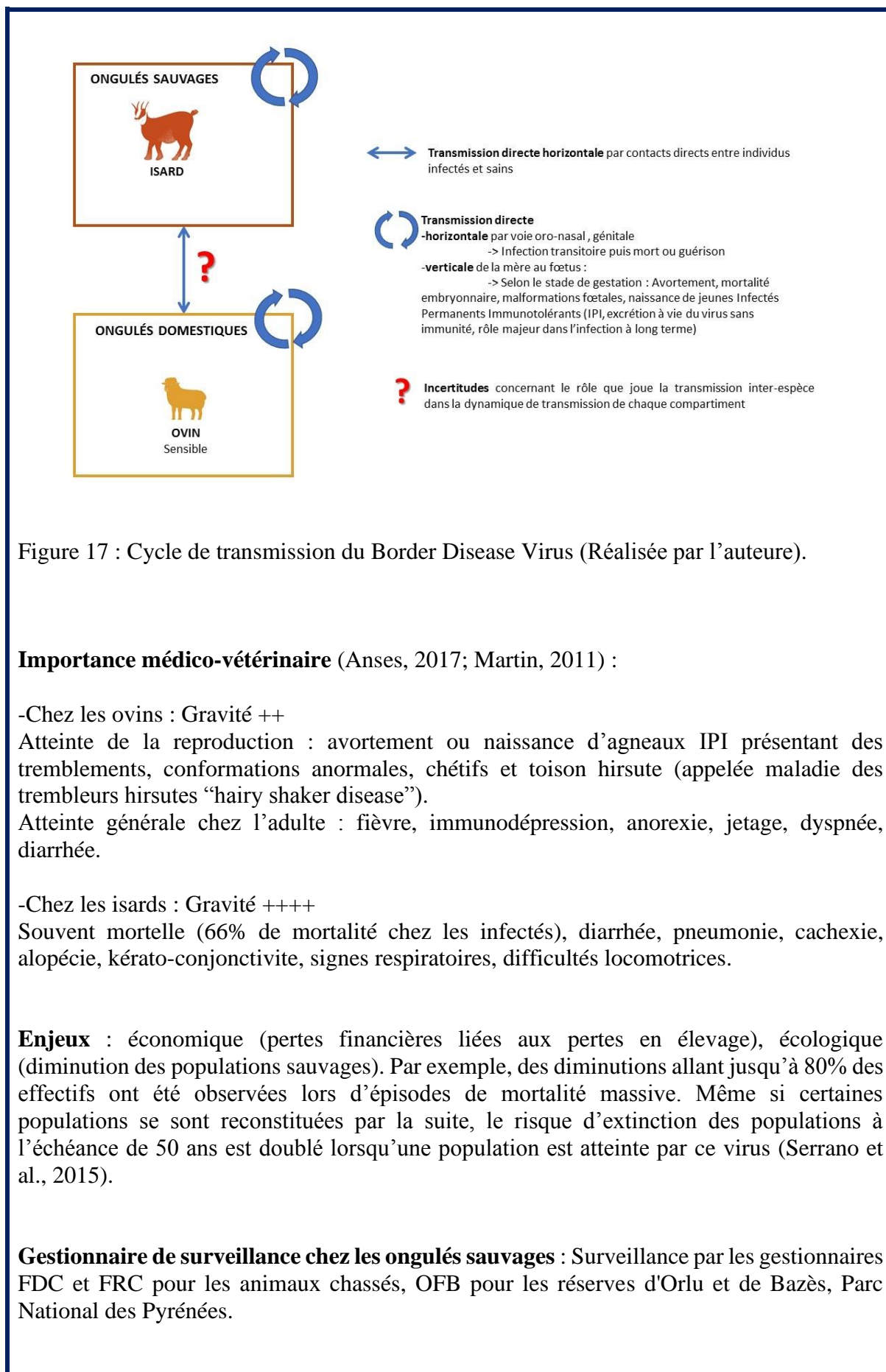


Figure 17 : Cycle de transmission du Border Disease Virus (Réalisée par l'auteure).

Importance médico-vétérinaire (Anses, 2017; Martin, 2011) :

-Chez les ovins : Gravité ++

Atteinte de la reproduction : avortement ou naissance d'agneaux IPI présentant des tremblements, conformations anormales, chétifs et toison hirsute (appelée maladie des trembleurs hirsutes "hairy shaker disease").

Atteinte générale chez l'adulte : fièvre, immunodépression, anorexie, jetage, dyspnée, diarrhée.

-Chez les isards : Gravité +++++

Souvent mortelle (66% de mortalité chez les infectés), diarrhée, pneumonie, cachexie, alopécie, kérato-conjonctivite, signes respiratoires, difficultés locomotrices.

Enjeux : économique (pertes financières liées aux pertes en élevage), écologique (diminution des populations sauvages). Par exemple, des diminutions allant jusqu'à 80% des effectifs ont été observées lors d'épisodes de mortalité massive. Même si certaines populations se sont reconstituées par la suite, le risque d'extinction des populations à l'échéance de 50 ans est doublé lorsqu'une population est atteinte par ce virus (Serrano et al., 2015).

Gestionnaire de surveillance chez les ongulés sauvages : Surveillance par les gestionnaires FDC et FRC pour les animaux chassés, OFB pour les réserves d'Orlu et de Bazès, Parc National des Pyrénées.

Moyens de lutte et de prévention :

-Pour les animaux de rente : Dépistage ovin dans les régions touchées, surveillance des avortements, isolement et élimination précoce des animaux infectés avec désinfection des locaux et vide sanitaire (Anses, 2017).

-Pour les ongulés sauvages : L'éradication du virus n'est pas pertinente, car elle aboutirait à créer des populations sensibles, pouvant être victimes d'épidémies majeures en cas de retour du virus.

Mesures classiques de gestion des épidémies (vaccination, élimination des animaux infectés) : limitées vis-à-vis du coût et de leur faisabilité.

Mesures envisageables : Limitation des contacts entre les populations saines et les populations environnantes atteintes. Lorsqu'une population est touchée, l'arrêt de la chasse limite l'impact de l'infection (Lambert et al., 2018a).

Nécessité d'étudier l'épidémiologie du pestivirus : la fréquence des transmissions inter-espèces, l'impact sur le taux de mortalité, les conséquences sur la reproduction, le statut épidémiologique de nombreuses populations et les modalités de l'évolution du virus sont les domaines dans lesquels les connaissances manquent.

Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les ongulés sauvages : Rapports d'étude/Publications OFB-Anses.

Laboratoire national de référence : Néant.

2. Enjeux consécutifs aux risques sanitaires chez les ongulés sauvages

« Les maladies liées aux ongulés sauvages peuvent présenter différents enjeux de santé publique humaine et vétérinaire, mais aussi d'économie du secteur de l'élevage, des activités de chasse, de la gestion des espaces protégés ainsi que de conservation d'espèces menacées.

En ce qui concerne l'enjeu économique, les coûts sont multiples. Ils peuvent être directs, au niveau des soins, ou indirects. Dans le cas de prévention et de surveillance d'une maladie telle que la tuberculose par exemple, il faut compter les coûts découlant des mesures commerciales imposées aux échanges d'animaux et de produits d'origine animale ainsi que ceux liés aux programmes officiels d'éradication et de prévention (tests des bovins). Pour les seules maladies réglementées des ruminants domestiques en France, une estimation de coût de 88 millions d'euros a été proposée pour l'année 2014. Cette estimation est cependant en-deçà du coût réel car elle n'inclut pas certaines activités de prévention ni l'ensemble des coûts de personnel (Hénaux et al., 2017). De plus, il est difficile d'effectuer un bilan global d'une maladie du fait de la complexité d'évaluer certaines conséquences telles que les coûts immatériels et psychologiques. Par exemple, la perte de confiance des consommateurs impacte le marché agricole et le tourisme. Il est donc nécessaire d'évaluer les bénéfices liés aux mesures d'action,

par rapport au risque sanitaire, en considérant la totalité des enjeux de la maladie. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

II. Leviers d'action sur les risques sanitaires des ongulés sauvages

A. Enjeux liés aux moyens de lutte

1. Mesures de lutte

« Plusieurs leviers d'action peuvent être mis en place pour surveiller, prévenir et contrôler les maladies liées à la faune sauvage et pouvant être transmises aux humains et/ou au bétail.

Les moyens de lutte contre les maladies peuvent être appliqués à différents niveaux de la chaîne de transmission de la maladie en agissant sur les agents pathogènes eux-mêmes, sur les populations d'hôte, sur les vecteurs (*) ou sur l'environnement.

Les outils disponibles incluent des mesures préventives sanitaires (e.g. mise en place de clôtures, utilisation de répulsifs, désinfection, abattage) et médicales (e.g. vaccins et antiparasitaires). Cependant, ces mesures sont souvent difficiles à mettre en œuvre sur le plan logistique dans la faune sauvage. De plus, du fait des incertitudes associées à la surveillance et la gestion d'une maladie chez les animaux sauvages, les conséquences des actions de gestion sont également difficiles à prévoir et à étudier. Ces mesures peuvent avoir des conséquences néfastes telles qu'une atteinte à la biodiversité, l'évolution de la résistance ou des effets non souhaités. Par exemple, pour la brucellose, l'évaluation des bénéfices et des risques de la vaccination des bouquetins, a démontré que les risques, notamment liés à l'excrétion de la bactérie vaccinale, sont plus importants que le bénéfice attendu, celui-ci étant faible compte tenu que seule une petite partie de la population peut être vaccinée (Anses, 2019a). Dans le cas des campagnes d'abattage, l'immigration de nouveaux individus, la dispersion des individus infectés ou l'impact sur la dynamique d'une population densité-dépendante sont difficiles à prévoir et à prévenir, mais peuvent remettre en cause l'efficacité des mesures de lutte mises en œuvre (Prentice et al., 2014).

Une approche globale (Sokolow et al., 2019), qui prend en compte l'ensemble des enjeux et des acteurs (Portier et al. 2019), est indispensable pour trouver une stratégie d'application des mesures de gestion de la maladie qui soit efficace, abordable et durable. Cela implique d'étudier les interactions entre les espèces réceptives à la maladie et leur environnement afin de comprendre le rôle des différents hôtes et des processus de transmission. Les moyens d'action sont ainsi adaptés à l'épidémiologie et visent les barrières de transmission entre les espèces.

Ainsi, il est nécessaire d'adopter des stratégies de gestion des agents de zoonoses cohérentes associées à des mesures pédagogiques pour sensibiliser le public, afin de trouver un équilibre entre les exigences de la protection de la nature, celles de l'économie et celles de la santé publique (Plumb et al., 2007). » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

Exemple de la peste porcine africaine

Au niveau international, les pays conservent leur statut de pays indemne en interdisant l'importation de porcs et de produits porcins. Les déchets alimentaires provenant des avions et des navires doivent être obligatoirement cuits avant d'être incorporés dans l'alimentation des porcs. Face à un foyer de peste porcine africaine dans les pays indemnes, une politique d'éradication est mise en œuvre. L'apparition de souches de faible virulence rend l'éradication difficile. La restriction des mouvements de porcs, la surveillance sérologique des porcs porteurs et la prévention des contacts entre les porcs domestiques et les phacochères ou les tiques sont des mesures de contrôle importantes dans les pays où la maladie est endémique (*). L'éradication des espèces de tiques qui agissent comme vecteurs du virus de la peste porcine africaine est une partie essentielle d'un programme de contrôle (Quinn et al., 2011).

Au niveau des mesures de lutte médicales, un vaccin efficace n'est pas encore disponible (DGAI, 2018a). Les vaccins inactivés n'induisent pas de protection. Bien que les vaccins atténués vivants induisent une protection contre les souches homologues du virus chez certains porcs, une proportion de ces animaux devient porteuse et peut développer des lésions chroniques.

2. Régulation de la transmission de l'agent pathogène impliquant les ongulés sauvages (Fiche maladie de Lyme)

« Les populations d'ongulés sauvages jouent un rôle dans la dynamique de transmission de maladies déjà émergentes en France comme la maladie de Lyme et l'encéphalite à tique (cf. Fiche 6 "Rôle des ongulés sauvages dans la transmission d'agents pathogènes dans un système multi-hôtes"). » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

FICHE 6 - REGULATION DE LA TRANSMISSION DE L'AGENT PATHOGENE IMPLIQUANT LES ONGULES SAUVAGES

Les changements globaux en cours (changement climatique, effondrement de la biodiversité...) liés aux activités humaines (déforestation, modification de l'usage des sols...) peuvent induire des modifications dans la dynamique de transmission des agents pathogènes dont le cycle comporte plusieurs espèces hôtes (Yon et al., 2018).

Bien que notre compréhension de l'écologie des maladies s'améliore, les options pour gérer ou contrôler la propagation chez les hôtes sauvages restent limitées. Les solutions conventionnelles comme l'abattage, la vaccination et la lutte chimique (médicaments, insecticides et désinfectants) peuvent avoir des conséquences néfastes telles qu'une atteinte à la biodiversité, la perturbation du bon fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème, l'évolution de la résistance ou des effets non ciblés. Par ailleurs, elles sont souvent difficiles à mettre en œuvre sur le plan logistique. Dans tous les cas, un préalable à la mise en œuvre de mesures de gestion consiste à étudier les interactions entre les espèces sauvages impliquées dans l'éco-épidémiologie de la maladie dans leur environnement complexe afin

de déterminer le rôle des différentes populations hôtes et comprendre le système multi-hôtes (Sokolow et al., 2019).

Dans le cas de la maladie de Lyme, l'infection de l'Homme par *Borrelia burgdorferi* sensu lato est acquise à partir du réservoir (*) chez les animaux sauvages via un vecteur (*), la tique *Ixodes ricinus*. Les cervidés ne sont pas compétents pour la multiplication de la bactérie mais sont l'hôte de nourrissage (*) principal des stades nymphe et surtout adulte de *Ixodes ricinus* (Mysterud et al., 2014).

Ainsi, on pourrait penser qu'une approche conventionnelle de lutte contre cette zoonose consisterait en une limitation des populations de cervidés afin de limiter la multiplication des vecteurs. En effet, certaines études rapportent que l'augmentation de la densité d'ongulés, même s'ils sont des hôtes incompetents pour cette maladie, est associée à une augmentation de l'abondance des tiques et du risque d'infection chez l'homme, c'est l'effet d'amplification (*) (Mysterud et al., 2019, 2016). Cependant, il apparaît que les cervidés pourraient contribuer à un effet de dilution (*) du pathogène car ils ne multiplient pas les bactéries du genre *Borrelia* dans leur sang (Huang et al., 2019; Keesing et al., 2006). Leur piqûre par les tiques semble contribuer à diminuer la fréquence de tiques infectées par ces bactéries au sein des écosystèmes, réduisant ainsi la propagation de la maladie de Lyme.

Exemple de maladie -> Noms courants : Maladie de Lyme, Borréliose de Lyme
Nom latin : *Borrelia burgdorferi* sensu lato

Présence en France : Présente, c'est la zoonose la plus fréquente actuellement en France.

Prévalence :

-Estimation des cas humains : incidence estimée entre 50 000 et 60 000 cas par an par Santé publique France (sur la base du réseau des médecins sentinelles), possiblement sous-estimée en raison de la fréquence hétérogène des cas selon les régions (et donc de la sensibilisation variable des médecins), des manifestations cliniques très polymorphes et de l'absence de confirmation biologique d'interprétation simple et formelle (Boyard, 2014).

-Estimation du risque pour l'Homme : basée sur l'estimation des densités de tiques et des taux d'infection par *B. burgdorferi* *sl* ou d'*Ixodes ricinus* réalisée dans le cadre de recherche dans certaines régions, pas de surveillance nationale.

Biologie :

-Espèces sensibles : Homme qui est un hôte accidentel (*), chiens.

-Réservoir : différents vertébrés notamment des petits mammifères et des oiseaux.

-Ongulés réceptifs : cerfs et chevreuils sont non compétents. Ils ne multiplient pas *Borrelia* (compétence nulle en tant que réservoir) - mais contribuent efficacement à multiplier le vecteur (compétence forte en tant qu'hôte de nourrissage (*)) pour la tique *Ixodes ricinus*, le vecteur de la Borréliose) (Mysterud et al., 2019, 2014).

-Transmission par piqûre de tique, du genre *Ixodes* (Jaenson and Tälleklint, 1992).

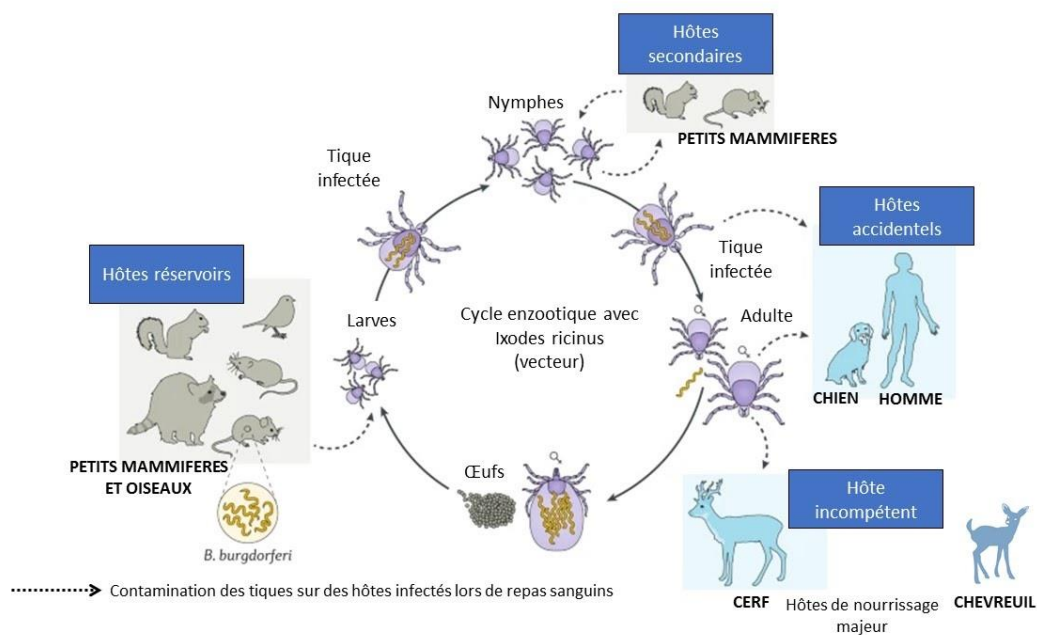


Figure 18 : Cycle de transmission du vecteur *Ixodes* et de *Borrelia burgdorferi* sl (Kurokawa et al., 2020).

Importance médico-vétérinaire (Haddad et al., 2020) :

-Chez l'homme : Gravité +++ (si non traité rapidement).

Présence d'un érythème migrant, pathognomonique mais non systématique. En l'absence de traitement, la maladie évolue vers différentes formes (de l'arthrite, des signes neurologiques tels que de l'engourdissement, des douleurs insomniantes, de la paralysie des muscles faciaux ou des membres...). Parfois des cas de méningites, plus rarement rythme cardiaque irrégulier ou encore atteintes hépatiques ou oculaires. Rarement mortelle.

-Chez les animaux domestiques : Gravité + à +++.

Généralement asymptomatique ; chez le chien : boiterie, fièvre, fatigue, troubles neurologiques, cardiaques, rénaux.

-Chez les ongulés sauvages : Gravité 0

Non réceptif. En revanche, les ongulés sauvages jouent un rôle important comme hôte de nourrissage (*) pour le principal vecteur de la maladie.

Enjeux : Santé publique (1ère zoonose en France, caractère possiblement émergent et gravité potentielle).

Moyens de lutte et de prévention (Cosson, 2019) :

- Pour l'Homme : prévention contre les tiques (utilisation de répulsif, port de vêtements couvrants), inspection corporelle et détiqage précoce, traitement antibiotique en cas de diagnostic de maladie de Lyme (notamment d'érythème migrant).

Aux USA : expérience de diminution des populations de tiques via traitement des cervidés avec des acaricides.

Illustration du rôle des cervidés dans l'épidémiologie de la maladie de Lyme via des expériences d'exclusion ou d'éradication.

-Pour les animaux de rente et de compagnie : prévention contre les tiques (acaricides), vaccination chez le chien.

Sources permettant l'accès aux données de surveillance chez les Ongulés Sauvages : pas de surveillance nationale chez les Ongulés Sauvages, *programme de recherche en cours sur le chevreuil comme outil d'épidémiosurveillance pour la maladie de Lyme (doctorant ELIZ, co-encadrants INRAE et CNRS).*

B. Enjeux majeur de la surveillance épidémiologique

1. Collaboration nationale et internationale

« Plusieurs organismes français travaillent dans la surveillance de la faune sauvage. L'OFB mène des missions de suivi et d'aide à la gestion des risques sanitaires des populations sauvages. L'Anses, agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, peut notamment être saisie pour analyser le rôle de la faune sauvage dans la circulation des maladies animales. Indépendamment de l'activité d'expertise de l'agence, cet établissement s'appuie également sur un réseau de laboratoires de référence (nationaux et internationaux incluant des laboratoires de l'Anses et un laboratoire du CIRAD) et de recherche qui exercent leurs activités notamment en santé animale et contribuent à la surveillance, l'épidémiologie et la gestion des agents pathogènes chez les animaux sauvages. Le réseau SAGIR (réseau national d'épidémiosurveillance de la faune sauvage) est un réseau participatif qui implique différents utilisateurs des espaces sauvages en particulier l'OFB et les fédérations nationales et départementales des chasseurs. Les animaux sauvages trouvés morts ou mourants sont transportés, par des personnes qui disposent d'une autorisation du Ministère de la Transition Écologique, jusqu'à un Laboratoire Départemental d'Analyses Vétérinaires. Il permet de recenser les anomalies pathologiques et les mortalités anormales, d'alerter et de mettre en œuvre des enquêtes spécifiques chez une ou plusieurs espèces. Si des maladies spécifiques sont suspectées, des analyses complémentaires sont réalisées dans les laboratoires nationaux de référence de ces maladies.

La surveillance sanitaire générale des populations sauvages est principalement basée sur une surveillance événementielle dans le cadre du réseau SAGIR et, pour les espèces chassables, de

l'examen de la venaison. En complément, des actions de surveillance programmée (avec un plan d'échantillonnage et prélèvements de matières biologiques spécifiques) peuvent être mises en œuvre à l'initiative de l'Etat ou d'organismes locaux pour le suivi dans certaines populations d'ongulés sauvages de certaines maladies réglementées (e.g. fièvre catarrhale ovine), à prophylaxie engagée (e.g. pestivirus) ou prochaine (e.g. paratuberculose) des animaux de rente, abortives (e.g. fièvre Q), zoonotiques (e.g. brucellose, Gourreau et al., 2014) ou émergentes (*) (e.g. virus de Schmallerberg). Pour les maladies d'importance majeure, des dispositifs de surveillance spécifique sont mis en place. Le dispositif Sylvatub de surveillance de la tuberculose dans la faune sauvage est actuellement le dispositif de ce type le plus établi. Combinant surveillance événementielle (recherche de lésions lors de l'examen de carcasse) et programmée (dans les zones de foyers bovins), il permet de suivre l'évolution de la circulation de l'agent pathogène responsable de la tuberculose bovine (*Mycobacterium bovis*) sur le territoire métropolitain, en fonction des niveaux de risque local (cf. Fiche 7 "Surveillance des ongulés sauvages pour la prévention de maladies dans les troupeaux domestiques").

En termes de suivi des espèces chassables telles que le chevreuil, le cerf ou le sanglier, des examens de carcasses sont réalisés par les chasseurs formés à la reconnaissance. Cet examen de carcasse, qualifié alors d'examen initial de la venaison, est obligatoire dès lors que la viande issue de la chasse est commercialisée ou consommée lors de repas de chasse. Dans ce cadre, un dépistage systématique chez les sangliers du parasite responsable de la trichine doit être réalisé.

Le site internet de la plateforme ESA (Plateforme nationale d'épidémiologie en santé animale) permet l'accès, en ligne, à la situation sanitaire actualisée en France de certaines de ces maladies à enjeux spécifiques, comme la tuberculose bovine. Une veille sanitaire internationale est également mise en place dans le cadre de cette plateforme. La plateforme ESA s'intéresse à tout danger sanitaire ayant ou pouvant avoir un impact sur la santé animale et la santé publique (zoonoses) et pour lequel une surveillance est souhaitable ou requise chez les animaux, au niveau national. Réunissant acteurs publics (Etat, organismes scientifiques, laboratoires d'analyses) et privés (organismes représentant les éleveurs, les vétérinaires, les chasseurs), son objectif est d'améliorer l'efficacité de la surveillance en santé animale pour permettre une lutte efficace. Ses activités s'organisent autour de groupes de travail, mobilisant des experts scientifiques et techniques (appartenant à des organismes membres ou non de la plateforme) et ayant une connaissance des filières, des contraintes et enjeux des parties prenantes, qui suivent thématiques par thématiques les dangers sanitaires d'importance, dont ceux impliquant les ongulés sauvages. » (Texte de C. Fligny, extrait de M. Bison et al., 2021)

2. Dispositif de surveillance de la faune sauvage (Fiche Tuberculose)

FICHE 7 : SURVEILLANCE DES ONGULÉS SAUVAGES POUR LE CONTRÔLE DE MALADIES DANS LES TROUPEAUX DOMESTIQUES

Pour les maladies transmissibles entre ongulés sauvages et domestiques, l'épidémiologie dans la faune sauvage permet de mesurer et de gérer le risque de transmission à l'interface domestique-sauvage. Cette surveillance est primordiale pour la

gestion de maladies multi-hôtes, impactant l'Homme mais aussi les animaux de rente et de compagnie.

Dans le cas de la **Tuberculose Bovine (TB)**, **zoonose à enjeux sanitaires (en santé publique et en santé animale) et économiques**, pouvant impliquer de nombreux hôtes, un dispositif national nommé **Sylvatub**, créé en septembre 2011, met en œuvre des mesures de surveillance dans la faune sauvage française. Cette surveillance est basée sur le risque local d'infection par la TB et les mesures sont mises en œuvre en fonction de ce **niveau de risque** (Payne, 2014). Le **réservoir (*) principal** de la TB est constitué par les **bovins**. Des programmes d'éradication en élevage ont ainsi été mis en place. Dans les zones de foyers bovins, la transmission de *Mycobacterium bovis*, agent principal de la TB, à la faune sauvage est observée. Dans certains cas, on suspecte une transmission des animaux sauvages aux bovins. Il est donc nécessaire de **surveiller les populations d'animaux sauvages** afin d'évaluer leur rôle dans la circulation de l'agent pathogène et les risques de transmission. Les mesures de gestion sont ensuite adaptées en fonction des résultats de cette surveillance.

Exemple de maladie -> Nom courant : Tuberculose Bovine

Nom latin : *Mycobacterium bovis*

Présence en France et localisation :

- Chez les bovins : présente localement, de manière sporadique ou enzootique (notamment dans plusieurs départements de Nouvelle Aquitaine), mais la France est officiellement indemne pour les cheptels (car prévalence troupeau nationale inférieure à 0,1%).

- Chez les ongulés sauvages : présente localement chez les sangliers et parfois les cervidés dans les zones de foyers bovins (principalement en Nouvelle Aquitaine).

Données descriptives :

- Chez l'homme : En France, en 2017, 1,6% soit 23 cas/1487 des souches tuberculeuses du complexe *M. tuberculosis* identifiées et isolées chez l'Homme par le Centre National de Référence des Mycobactéries appartenaient à l'espèce *M. bovis* (tuberculose "zoonotique" rare dans les pays industrialisés) (Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux (CNR-MyRMA), 2019).

- Chez les animaux domestiques : En France, en 2019 : 92 foyers bovins de tuberculose bovine (DGAI, 2018b).

- Dans la faune sauvage : En France, uniquement dans les régions concernées par la tuberculose chez les bovins, entre 2012 et 2016 et selon la méthode d'analyse (bactériologique jusqu'à 2014, PCR ensuite), 1,5 % à 5,7 % des sangliers testés étaient infectés par *M. bovis*, de même que 2,5 à 6,5% des blaireaux. Chez les cerfs et les chevreuils, entre 2012 et 2016, quelques cas sporadiques (*) rapportés (rôle épidémiologique mineur) (Desvaux et al., 2017).

Biologie de l'agent pathogène :

-Espèces sensibles : Homme, bovins (principal réservoir en France), ovins, caprins, blaireaux, renards, autres carnivores domestiques (chiens, chats) et sauvages (autres mustélidés par exemple) (Crozet et al., 2021).

-Ongulés sauvages réceptifs : Cerfs, sangliers, daims, chevreuils qui sont des hôtes de liaison (*).

Chevreuil : peu exposé du fait de son régime alimentaire (brouteur sélectif) et de son comportement (moins grégaire que les autres ongulés) (Lambert et al., 2017).

Sanglier : par sa forte exposition (régime alimentaire), sa grande réceptivité et sa forte abondance, le sanglier apparaît comme un indicateur sensible de la circulation de *M. bovis* dans l'écosystème. En France, en zone infectée, il est considéré comme hôte de liaison (*) au sein de la communauté d'hôtes, capable de jouer un rôle dans l'extension géographique de la maladie en connectant épidémiologiquement différentes populations de blaireaux éloignées spatialement (Anses, 2019b).

Cerf : la prévalence d'infection peut atteindre des valeurs très élevées, il développe plus souvent que le sanglier des formes évolutives de la maladie laissant supposer une forte excrétion bactérienne (Zanella et al., 2008).

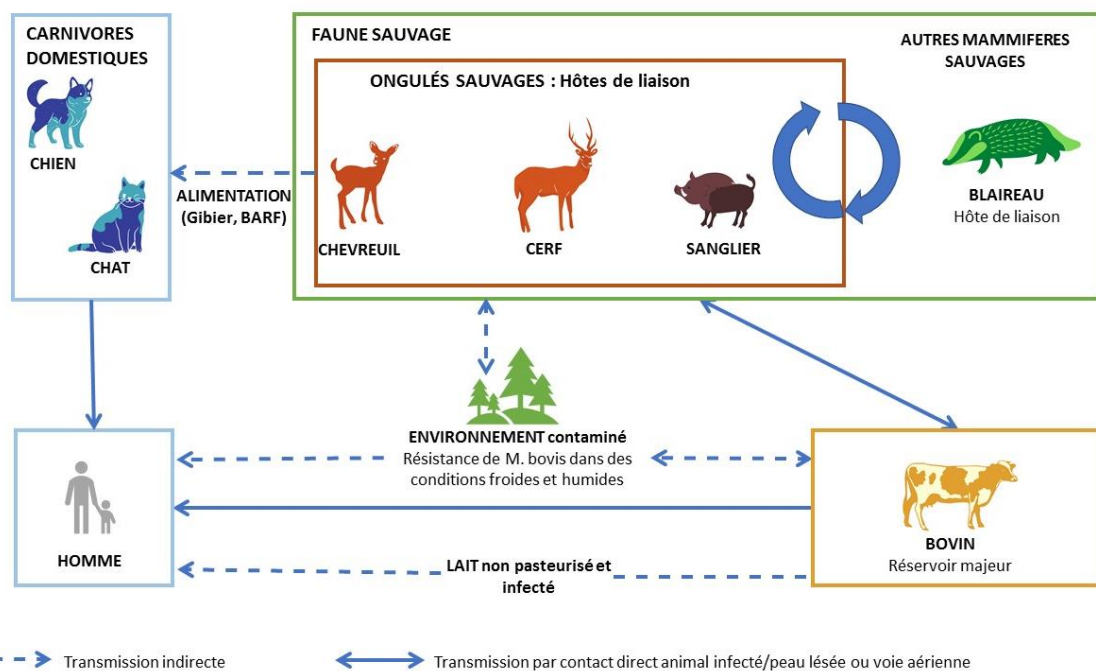


Figure 19 : Voies de transmission de *Mycobacterium bovis* en France métropolitaine (Réalisée par l'auteure).

Importance médico-vétérinaire :

-Chez l'Homme : les symptômes et la gravité sont fonction du mode de contamination (respiratoire, digestif ou cutané) et variable selon les individus. Forme pulmonaire (toux, fièvre, amaigrissement) ou extra-pulmonaire (ulcère cutané, lymphadénite) ; maladie d'évolution lente possiblement mortelle (Crozet et al., 2021).

-Chez les animaux de rente / animaux de compagnie : maladie subaiguë ou chronique, avec faiblesse, perte d'appétit, fièvre irrégulière, amaigrissement, dyspnée, diarrhée, diminution de production laitière (Crozet et al., 2021).

-Chez les ongulés sauvages : diagnostic clinique difficile car les signes sont peu visibles en dehors des stades avancés de l'infection (amaigrissement progressif) ; lors de l'examen nécropsique, suspicion reposant sur l'observation de lésions d'hypertrophie ou d'abcès au niveau des nœuds lymphatiques et des organes internes (poumon, foie). Ce développement de lésions est variable selon les espèces et les individus.

Sanglier : souvent porteur asymptomatique avec des lésions microscopiques au niveau des nœuds lymphatiques de type caséo-calcaire.

Cerf et chevreuil : dyspnée, diarrhée associée à des abcès digestifs et poumons ; amaigrissement progressif.

Autres enjeux de la maladie :

-Santé publique humaine (zoonose).

-Santé publique vétérinaire (élevage bovin, petits ruminants, aliments crus pour chiens et chats (O'Halloran et al., 2021).

-Risque d'antibiorésistance en médecine humaine (interdiction de traiter en médecine vétérinaire).

-Économique (pertes financières sur les viandes saisies en abattoirs et le lait, impact sur le commerce et les exportations, indemnisation des animaux abattus dans les cheptels touchés).

Moyens de lutte et de prévention :

-Chez l'Homme : précaution lors de la manipulation, de la préparation et de la consommation de gibier.

- Chez les animaux de rente : plan national de lutte contre la tuberculose bovine incluant une surveillance avec dépistage en élevage et à l'abattoir, un contrôle aux frontières et importation de bovins de cheptels indemnes, un contrôle à l'introduction dans les cheptels, la maîtrise du risque de voisinage (gestion des pâtures, mesures de biosécurité) et de résurgence (surveillance rapprochée des élevages antérieurement reconnu infestés).

- Chez les animaux sauvages : dépistage lors de l'examen initial de la venaison, surveillance événementielle et programmée dans le cadre du réseau Sylvatub.

Gestionnaire de la surveillance de la maladie chez les ongulés sauvages : Ministère en charge de l'agriculture - DGAl (Direction générale de l'alimentation) avec un dispositif dédié à la surveillance nationale dans la faune sauvage, Sylvatub, géré par l'OFB.

Classification du niveau de surveillance à l'échelle locale chez les ongulés sauvages :

Le réseau Sylvatub définit trois niveaux de surveillance selon les départements (DGAI, 2018b).

-**Niveau 3** : appliqué dans les départements dans lesquels ont été mis en évidence des foyers bovins et l'infection d'animaux sauvages.

-**Niveau 2** : appliqué aux départements présentant au moins un foyer sporadique en élevage (bovins, espèces de la faune sauvage ou porcs plein air) considéré comme à risque sans toutefois de cas (ou autres cas) avéré dans la faune sauvage. L'objectif de la surveillance autour de ces foyers est d'explorer localement la présence - ou non - de TB dans la faune sauvage.

-**Niveau 1** : appliqué sur l'ensemble du reste du territoire où il n'y a pas de facteur de risque particulier vis-à-vis de la faune sauvage.

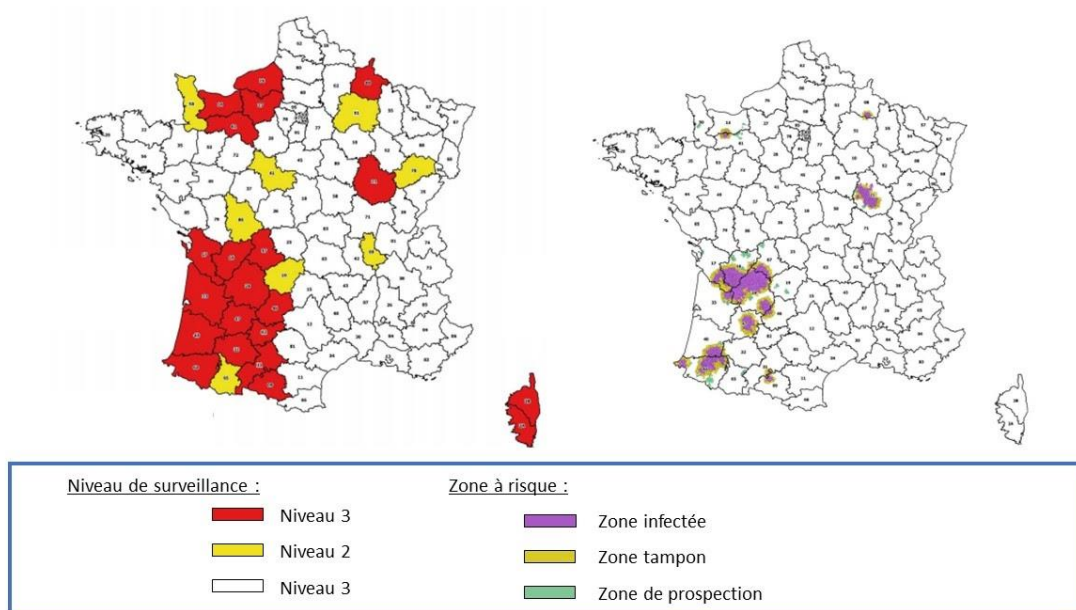


Figure 20 : Niveaux de surveillance et les zones à risque de la tuberculose bovine du réseau Sylvatub en Mars 2021 (Plateforme ESA, 2021, 'Niveau de surveillance Sylvatub, Actualisation du 01 mars 2021').

Définition officielle des cas (pour la faune sauvage) :

-**Cas suspect** : présence d'abcès interne, résultats de PCR ou culture positifs dans un des laboratoires départementaux agréés.

-**Cas confirmés** : culture et/ou PCR confirmés par le Laboratoire National de Référence.

Surveillance mis en place chez les ongulés (Anses, 2011; DGAI, 2018b) :

-Surveillance événementielle dans tous les départements (Niveaux 1, 2, 3) :

-> Examen de la venaison du grand gibier (cervidés, sangliers) soumis à un plan de chasse : Recherche de lésions suspectes (abcès, nœuds lymphatiques anormaux) sur les carcasses de cervidés et sangliers par des chasseurs formés à l'examen de carcasse. Toute suspicion conduit au renseignement d'une fiche d'accompagnement du gibier, à l'appel d'un référent chargé de valider la suspicion et de prendre en charge la carcasse et/ou les prélèvements à destination du laboratoire départemental le plus proche.

-> Surveillance des sangliers et cervidés prélevés dans le cadre du réseau SAGIR : Surveillance événementielle dans le cadre du fonctionnement normal du réseau SAGIR appliquée sur tout territoire national. Le réseau SAGIR (ONCFS/FNC/FDC) assure une surveillance événementielle généraliste et diagnostique les causes de mortalité de la faune sauvage. Ainsi, il détecte l'apparition de maladies (nouvelles ou non) provoquant de la mortalité dans la faune sauvage et décrit les processus morbides et épidémiologiques associés.

-Surveillance événementielle renforcée (SER) = SAGIR renforcé (Niveaux 2, 3) :

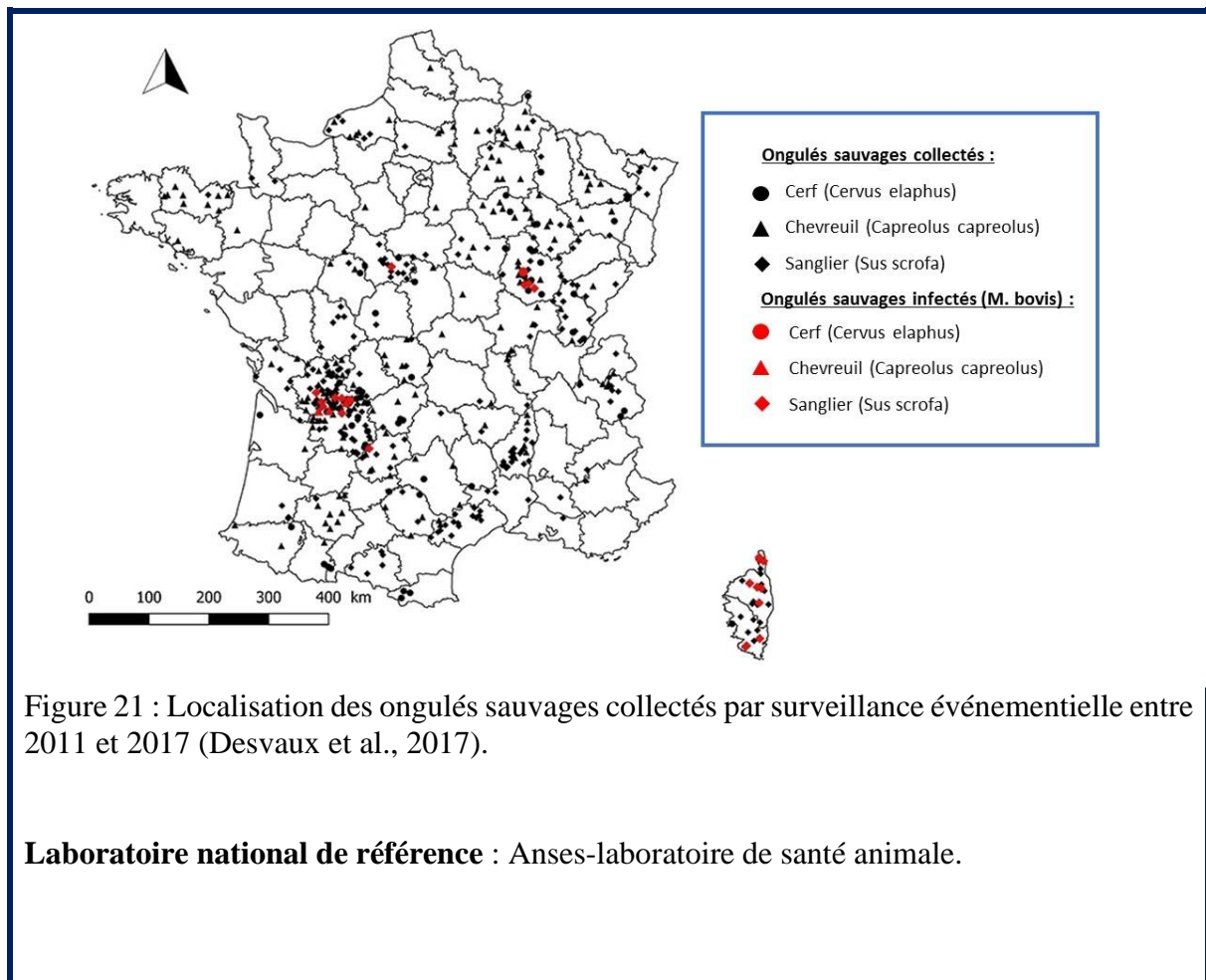
-> Surveillance renforcée des cervidés et sangliers prélevés par SAGIR : Renforcement du réseau SAGIR, recherche systématique de tuberculose sur tous les cadavres SAGIR collectés avec sensibilisation des acteurs de terrain pour collecter davantage d'animaux.

-Surveillance programmée (SP) en fonction de la situation (Niveau 3) :

-> Surveillance active de la tuberculose chez les sangliers : Lorsqu'une contamination de la faune sauvage a déjà été mise en évidence, une surveillance est mise en œuvre pour suivre l'évolution de la contamination parallèlement à la mise en œuvre de mesures de gestions spécifiques. Dans les zones infectées, une surveillance programmée des sangliers par sérologie sur une zone plus étendue est mise en œuvre (ainsi que, pour mémoire, un programme de surveillance active des blaireaux pendant plusieurs années).

Source permettant l'accès aux données de surveillance : Site web de la plateforme ESA (Plateforme ESA, 2021), article scientifique relatant les résultats de la surveillance (Réveillaud et al., 2018).

Résultats des surveillances : Localisation des ongulés sauvages collectés et infectés par la surveillance événementielle de 2011 à 2017 en France métropolitaine et en Corse (Réveillaud et al., 2018).



C. Discussion sur les enjeux des risques sanitaires relatifs aux ongulés sauvages

1. Bilan sur les enjeux des risques sanitaires chez les ongulés sauvages en France métropolitaine

Sept enjeux majeurs concernant les risques sanitaires relatifs aux ongulés sauvages ont été présentés. La figure 22 présente les enjeux liés aux risques sanitaires des ongulés sauvages ainsi que les leviers d’actions. Nous pouvons constater que les enjeux sont connectés les uns aux autres via les interactions entre les populations sauvages et domestiques, l’homme et l’environnement.

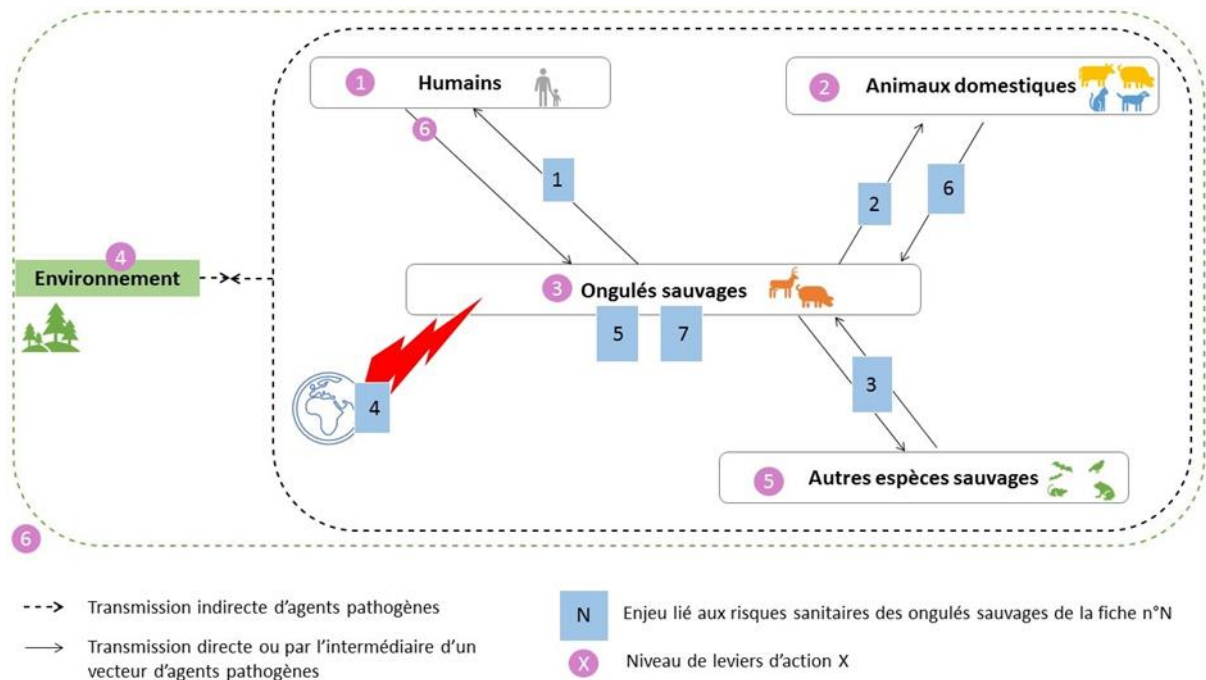


Figure 22 : Schéma bilan des enjeux liés aux risques sanitaires et leviers d'action des ongulés sauvages (réalisée par l'auteure).

Enjeux liés aux risques sanitaires :

Fiche 1 : Contamination des humains par la manipulation et la consommation d'animaux sauvages, en particulier de gibier, à l'origine de zoonose (hépatite E)

Fiche 2 : Ongulés sauvages constituant un réservoir vis-à-vis des animaux d'élevage et de compagnie (maladie d'Aujeszky)

Fiche 3 : Risque de création d'un réservoir par transmission de l'agent pathogène des troupeaux d'ongulés domestiques aux ongulés sauvages (brucellose)

Fiche 4 : Risque d'une émergence en France (fièvre hémorragique de Crimée-Congo)

Fiche 5 : Impact démographique des agents pathogènes sur les populations d'ongulés sauvages (pestivirose)

Fiche 6 : Rôle des ongulés sauvages dans la transmission d'agents pathogènes dans un système multi-hôtes (maladie de Lyme)

Fiche 7 : Surveillance des ongulés sauvages pour la prévention de maladies dans les troupeaux domestiques (tuberculose)

Leviers d'action :

1 - Au niveau des humains : Campagnes de prévention, prévention sanitaire (contrôle, cuisson de la viande) et médicale (vaccins), traitement

2 - Au niveau des animaux domestiques : Prévention sanitaire (contrôles réguliers, mesures de biosécurité) et médicale (vaccins, antiparasitaires), traitement, abattage

3 - Au niveau des ongulés sauvages : Vaccination des réservoirs, battues administratives

4 - Au niveau de l'environnement/milieu : Modification des ressources et de l'habitat des vecteurs ou des hôtes intermédiaires

5 - Au niveau de la faune sauvage : Prévention sanitaire et mesures de biosécurité (gestion des cadavres)

+ Au niveau des interfaces entre chaque niveau : Désinsectisation, désinfection du matériel, mesures de biosécurité et plans de gestion pastorale (durée de l'estive, gardiennage, clôtures)

6 - A l'échelle globale : Surveillance épidémiologique, gestion des populations

2. Messages clés et perspectives du rapport et du volet sanitaire

Messages clés et perspectives du rapport

Dans le bilan du rapport sur les ongulés sauvages (Bison et al., 2021), l'auteure met en évidence le besoin d'accessibilité et de centralisation nationale des données concernant les services et les contraintes liés aux ongulés sauvages pour mieux comprendre le rôle des ongulés dans les écosystèmes et la dynamique de leur population.

Des études scientifiques des populations d'ongulés sauvages sur le long terme doivent être réalisées, en prenant en compte différents facteurs dont le changement climatique. En effet, l'évaluation des services et des contraintes nécessite davantage de connaissances sur ces espèces pour prendre des décisions de gestion. Les études doivent être pluridisciplinaires pour analyser dans la globalité les enjeux liés à ces espèces. De la même manière que l'écriture de ce rapport, les mesures de gestion nécessitent des interactions entre les acteurs spécialisés dans la faune sauvage.

Messages clés et perspectives du volet sanitaire

Lors de la dernière réunion du volet sanitaire, le groupe de travail a conclu sur les différents messages clés à transmettre au Ministère de la Transition Ecologique concernant les risques sanitaires chez les ongulés sauvages.

Manque de connaissance pour certaines maladies

Les connaissances sur le statut sanitaire et le rôle épidémiologique des espèces sauvages, dont les ongulés, sont parcellaires pour certaines maladies qui représentent pourtant un enjeu sanitaire fort. Pour la maladie d'Aujeszky, les données sont ponctuelles. « On peut constater le niveau de connaissance réduit pour les agents pathogènes touchant uniquement la faune sauvage, sans enjeu direct pour l'Homme ou les animaux domestiques. Pour la besnoitiose ou la néosporose, il existe de fortes incertitudes concernant le rôle des ongulés sauvages dans l'épidémiologie des maladies, liées au manque de moyens mis en œuvre pour leurs études et au caractère récent de l'émergence des questions liées à ces maladies y compris chez les animaux domestiques.

Afin de réduire les risques sanitaires liés aux ongulés sauvages, il est nécessaire que les enquêtes épidémiologiques et écologiques soient planifiées rigoureusement et menées en continu. Renforcer les connaissances fondamentales en matière de suivi des populations touchées permettrait de mieux comprendre la circulation des agents pathogènes localement. L'objectif serait de coupler les informations sanitaires et démographiques concernant les domaines vitaux, la sélection d'habitat et la démographie. Cela permettrait d'augmenter l'efficacité des actions de gestion. »

Accessibilité et centralisation des informations relatives aux risques sanitaires

Les experts du volet sanitaire ont exprimé le besoin de création et d'enrichissement des bases de données sur la santé de la faune sauvage, en particulier pour les animaux chassés et la saisie informatique des fiches d'examen initial du gibier.

De plus, il faut garantir l'accès aux informations sanitaires de la faune sauvage pour le grand public. La sensibilisation et l'éducation du public, de tout âge confondu, sont essentiels pour prévenir les risques sanitaires.

Perspectives de surveillance, d'évaluation et de gestion des populations sauvages

Dans le cadre de la mise en œuvre de la loi santé animale, la surveillance de la faune sauvage va être renforcée. Ce renforcement nécessite de mobiliser, former et financer les réseaux de surveillance, de sensibilisation et d'analyses. Il faut organiser la surveillance en fonction des maladies, des espèces et de leur statut, impliquant différents organismes. Il est également nécessaire de prévoir et d'organiser des plans de lutte afin d'anticiper les crises sanitaires.

Les mesures de prévention et de lutte contre les agents pathogènes dans la faune sauvage doivent être évaluées à posteriori sur leur efficacité et leur conséquence secondaire. Il faut considérer également la dimension éthique, sociale et économique.

Il faut également questionner les acteurs du milieu rural dont les éleveurs vis-à-vis de la mise en place des mesures de biosécurité.

CONCLUSION

En France métropolitaine, il existe onze espèces d'ongulés sauvages, dont les aires de distribution sont vastes et s'étendent au-delà des aires protégées. Du fait de la forte activité humaine, il existe une grande diversité d'interactions potentielles entre les ongulés sauvages, les animaux domestiques et les humains. Ces interactions peuvent être qualifiées de service, lorsqu'elles ont une valeur positive, telle que la chasse, ou, au contraire, de contrainte, tels que les collisions routières ou les dégâts agricoles.

Un rapport a donc été piloté par le Laboratoire d'Ecologie Alpine à la demande du Ministère de la Transition Ecologique sur les services et les contraintes liés aux ongulés sauvages. L'objectif est de rassembler et d'étudier l'ensemble des connaissances ainsi que les lacunes relatives à ce sujet. Cette thèse s'inscrit dans la partie sanitaire du rapport en identifiant les enjeux sanitaires liés aux ongulés sauvages. Pour identifier ces enjeux, les maladies susceptibles d'avoir un impact chez les ongulés sauvages, l'homme ou les animaux domestiques ont été recensées. Cette liste de maladies a permis de mettre en évidence les principaux enjeux sanitaires liés aux ongulés sauvages, aboutissant à des services ou à des contraintes sanitaires, et de les illustrer par des exemples.

Les ongulés sauvages sont tout d'abord porteurs d'agents pathogènes pouvant potentiellement avoir un impact démographique sur leurs populations, donc un enjeu en termes de conservation de la biodiversité (illustré par la pestivirose). Ces agents pathogènes peuvent aussi être partagés avec les animaux domestiques et l'homme, avec lesquels les échanges sont favorisés par la pression anthropique sur l'environnement. Ce constat permet d'identifier les contraintes suivantes : la contamination des humains par la manipulation et la consommation de gibier (illustré par l'hépatite E), la transmission de pathogènes des ongulés sauvages vers les animaux domestiques (illustré par la maladie d'Aujeszky), le rôle épidémiologique des ongulés au sein des systèmes multi-hôtes (illustré par la maladie de Lyme) et la transmission d'agents pathogènes des animaux domestiques vers les ongulés sauvages, à l'origine de la création d'un réservoir (illustré par la brucellose). Le dérèglement climatique participe à l'émergence de maladies dans la faune sauvage. Ainsi, le risque d'émergence dans les populations d'ongulés sauvages est un enjeu sanitaire majeur (illustré par la fièvre de Crimée Congo). Enfin, la surveillance sanitaire des ongulés sauvages est un enjeu de service pour la prévention de certaines maladies transmissibles aux espèces domestiques et aux humains et pour la préservation des populations sauvages (illustré par la tuberculose).

Il existe de fortes incertitudes concernant le rôle des ongulés sauvages dans l'épidémiologie de certaines maladies et les mécanismes de transmission des agents pathogènes sont en constante évolution. Il est donc nécessaire d'étudier ces maladies et leur modalité de transmission pour améliorer l'efficacité des actions de gestion.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbas, F., Merlet, J., Morellet, N., Verheyden, H., Hewison, A.J.M., Cargnelutti, B., Angibault, J.M., Picot, D., Rames, J.L., Lourtet, B., Aulagnier, S., Daufresne, T., 2012. Roe deer may markedly alter forest nitrogen and phosphorus budgets across Europe. *Oikos* 121, 1271–1278. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20103.x>
- AEEMA, n.d. Association pour l'Etude de l'Epidémiologie des Maladies Animales, de l'école nationale vétérinaire d'Alfort <http://aeema.vet-alfort.fr/>.
- Altizer, S., Nunn, C.L., Thrall, P.H., Gittleman, J.L., Antonovics, J., Cunningham, A.A., Dobson, A.P., Ezenwa, V., Jones, K.E., Pedersen, A.B., Poss, M., Pulliam, J.R.C., 2003. Social Organization and Parasite Risk in Mammals: Integrating Theory and Empirical Studies. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 517–547. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.030102.151725>
- Altizer, S., Ostfeld, R.S., Johnson, P.T.J., Kutz, S., Harvell, C.D., 2013. Climate Change and Infectious Diseases: From Evidence to a Predictive Framework. *Science* 341, 514–519. <https://doi.org/10.1126/science.1239401>
- Anses, 2021. Avis de l'Anses, Saisine n°2020-SA-0026, relatif aux « dispositifs de protection des parcours de porcins en plein air vis-à-vis des risques sanitaires ».
- Anses, 2019a. Avis de l'Anses, Saisine n°2018-SA-0017, Pertinence de la vaccination des bouquetins du Bary contre la brucellose, <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0017Ra.pdf>.
- Anses, 2019b. Avis de l'Anses, Saisine n° 2016-SA-0200, relatif à “Gestion de la tuberculose bovine et des blaireaux”, <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0200Ra.pdf>.
- Anses, 2018. Avis de l'Anses, Saisine n°2015-SA-0109, relatif au « risque sanitaire lié à la consommation de gibier au regard des contaminants chimiques environnementaux (dioxines, polychlorobiphényles (PCB), cadmium et plomb) » <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>.
- Anses, 2017. Avis de l'Anses, Saisine n° 2016-SA-0229, relatif à « l'évaluation approfondie et réactualisée de mesures de maîtrise du foyer de brucellose chez les bouquetins du Bary » <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0229.pdf>.
- Anses, 2015. Avis de l'Anses, Saisine n° " 2014-SA-0218 ", relatif aux « mesures de maîtrise de la brucellose chez les bouquetins du Bary » <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2014sa0218Ra.pdf>.
- Anses, 2013. Avis de l'Anses, Saisine n° 2012-SA-0012, relatif à la demande d'évaluation du risque lié à la contamination des produits de charcuterie à base de foie cru par le virus de l'hépatite E (VHE), <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2012sa0012.pdf>.
- Anses, 2011. Rapport de l'Anses, relatif à la Tuberculose bovine et faune sauvage, <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2010sa0154Ra.pdf>.
- Artois, M., Caron, A., Leighton, F.A., Bunn, C., Vallat, B., 2007. La faune sauvage et les maladies émergentes, *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*.
- Artois, M., Caron, A., Leighton, F.A., Bunn, C., Vallat, B., 2006. Wildlife and emerging diseases. *Rev Sci Tech* 25, 897–912.
- Artois, M., Gilot-Fromont, E., Hars, J., 2003. La faune sauvage, indicateur possible du risque de maladie émergente ?, *Epidémiol. et santé anim.*, 2003, 44, 21-31.
- Bagchi, S., Ritchie, M.E., 2010. Introduced grazers can restrict potential soil carbon sequestration through impacts on plant community composition: Soil carbon and

- livestock production. *Ecology Letters* no-no. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01486.x>
- Barthelemy, H., Stark, S., Michelsen, A., Olofsson, J., 2018. Urine is an important nitrogen source for plants irrespective of vegetation composition in an Arctic tundra: Insights from a ¹⁵N-enriched urea tracer experiment. *J Ecol* 106, 367–378. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12820>
- Beaunée, G., Gilot-Fromont, E., Garel, M., Ezanno, P., 2015. A novel epidemiological model to better understand and predict the observed seasonal spread of Pestivirus in Pyrenean chamois populations. *Vet Res* 46, 86. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0218-8>
- Bison, M., Loison, A., Faure, E., Michelot, M., Devred, R., Fligny, C., 2021. Fonctions, services écosystémiques et contraintes associés aux ongulés sauvages en France, Rapport EFESE.
- Bonenfant, C., Gaillard, J.-M., Klein, F., Maillard, D., 2004. Variation in harem size of red deer (*Cervus elaphus* L.): the effects of adult sex ratio and age-structure. *J. Zoology* 264, 77–85. <https://doi.org/10.1017/S0952836904005552>
- Borer, E.T., Seabloom, E.W., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillebrand, H., Lind, E.M., Adler, P.B., Alberti, J., Anderson, T.M., Bakker, J.D., Biederman, L., Blumenthal, D., Brown, C.S., Brudvig, L.A., Buckley, Y.M., Cadotte, M., Chu, C., Cleland, E.E., Crawley, M.J., Daleo, P., Damschen, E.I., Davies, K.F., DeCrappeo, N.M., Du, G., Firn, J., Hautier, Y., Heckman, R.W., Hector, A., HilleRisLambers, J., Iribarne, O., Klein, J.A., Knops, J.M.H., La Pierre, K.J., Leakey, A.D.B., Li, W., MacDougall, A.S., McCulley, R.L., Melbourne, B.A., Mitchell, C.E., Moore, J.L., Mortensen, B., O'Halloran, L.R., Orrock, J.L., Pascual, J., Prober, S.M., Pyke, D.A., Risch, A.C., Schuetz, M., Smith, M.D., Stevens, C.J., Sullivan, L.L., Williams, R.J., Wragg, P.D., Wright, J.P., Yang, L.H., 2014. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. *Nature* 508, 517–520. <https://doi.org/10.1038/nature13144>
- Boyard, C., 2014. Facteurs environnementaux de variation de l'abondance des tiques *Ixodes ricinus* dans des zones d'étude modèles en Auvergne, Thèse, UR346 Unité d'Épidémiologie Animale, INRA Clermont-Ferrand.
- Burt, W.H., 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of mammalogy*, 24(3), 346-352.
- Cappa, F., Bani, L., Meriggi, A., 2021. Factors affecting the crop damage by wild boar (*Sus scrofa*) and effects of population control in the Ticino and Lake Maggiore Park (North-western Italy). *Mamm Biol* 101, 451–463. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00125-2>
- Carpentier, A., Chaussade, H., Rigaud, E., Rodriguez, J., Berthault, C., Boue, F., Tognon, M., Touze, A., Garcia-Bonnet, N., Choutet, P., Coursaget, P., 2012. High Hepatitis E Virus Seroprevalence in Forestry Workers and in Wild Boars in France. *Journal of Clinical Microbiology* 50, 2888–2893. <https://doi.org/10.1128/JCM.00989-12>
- Catorci, A., 2016. EFFECT OF RED DEER GRAZING ON ALPINE HAY MEADOWS: BIODIVERSITY AND MANAGEMENT IMPLICATIONS. *Appl Ecol Env Res* 14, 301–318. https://doi.org/10.15666/aeer/1402_301318
- Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux (CNR-MyRMA), 2019. Rapport d'activité pour l'année 2018, 108 p. CNR-MyRMA, 2018 (Centre National de Référence des Mycobactéries et de la Résistance des Mycobactéries aux Antituberculeux), http://cnrmyctb.free.fr/IMG/pdf/rapport-CNR-MyRMA-2019b_web.pdf.
- Chandler, J.C., Bevins, S.N., Ellis, J.W., Linder, T.J., Tell, R.M., Jenkins-Moore, M., Root, J.J., Leno, J.B., Robbe-Austerman, S., DeLiberto, T.J., Gidlewski, T., Torchetti,

- M.K., Shriner, S.A., 2021. SARS-CoV-2 exposure in wild white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) (preprint). Microbiology. <https://doi.org/10.1101/2021.07.29.454326>
- Charrier, F., Rossi, S., Jori, F., Maestrini, O., Richomme, C., Casabianca, F., Ducrot, C., Jouve, J., Pavio, N., Le Potier, M.-F., 2018. Aujeszky's Disease and Hepatitis E Viruses Transmission between Domestic Pigs and Wild Boars in Corsica: Evaluating the Importance of Wild/Domestic Interactions and the Efficacy of Management Measures. *Front. Vet. Sci.* 5, 1. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00001>
- Civitello, D.J., Cohen, J., Fatima, H., Halstead, N.T., Liriano, J., McMahon, T.A., Ortega, C.N., Sauer, E.L., Sehgal, T., Young, S., Rohr, J.R., 2015. Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect. *Proc Natl Acad Sci USA* 112, 8667–8671. <https://doi.org/10.1073/pnas.1506279112>
- Collinge, S.K., Ray, C., 2006. Disease ecology, community structure and pathogen dynamics. Oxford University Press Inc., New York.
- Colom-Cadena, A., Espunyes, J., Cabezón, O., Fernández-Aguilar, X., Rosell, R., Marco, I., 2018. New insights on pestivirus infections in transhumant sheep and sympatric Pyrenean chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*). *Veterinary Microbiology* 217, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.03.003>
- Commission Européenne, 2005. Documents en ligne sur l'épidémiologie, « Chapter 2, Disease and disease transmission » https://ec.europa.eu/echo/files/evaluation/watsan2005/annex_files/WEDC/diseases/cpd02.pdf.
- Cosgrove, M.K., O'Brien, D.J., Ramsey, D.S.L., 2018. Baiting and Feeding Revisited: Modeling Factors Influencing Transmission of Tuberculosis Among Deer and to Cattle. *Front. Vet. Sci.* 5, 306. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00306>
- Cosson, J.-F., 2019. Écologie de la maladie de Lyme. *Santé Publique S1*, 73. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0073>
- Couturier, E., 2010. Bulletin épidémiologique, L'hépatite E : synthèse de l'épidémiologie humaine.
- Crozet, G., Bénet, J.J., Praud, A., 2021. La tuberculose animale. Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles Nationales Vétérinaires françaises, Boehringer Ingelheim (Lyon), 114 p.
- Curtin, S., 2013. Lessons from Scotland: British wildlife tourism demand, product development and destination management. *Journal of Destination Marketing & Management* 2, 196–211. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2013.09.002>
- Cuzin, L., Delpierre, C., 2005. Épidémiologie des maladies infectieuses. *EMC - Maladies Infectieuses* 2, 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.emcmi.2005.10.001>
- Daniel, M., Danielová, V., Kříž, B., Jirsa, A., Nožička, J., 2003. Shift of the Tick *Ixodes ricinus* and Tick-Borne Encephalitis to Higher Altitudes in Central Europe. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 22, 327–328. <https://doi.org/10.1007/s10096-003-0918-2>
- Darmon, G., Chevrier, T., Michallet, J., 2016. Rhône-Alpes, Les cahiers techniques, Forêts et ongulés sauvages, Favoriser une gestion adaptative.
- Davoust, B., Marié, J.-L., Boni, M., 2008. Pour une approche préventive des zoonoses : la création d'une cellule de détection précoce des infections animales.
- Davoust, B., Watier-Grillot, S., Roqueplo, C., Raoult, D., Mediannikov, O., 2021. Detection of zoonotic pathogens in animals performed at the University Hospital Institute Méditerranée Infection (Marseille – France). *One Health* 12, 100210. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100210>

- Dervaux, J., 2012. Cheptel domestique et grande faune sauvage de montagne : risques liés à la transmission d'agents pathogènes et proposition de mesures de prévention dans le Parc national des Écrins, Thèse vétérinaire, Vetagro Sup.
- Desvaux, S., Réveillaud, E., Richomme, C., Boschioli, M.L., Delavenne, C., Calavas, D., Chevalier, F., Jabert, P., 2017. Sylvatub : Bilan 2015-2017 de la surveillance de la tuberculose dans la faune sauvage, Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, https://be.anses.fr/sites/default/files/O-036_2019-06-14_Sylvatub_Desvaux_par-ant.pdf.
- DGAI, 2018a. Instruction “Surveillance événementielle des pestes porcines en France dans la faune sauvage”, Instruction technique DGAI/SDSPA/2018-692, <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2018-938>.
- DGAI, 2018b. Note de service Sylvatub, Surveillance épidémiologique de la tuberculose dans la faune sauvage en France : dispositif Sylvatub, Bulletin officiel DGAI/SDSPA/2018-708, <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2018-708>.
- DGAI, 2012. Note de service, Dispositions de l'arrêté du 18 décembre 2009 relatives aux viandes fraîches de gibier sauvage <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-N2012-8158>.
- DGAI, 2008. Note de service, Recherche des larves de trichine sur les viandes de sangliers sauvages commercialisés en circuit court (remise directe aux commerces de détail et restaurant, repas de chasse, repas associatifs). <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-N2008-8250>.
- Dhondt, C., 2015. Les zoonoses transmises à partir du cerf (*Cervus elaphus*), du chevreuil (*Capreolus capreolus*), du sanglier (*Sus scrofa*) et du renard (*Vulpes vulpes*) en France métropolitaine.
- Dorioz, J., Peyron, J.-L., Nivet, C., 2018. EFESE : Les écosystèmes forestiers. Commissariat général au développement durable (MTE). La Documentation française (ed.), e-publication.
- DRAAF Occitanie, 2012. Ministère de l'agriculture, Information réglementaire sur la production et la commercialisation des produits fermiers d'origine animale, Fiche 7, Produits de la chasse, Gibier sauvage ; https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/produits_de_la_chasse_gibier_sauvage_cle4bafb2.pdf.
- Dreshaj, S., Ahmeti, S., Ramadani, N., Dreshaj, G., Humolli, I., Dedushaj, I., 2016. Current situation of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Southeastern Europe and neighboring countries: a public health risk for the European Union? *Travel Medicine and Infectious Disease* 14, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2016.03.012>
- ECDC Europa, 2021. Distribution actuelle connue des espèces d'*Hyalomma marginatum* <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/hyalomma-marginatum-current-known-distribution-march-2021>.
- ECDC Europa, 2018. Distribution en 2018 connue des espèces d'*Ornithodoros* spp. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/ornithodoros-spp-current-known-distribution-january-2018>.
- Erhouma, E., Guiguen, F., Chebloune, Y., Gauthier, D., Lakhal, L.M., Greenland, T., Mornex, J.F., Leroux, C., Alogninouwa, T., 2008. Small ruminant lentivirus proviral sequences from wild ibexes in contact with domestic goats. *Journal of General Virology* 89, 1478–1484. <https://doi.org/10.1099/vir.0.2008/000364-0>
- Espunyes, J., Cabezón, O., Pailler-García, L., Dias-Alves, A., Lobato-Bailón, L., Marco, I., Ribas, M.P., Encinosa-Guzmán, P.E., Valldeperes, M., Napp, S., 2021. Hotspot of

- Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus Seropositivity in Wildlife, Northeastern Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 27, 2480–2484. <https://doi.org/10.3201/eid2709.211105>
- EUR-Lex, 2018. Access to European Union Law, Règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1882>.
- Ezenwa, V.O., 2004. Host social behavior and parasitic infection: a multifactorial approach. *Behavioral Ecology* 15, 446–454. <https://doi.org/10.1093/beheco/arh028>
- Fritz, H., Loison, A., 2006. Large herbivores across biomes, in: Danell, K., Bergstrom, R., Duncan, P., Pastor, J. (Eds.), *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 19–49. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511617461.003>
- Gaillard, J.-M., Hewison, A.J.M., Kjellander, P., Pettorelli, N., Bonenfant, C., Van Moorter, B., Liberg, O., Andren, H., Van Laere, G., Klein, F., Angibault, J.-M., Coulon, A., Vanpé, C., 2008. Population density and sex do not influence fine-scale natal dispersal in roe deer. *Proc. R. Soc. B.* 275, 2025–2030. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0393>
- Gallouin, F., Focant, M., 1980. Bases physiologiques du comportement alimentaire chez les ruminants, *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 0 (5B), 1563-1614.
- Ganière, J.-P., 2020. Règlementation sanitaire vétérinaire générale, Polycopié Unité Maladies Réglementées, Zoonoses, Règlementation sanitaire.
- Garnier, A., 2016. Conséquences des pathologies sur la dynamique des populations d'ongulés sauvages : Exemple du des populations d'ongulés sauvages, Mémoire, BEV-EPHE UMR 5175 CEFÉ Campus CNRS 1919, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive.
- Gaudry, W., 2015. Utilisation de l'habitat par le chevreuil (*Capreolus capreolus*) dans des environnements variables et contrastés, Thèse, LBBE - Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive - UMR 5558.
- Gauthier, D., 2013. Séminaire DREAL Rhône-Alpes « Biodiversité et gestion de crises » Lyon, 31 mai 2013, Les risques sanitaires http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/10_DREALmai2013_D_Gauthier_risques_sanitaires_cle25e1a8.pdf.
- Gauthier, D., 2005. La brucellose chez le chamois. Communication orale. Rencontres du GEEFSM, Bardonecchia.
- Gilot-Fromont, E., Foulché, K., Game, Y., Ezanno, P., Marco, I., Gilbert, P., 2015. Le pestivirus et les isards, une interaction durable, *Faune Sauvage* numéro 307 https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage307_2015_Art3.pdf.
- González-Barrio, D., Martín-Hernando, M.P., Ruiz-Fons, F., 2015. Shedding patterns of endemic Eurasian wild boar (*Sus scrofa*) pathogens. *Research in Veterinary Science* 102, 206–211. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.08.014>
- Gourreau, J.M., 2014. Historique et actualités concernant la brucellose chez les bouquetins du massif du Bargy (Haute-Savoie).
- Grech-Angelini, S., Lancelot, R., Ferraris, O., Peyrefitte, C.N., Vachery, N., Pédarrieu, A., Peyraud, A., Rodrigues, V., Bastron, D., Libeau, G., Fernandez, B., Holzmüller, P., Servan de Almeida, R., Michaud, V., Tordo, N., Comtet, L., Métras, R., Casabianca, F., Vial, L., 2020. Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus Antibodies among Livestock on Corsica, France, 2014–2016. *Emerg. Infect. Dis.* 26, 1041–1044. <https://doi.org/10.3201/10.3201/eid2605.191465>

- Gruas, L., Loison, A., Perrin-Malterre, C., 2020. Aware or not aware? A literature review reveals the dearth of evidence on recreationists awareness of wildlife disturbance.
- Haddad, N., André-Fontaine, G., Artois, M., Augustin, S., Bastian, S., Bénet, J.J., Cerf, O., Dufour, B., Eloit, M., Lacheretz, A., Picavet, D.P., Prave, M., 2020. Les zoonoses infectieuses, Polycopié des Unités de maladies réglementées des Écoles vétérinaires françaises, Boehringer Ingelheim (Lyon), juin 2020, 213 p.
- Hamard, J.P., Ballon, P., Mesochina, P., 2003. Application d'une nouvelle méthode d'évaluation des dégâts decervidés en forêt: vers un diagnostic de leur impact sylvicole. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, Lavoisier; IRSTEA; CEMAGREF, 2003, p. 75 - p. 87. hal-00467987.
- Hars, J., Rautureau, S., Vaniscotte, A., Herbeaux, J.-P., Pasquier, J.-J., Depecker, A., Le Bourg, V., Game, Y., Toigo, C., Mick, V., Garin-Bastuji, B., 2015. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation n°70, La brucellose des bouquetins du massif du Bargy (Haute-Savoie) : où en est-on en 2015 ?
- Hars, J., Rossi, S., 2010. Évaluation des risques sanitaires liés à l'augmentation des effectifs de sangliers en France, *Faune Sauvage N°288*, Connaissance de l'espèce https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage288_2010_Art5.pdf.
- Haydon, D., Cleaveland, S., Taylor, L., Laurenson, K., 2002. Identifying Reservoirs of Infection: A Conceptual and Practical Challenge. *Emerg. Infect. Dis.* 8, 1468–1473. <https://doi.org/10.3201/eid0812.010317>
- Hénaux, V., Ngwa-Mbot, D., Memeteau, S., Touratier, A., Bronner, A., Calavas, D., 2017. Première estimation des coûts vétérinaires et de laboratoire de la surveillance et de la lutte vis-à-vis des maladies réglementées chez les ruminants en France en 2014. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, 79: 2-11.
- Hofmann, R.R., Stewart, D.R.M., 1972. Grazer or browser: a classification based on the stomach-structure and feeding habits of east african ruminants. *Mammalia* 36. <https://doi.org/10.1515/mamm.1972.36.2.226>
- Huang, C.-I., Kay, S.C., Davis, S., Tufts, D.M., Gaffett, K., Tefft, B., Diuk-Wasser, M.A., 2019. High burdens of *Ixodes scapularis* larval ticks on white-tailed deer may limit Lyme disease risk in a low biodiversity setting. *Ticks and Tick-borne Diseases* 10, 258–268. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.10.013>
- Imbert, C., Caniglia, R., Fabbri, E., Milanese, P., Randi, E., Serafini, M., Torretta, E., Meriggi, A., 2016. Why do wolves eat livestock? *Biological Conservation* 195, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.01.003>
- INPN, n.d. Inventaire National du Patrimoine Naturel, Recherche de données par espèce <https://inpn.mnhn.fr/accueil/recherche-de-donnees/especes/>.
- IUCN, 2021. Red List of Threatened Species, “Liste rouge des espèces menacées” <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/iucn-red-list-threatened-species>.
- Jaenson, T.G.T., Tälleklint, L., 1992. Incompetence of Roe Deer as Reservoirs of the Lyme Borreliosis Spirochete. *Journal of Medical Entomology* 29, 813–817. <https://doi.org/10.1093/jmedent/29.5.813>
- Janeiro-Otero, A., Newsome, T.M., Van Eeden, L.M., Ripple, W.J., Dormann, C.F., 2020. Grey wolf (*Canis lupus*) predation on livestock in relation to prey availability. *Biological Conservation* 243, 108433. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108433>
- Jobart, E., Marquay, J., Prigent, G., 2016. Radureau, S., and des Robert, M.-L. , BIPE, Évaluation du service écosystémique chasse en 2015.
- Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., Daszak, P., 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451, 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>

- Jori, F., Laval, M., Maestrini, O., Casabianca, F., Charrier, F., Pavio, N., 2016. Assessment of Domestic Pigs, Wild Boars and Feral Hybrid Pigs as Reservoirs of Hepatitis E Virus in Corsica, France. *Viruses* 8, 236. <https://doi.org/10.3390/v8080236>
- Keesing, F., Holt, R.D., Ostfeld, R.S., 2006. Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters* 9, 485–498. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00885.x>
- Kervinio, Y., 2020. Rapport de première phase de l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques. Du constat à l'action. Commissariat général au développement durable (MTE). La Documentation française (ed.), e-publication.
- Kock, R., 2014. Drivers of disease emergence and spread: Is wildlife to blame? *Onderstepoort J Vet Res* 81, 4 pages. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v81i2.739>
- Kuijper, D.P.J., Cromsigt, J.P.G.M., Churski, M., Adam, B., Jędrzejewska, B., Jędrzejewski, W., 2009. Do ungulates preferentially feed in forest gaps in European temperate forest? *Forest Ecology and Management* 258, 1528–1535. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.010>
- Kurokawa, C., Lynn, G.E., Pedra, J.H.F., Pal, U., Narasimhan, S., Fikrig, E., 2020. Interactions between *Borrelia burgdorferi* and ticks. *Nat Rev Microbiol* 18, 587–600. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0400-5>
- Laaberki, M.-H., Ganière, J.-P., 2020. Brucellose animale, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles Nationales Vétérinaires françaises, Merial (Lyon), 62p.
- Lambert, S., Ezanno, P., Garel, M., Gilot-Fromont, E., 2018a. Demographic stochasticity drives epidemiological patterns in wildlife with implications for diseases and population management. *Sci Rep* 8, 16846. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34623-0>
- Lambert, S., Gilot-Fromont, E., Freycon, P., Thébault, A., Game, Y., Toïgo, C., Petit, E., Barthe, M.-N., Reynaud, G., Jaÿ, M., Garin-Bastuji, B., Ponsart, C., Hars, J., Rossi, S., 2018b. High Shedding Potential and Significant Individual Heterogeneity in Naturally-Infected Alpine ibex (*Capra ibex*) With *Brucella melitensis*. *Front. Microbiol.* 9, 1065. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01065>
- Lambert, S., Hars, J., Réveillaud, E., Moyen, J.-L., Gares, H., Rambaud, T., Gueneau, E., Faure, E., Boschioli, M.-L., Richomme, C., 2017. Host status of wild roe deer in bovine tuberculosis endemic areas. *Eur J Wildl Res* 63, 15. <https://doi.org/10.1007/s10344-016-1071-4>
- Latasa, P., de Ory, F., Arribas, J.R., Sánchez-Uriz, M.Á., Sanchez-Arcilla, I., Ordobás, M., Negrodo, A., Trigo, E., Delgado, P., Marzola, M., Lopaz, M.Á., Sánchez-Seco, M.P., de la Calle-Prieto, F., Ferrera, P., Rodriguez, E., Martín, A., del Cerro, M.F., Córdoba, E., Mora-Rillo, M., Esteban, M.J., 2020. Absence of IgG antibodies among high-risk contacts of two confirmed cases of Crimean-Congo haemorrhagic fever in the autonomous region of Madrid (Spain). *Journal of Infection and Public Health* 13, 1595–1598. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.07.016>
- Lecomte, X., Caldeira, M.C., Catry, F.X., Fernandes, P.M., Jackson, R.B., Bugalho, M.N., 2019. Ungulates mediate trade-offs between carbon storage and wildfire hazard in Mediterranean oak woodlands. *J Appl Ecol* 56, 699–710. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13310>
- LégiFrance, 2007. Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000649682/2020-12-31/>.
- LégiFrance, 2006. Arrêté du 11 août 2006 fixant la liste des espèces, races ou variétés d'animaux domestiques <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000789087>.

- LégiFrance, 1987a. LEGIFRANCE, Arrêté du 26 juin 1987 fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000296288/>.
- LégiFrance, 1987b. Article R 427-6 du Code de l'environnement, Classement des animaux susceptibles d'occasionner des dégâts :
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI0000037125721/.
- Levi, T., Massey, A.L., Holt, R.D., Keesing, F., Ostfeld, R.S., Peres, C.A., 2016. Does biodiversity protect humans against infectious disease? *Comment. Ecology* 97, 536–542. <https://doi.org/10.1890/15-354.1>
- Lhomme, S., Top, S., Bertagnoli, S., Dubois, M., Guerin, J.-L., Izopet, J., 2015. Wildlife Reservoir for Hepatitis E Virus, Southwestern France. *Emerg. Infect. Dis.* 21, 1224–1226. <https://doi.org/10.3201/eid2107.141909>
- Linden, A., Desmecht, D., Volpe, R., Wirtgen, M., Gregoire, F., Pirson, J., Paternostre, J., Kleijnen, D., Schirrneier, H., Beer, M., Garigliany, M.-M., 2012. Epizootic Spread of Schmallenberg Virus among Wild Cervids, Belgium, Fall 2011. *Emerg. Infect. Dis.* 18, 2006–2008. <https://doi.org/10.3201/eid1812.121067>
- Lindgren, E., Tälleklint, L., Polfeldt, T., 2000. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives* 108, 119–123.
<https://doi.org/10.1289/ehp.00108119>
- Linnell, J.D.C., Cretois, B., Nilsen, E.B., Rolandsen, C.M., Solberg, E.J., Veiberg, V., Kaczensky, P., Van Moorter, B., Panzacchi, M., Rauset, G.R., Kaltenborn, B., 2020. The challenges and opportunities of coexisting with wild ungulates in the human-dominated landscapes of Europe's Anthropocene. *Biological Conservation* 244, 108500. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108500>
- Loh, E.H., Zambrana-Torrel, C., Olival, K.J., Bogich, T.L., Johnson, C.K., Mazet, J.A.K., Karesh, W., Daszak, P., 2015. Targeting Transmission Pathways for Emerging Zoonotic Disease Surveillance and Control. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 15, 432–437. <https://doi.org/10.1089/vbz.2013.1563>
- Loison, A., Darmon, G., Cassar, S., Jullien, J.-M., Maillard, D., 2008. Age- and sex-specific settlement patterns of chamois (*Rupicapra rupicapra*) offspring. *Can. J. Zool.* 86, 588–593. <https://doi.org/10.1139/Z08-031>
- Luzzago, C., Ebranati, E., Cabezón, O., Fernández-Sirera, L., Lavín, S., Rosell, R., Veo, C., Rossi, L., Cavallero, S., Lanfranchi, P., Marco, I., Zehender, G., 2016. Spatial and Temporal Phylogeny of Border Disease Virus in Pyrenean Chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*). *PLoS ONE* 11, e0168232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168232>
- Maltezou, H.C., Papa, A., 2010. Crimean–Congo hemorrhagic fever: Risk for emergence of new endemic foci in Europe? *Travel Medicine and Infectious Disease* 8, 139–143.
<https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2010.04.008>
- Marchand, P., Redjadj, C., Garel, M., Cugnasse, J.-M., Maillard, D., Loison, A., 2013. Are mouflon *Ovis gmelini musimon* really grazers? A review of variation in diet composition: Mouflon diet composition and variation. *Mammal Review* 43, 275–291.
<https://doi.org/10.1111/mam.12000>
- Marco, I., Cabezón, O., Rosell, R., Fernández-Sirera, L., Allepuz, A., Lavín, S., 2011. Retrospective study of pestivirus infection in Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica*) and other ungulates in the Pyrenees (NE Spain). *Veterinary Microbiology* 149, 17–22.
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.09.032>
- Martin, C., 2011. Les pestivirus à l'interface faune sauvage/faune domestique : Pathogénie chez l'isard gestant et épidémiologie dans la région Provence-Alpes-Côte D'azur, Thèse, Université de Nice Sophia Antipolis en cotutelle avec l'Université de Liège

- pour l'obtention du diplôme de doctorat spécialité interactions moléculaires et du diplôme en sciences vétérinaires.
- Martin, C., Pastoret, P.-P., Brochier, B., Humblet, M.-F., Saegerman, C., 2011. A survey of the transmission of infectious diseases/infections between wild and domestic ungulates in Europe. *Vet Res* 42, 70. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-70>
- Mehand, M.S., Al-Shorbaji, F., Millett, P., Murgue, B., 2018. The WHO R&D Blueprint: 2018 review of emerging infectious diseases requiring urgent research and development efforts. *Antiviral Research* 159, 63–67. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2018.09.009>
- Meng, X.-J., 2011. From barnyard to food table: The omnipresence of hepatitis E virus and risk for zoonotic infection and food safety. *Virus Research* 161, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.01.016>
- Mick, V., Le Carrou, G., Corde, Y., Game, Y., Jay, M., Garin-Bastuji, B., 2014. *Brucella melitensis* in France: Persistence in Wildlife and Probable Spillover from Alpine Ibex to Domestic Animals. *PLoS ONE* 9, e94168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094168>
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021. Laboratoires agréés et méthodes officielles en santé animale <https://agriculture.gouv.fr/laboratoires-agrees-et-methodes-officielles-en-sante-animale>.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2011. Confirmation d'un cas de brucellose bovine dans une exploitation de Haute-Savoie, Communiqué du 10/11/2011, <https://agriculture.gouv.fr/confirmation-dun-cas-de-brucellose-bovine-dans-une-exploitation-de-haute-savoie>.
- Morand, S., Lajaunie, C., 2017. Biodiversity and Health, Linking Life, Ecosystems, Societies, Page 133-171. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-05996-2>
- Moutou, F., 2015. Rôle des animaux vertébrés dans l'épidémiologie des zoonoses. *Revue Francophone des Laboratoires* 2015, 25–33. [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(15\)30110-6](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(15)30110-6)
- Mysterud, A., Easterday, W.R., Stigum, V.M., Aas, A.B., Meisingset, E.L., Viljugrein, H., 2016. Contrasting emergence of Lyme disease across ecosystems. *Nat Commun* 7, 11882. <https://doi.org/10.1038/ncomms11882>
- Mysterud, A., Hatlegjerde, I.L., Sørensen, O.J., 2014. Attachment site selection of life stages of *Ixodes ricinus* ticks on a main large host in Europe, the red deer (*Cervus elaphus*). *Parasites Vectors* 7, 510. <https://doi.org/10.1186/s13071-014-0510-x>
- Mysterud, A., Stigum, V.M., Jaarsma, R.I., Sprong, H., 2019. Genospecies of *Borrelia burgdorferi* sensu lato detected in 16 mammal species and questing ticks from northern Europe. *Sci Rep* 9, 5088. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41686-0>
- Odden, J., Herfindal, I., Linnell, J.D.C., Andersen, R., 2008. Vulnerability of Domestic Sheep to Lynx Depredation in Relation to Roe Deer Density. *Journal of Wildlife Management* 72, 276–282. <https://doi.org/10.2193/2005-537>
- OFB, 2016. Fiches de synthèse de suivi des ongulés sauvages <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/869>.
- O'Halloran, C., Tørnqvist-Johnsen, C., Woods, G., Mitchell, J., Reed, N., Burr, P., Gascoyne-Binzi, D., Wegg, M., Beardall, S., Hope, J., Gunn-Moore, D., 2021. Feline tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* infection of domestic UK cats associated with feeding a commercial raw food diet. *Transbound Emerg Dis* 68, 2308–2320. <https://doi.org/10.1111/tbed.13889>
- OIE, 2021. Glossaire des termes épidémiologiques https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahc/current/glossaire.pdf.

- Okely, M., Anan, R., Gad-Allah, S., Samy, A.M., 2020. Mapping the environmental suitability of etiological agent and tick vectors of Crimean-Congo hemorrhagic fever. *Acta Tropica* 203, 105319. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105319>
- Pagán, I., González-Jara, P., Moreno-Letelier, A., Rodelo-Urrego, M., Fraile, A., Piñero, D., García-Arenal, F., 2012. Effect of Biodiversity Changes in Disease Risk: Exploring Disease Emergence in a Plant-Virus System. *PLoS Pathog* 8, e1002796. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002796>
- Pavio, N., Lunazzi, A., Barnaud, E., Bouquet, J., Rogée, S., 2010. Bulletin épidémiologique, Anses, Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort, UMR1161 Virologie, INRA-ENVA-Anses, Hépatite E : nouvelles connaissances du côté animal ; <https://mag.anses.fr/sites/default/files/BEP-mg-BE38-art7.pdf>.
- Payne, A., 2014. Rôle de la faune sauvage dans le cycle épidémiologique de *M. bovis* et risque de transmission entre faune sauvage et bovins. Etude expérimentale en Côte d'Or, Thèse, Université de Lyon I.
- Payne, A., Hervé, S., Pavio, N., Richomme, C., Dunoyer, C., Bronner, A., Hars, J., n.d. Bilan sanitaire du sanglier vis-à-vis de la trichinellose, de la maladie d'Aujeszky, de la brucellose, de l'hépatite E et des virus influenza porcins en France 7.
- Payne, A., Lacour, S., Vallée, I., Garin-Bastuji, B., Rossi, S., Simon, G., Hervé, S., Pavio, N., Richomme, C., Dunoyer, C., Bronner, A., Hars, J., 2011. Bulletin épidémiologique, Bilan sanitaire du sanglier vis-à-vis de la trichinellose, de la maladie d'Aujeszky, de la brucellose, de l'hépatite E et des virus influenza porcins en France.
- Perea, A., Cardoux, J.N., 2019. Rapport Sénat de la mission parlementaire relative à la régulation des populations de grand gibier et à la réduction de leurs dégâts "Restaurer l'équilibre agro-sylvo-cygénétique pour une pleine maîtrise des populations de grand gibier et de leurs dégâts à l'échelle nationale."
- Pioz, M., Loison, A., Gauthier, D., Gilbert, P., Jullien, J.-M., Artois, M., Gilot-Fromont, E., 2008. Diseases and reproductive success in a wild mammal: example in the alpine chamois. *Oecologia*, 155, 691-704.
- Pioz, M., Loison, A., Gibert, P., Dubray, D., Menaut, P., Le Tallec, B., Artois, M., Gilot-Fromont, E., 2007. Transmission of a pestivirus infection in a population of Pyrenean chamois. *Veterinary Microbiology* 119, 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.09.001>
- Plateforme ESA, 2021. Niveau de surveillance Sylvatub, Actualisation du 01 mars 2021, https://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/Actualisation2021_Niveaux_Sylvatub_0.pdf.
- Plumb, G., Babiuk, L., Mazet, J., Olsen, S., Rupprecht, C., Pastoret, P.P., Slate, D., 2007. Vaccination in conservation medicine. *Rev Sci Tech* 26, 229-241.
- Portillo, A., Palomar, A.M., Santibáñez, P., Oteo, J.A., 2021. Epidemiological Aspects of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever in Western Europe: What about the Future? *Microorganisms* 9, 649. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030649>
- Prentice, J.C., Marion, G., White, P.C.L., Davidson, R.S., Hutchings, M.R., 2014. Demographic Processes Drive Increases in Wildlife Disease following Population Reduction. *PLoS ONE* 9, e86563. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086563>
- Quinn, P.J., Markey, B.K., Leonard, F.C., Hartigan, P., Fanning, S., Fitzpatrick, E.S., 2011. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease*, Second edition (vol. 2), Blackwell Publishing Ltd. ed.
- Ramirez, J.I., Jansen, P.A., Poorter, L., 2018. Effects of wild ungulates on the regeneration, structure and functioning of temperate forests: A semi-quantitative review. *Forest Ecology and Management* 424, 406-419. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.016>

- Rapport sur l'état de l'environnement en France, Développement durable, n.d. Fiche thématique 'Les ongulés sauvages' <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/themes/defis-environnementaux/erosion-de-la-biodiversite/faune-et-flore/article/les-ongules-sauvages>.
- Rautureau, S., Dufour, B., Jaÿ, M., Garin-Bastuji, B., 2012. Deux cas de brucellose bovine en 2012 appellent à la vigilance, Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation n°59/Spécial MRE - Bilan 2012.
- Reimoser, F., Putman, R., 2011. Impacts of wild ungulates on vegetation: costs and benefits, in: Putman, R., Apollonio, M., Andersen, R. (Eds.), Ungulate Management in Europe. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 144–191. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511974137.007>
- Réveillaud, É., Desvaux, S., Boschioli, M.-L., Hars, J., Faure, É., Fediaevsky, A., Cavalerie, L., Chevalier, F., Jabert, P., Poliak, S., Tourette, I., Hendriks, P., Richomme, C., 2018. Infection of Wildlife by *Mycobacterium bovis* in France Assessment Through a National Surveillance System, *Sylvatub. Front. Vet. Sci.* 5, 262. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00262>
- Rhyan, J.C., Spraker, T.R., 2010. Emergence of Diseases From Wildlife Reservoirs. *Vet Pathol* 47, 34–39. <https://doi.org/10.1177/0300985809354466>
- Riesch, F., Tonn, B., Meißner, M., Balkenhol, N., Isselstein, J., 2019. Grazing by wild red deer: Management options for the conservation of semi-natural open habitats. *J Appl Ecol* 56, 1311–1321. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13396>
- Rossi, L., Tizzani, P., Rambozzi, L., Moroni, B., Meneguz, P.G., 2019. Sanitary Emergencies at the Wild/Domestic Caprines Interface in Europe. *Animals* 9, 922. <https://doi.org/10.3390/ani9110922>
- Ryser-Degiorgis, M., Bischof, D., Marreros, N., Willis, C., Signer, C., Filli, F., Brosi, G., Frey, J., Vilei, E., 2009. Detection of *Mycoplasma conjunctivae* in the eyes of healthy, free-ranging Alpine ibex: Possible involvement of Alpine ibex as carriers for the main causing agent of infectious keratoconjunctivitis in wild Caprinae. *Veterinary Microbiology* 134, 368–374. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.08.005>
- Saegerman, C., Martinelle, L., 2011. Importance des facteurs de risque dans l'expression clinique des maladies infectieuses chez les ruminants https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/87534/1/PtVetFacteurs_Risque_Saegerman.pdf.
- Saïd, S., Saba, C., Laurent, L., 2019. Barrère, J., Reeb, M., Tissaux, J.-C., Warnant, C., Lambert, J., et Cuiller, B. Influence des populations d'ongulés sauvages sur la régénération forestière du chêne : le dispositif EFFORT. *Faune Sauvage*, 322:25–30. https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage322_2019_Art4.pdf.
- Saint-Andrieux, C., Barboiron, A., 2020. Prélèvements ongulés sauvages saison 2019-2020, Supplément Faune Sauvage n°327 https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage327_2020_Supplement.pdf.
- Saint-Andrieux, C., Barboiron, A., Corti, R., Guibert, B., 2012. La progression récente des grands ongulés sauvages en France, *Faune sauvage* n°294 https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage294_2012_Art2.pdf.
- Saint-Andrieux, C., Plaff, E., Guibert, B., 2009. Le daim et le cerf sika en France : un nouvel inventaire, OFB, *Faune sauvage* n° 285, https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage285_2009_Art2.pdf.

- Sand, H., Eklund, A., Zimmermann, B., Wikenros, C., Wabakken, P., 2016. Prey Selection of Scandinavian Wolves: Single Large or Several Small? PLoS ONE 11, e0168062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168062>
- Savouré-Soubelet, A., Arthur, C., Aulagnier, S., Body, G., Callou, C., Haffner, P., Marchandeau, S., Moutou, F., Saint-Andrieux, C., 2021. Atlas des ongulés et lagomorphes de France. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 392 p. (Patrimoines naturels ; 83).
- Scherrer, V., 2002. Réinventer la chasse pour le XXI^e siècle. Paris, Journal officiel de la République française, avis et rapports du Conseil économique et social, 216 p.
- Schmitz, O.J., Wilmers, C.C., Leroux, S.J., Doughty, C.E., Atwood, T.B., Galetti, M., Davies, A.B., Goetz, S.J., 2018. Animals and the zoogeochemistry of the carbon cycle. *Science* 362, eaar3213. <https://doi.org/10.1126/science.aar3213>
- Serrano, E., Colom-Cadena, A., Gilot-Fromont, E., Garel, M., Cabezón, O., Velarde, R., Fernández-Sirera, L., Fernández-Aguilar, X., Rosell, R., Lavín, S., Marco, I., 2015. Border Disease Virus: An Exceptional Driver of Chamois Populations Among Other Threats. *Front. Microbiol.* 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01307>
- Singer, F.J., Schoenecker, K.A., 2003. Do ungulates accelerate or decelerate nitrogen cycling? *Forest Ecology and Management* 181, 189–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00133-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00133-6)
- Sokolow, S.H., Nova, N., Pepin, K.M., Peel, A.J., Pulliam, J.R.C., Manlove, K., Cross, P.C., Becker, D.J., Plowright, R.K., McCallum, H., De Leo, G.A., 2019. Ecological interventions to prevent and manage zoonotic pathogen spillover. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374, 20180342. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0342>
- Stachurski, F., Vial, L., 2018. Bulletin épidémiologique Santé Animale et Alimentation, Installation de la tique *Hyalomma marginatum*, vectrice du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, en France continentale.
- Stankowich, T., 2008. Ungulate flight responses to human disturbance: A review and meta-analysis. *Biological Conservation* 141, 2159–2173. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.026>
- Tomasevic, I., Novakovic, S., Solowiej, B., Zdolec, N., Skunca, D., Krocko, M., Nedomova, S., Kolaj, R., Aleksiev, G., Djekic, I., 2018. Consumers' perceptions, attitudes and perceived quality of game meat in ten European countries. *Meat Science* 142, 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.016>
- Velamazán, M., San Miguel, A., Escribano, R., Perea, R., 2018. Use of firebreaks and artificial supply points by wild ungulates: Effects on fuel load and woody vegetation along a distance gradient. *Forest Ecology and Management* 427, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.061>
- Vergne, T., Ruvoen, N., Ganière, J.-P., 2021. Maladies réglementées des suidés, Polycopié des Unités de maladies réglementées des Écoles vétérinaires françaises, Boehringer Ingelheim, 70p.
- Vourc'h, G., 2021. Les zoonoses: ces maladies qui nous lient aux animaux, Enjeux sciences. Éditions Quae, Versailles.
- Wodecka, B., and Skotarczak, B., 2016. Identification of host blood-meal sources and *Borrelia* in field-collected *Ixodes ricinus* ticks in north-western Poland. *Ann Agric Environ Med.*, 23(1), pp.59-63. <https://doi.org/10.5604/12321966.1196853>.
- Yon, L., Duff, J.P., Hars, J., Hestvik, G., Horton, D., Kuiken, T., Lavazza, A., Martel, A., Neimanis, A., Pasmans, F., Price, S., Ruiz-Fons, F., Ryser-Degiorgis, M.-P., 2018. Recent changes in infectious diseases in european wildlife 41.

Zanella, G., Durand, B., Hars, J., Moutou, F., Garin-Bastuji, B., Duvauchelle, A., Fermé, M., Karoui, C., Boschioli, M.L., 2008. *Mycobacterium bovis* in wildlife in France. *Journal of Wildlife Diseases* 44, 99–108. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-44.1.99>

ANNEXES

ANNEXE 1 : DEFINITIONS DES TERMES CLES POUR L'EPIDEMIOLOGIE DES MALADIES DES ONGULES SAUVAGES

Afin d'introduire les notions de bases en épidémiologie, nous nous baserons sur les définitions d'une vingtaine de termes clés, indiqués dans la thèse par l'astérisque (*). La liste est établie dans le rapport. Chaque définition est suivie d'un exemple sur les ongulés sauvages afin de l'illustrer.

-Agent pathogène (biologique) : Un agent pathogène est un micro-organisme dont la présence ou l'excès est responsable de l'apparition d'une maladie infectieuse chez une ou plusieurs espèces animales ou végétales. Il peut être un virus, une bactérie, un protozoaire, un prion, un helminthe, un arthropode ou un champignon (AEEMA).

*La leptospirose est causée par l'agent pathogène *Leptospira interrogans* qui est une bactérie (Haddad et al., 2020).*

-Cas sporadiques : apparition de cas isolés, sans lien épidémiologique (Cuzin and Delpierre, 2005).

*Certains cas sporadiques de tuberculose bovine à *Mycobacterium bovis*, chez le cerf et le chevreuil ont été rapporté en France métropolitaine (Desvaux et al., 2017).*

-Effet d'amplification : Hypothèse selon laquelle la diversité élevée de la communauté d'hôtes augmente le risque sanitaire en raison d'une abondance accrue de sources pour un hôte donné (Pagán et al., 2012). Les effets de dilution et d'amplification ne sont pas mutuellement exclusifs (Levi et al., 2016).

Certaines études rapportent que l'augmentation de la densité d'ongulés, même s'ils sont des hôtes incompétents pour cette maladie, est associée à une augmentation de l'abondance des tiques et du risque d'infection chez l'homme, c'est l'effet d'amplification (Mysterud et al., 2019, 2016).

-Effet de dilution : Hypothèse selon laquelle une diversité élevée de la communauté d'hôtes limite la propagation des agents pathogènes. Plusieurs mécanismes sont impliqués dont la régulation de la population d'hôtes sensibles (par compétition, par prédation), l'interférence avec la transmission (hôtes non compétents) (Keesing et al., 2006).

Dans le cas de l'encéphalite à tique, le chevreuil est l'hôte de nourrissage principal du vecteur. Un effet de dilution peut être observé localement, l'augmentation des effectifs de chevreuil entraîne une diminution de l'incidence locale de la maladie (Civitello et al., 2015).

-Epizootie : Maladie frappant en même temps un grand nombre d'animaux de même espèce ou d'espèces différentes (Cuzin and Delpierre, 2005).

*La brucellose à *Brucella melitensis* en Savoie est une épizootie* (Lambert et al., 2018b).

-Hôte accidentel ("spillover host" en anglais) : Sujet (ou espèce) réceptif(ve) à un agent pathogène biologique donné mais exceptionnellement atteint(e) par cet agent. On peut parler dans ce cas de "débordement" (AEEMA).

Le cheval est un hôte accidentel pour la trichine (AEEMA). *L'Homme est un hôte accidentel pour la maladie de Lyme* (Haddad et al., 2020).

-Hôte cul-de-sac (épidémiologique) ("dead end host" en anglais) : Espèce ou individu hôte d'un agent pathogène mais ne permettant pas sa transmission dans les conditions habituelles et qui ne peut maintenir l'infection sans une source extérieure (AEEMA).

Les chats sont des hôtes cul-de-sac pour la maladie d'Aujeszky (Rhyan and Spraker, 2010).

-Hôte de liaison ou hôte de non-maintenance : Hôte qui ne peut pas conserver indéfiniment la maladie, capable de maintenir l'infection pendant une période longue mais nécessitant un apport périodique d'une autre source de contamination. Dans certaines circonstances, si l'infection perdure dans l'espèce hôte de liaison, elle peut contaminer d'autres espèces (Haydon et al., 2002).

En France, les ongulés sauvages sont des hôtes de liaison de la tuberculose. En revanche, en Espagne, le sanglier est un hôte de maintenance de la tuberculose (Anses, 2019b; Lambert et al., 2017; Zanella et al., 2008).

-Hôte de maintenance ("maintenance host" en anglais) : L'hôte est qualifié d'hôte de maintenance lorsque les agents pathogènes persistent dans la populations à laquelle il appartient (Haydon et al., 2002).

Les sangliers sont un hôte de maintenance pour la maladie d'Aujeszky, et un réservoir (Payne et al., 2011).

-Hôte de nourrissage pour un vecteur : Hôte ayant la capacité à nourrir un vecteur de maladie, indépendamment de la capacité à héberger l'agent pathogène (Wodecka, B., and Skotarczak, B., 2016). Dans le cas d'un arthropode hématophage, c'est un hôte transitoire ou permanent dont l'insecte se nourrit du sang.

*Les cervidés possèdent la compétence en tant qu'hôte de nourrissage pour le vecteur *Ixodes ricinus*, sans pour autant être compétents pour la multiplication de la bactérie responsable de la maladie de Lyme* (Huang et al., 2019; Keesing et al., 2006).

-Hôte sentinelle : Hôte appartenant à une espèce pouvant être exposée plus fréquemment ou plus rapidement que l'espèce à protéger de l'infection (Artois et al., 2003).

*Pour le risque d'émergence en France de la fièvre de Crimée-Congo, on étudie de la prévalence du vecteur *Hyalomma marginatum*, chez les chevaux en pâtures arbustives ou arborées car les chevaux sont une espèce sentinelle par rapport au risque chez l'homme (Stachurski and Vial, 2018).*

-Hôte définitif (ou principal) : Hôte qui héberge la forme adulte et qui assure la phase de reproduction sexuée du parasite (AEEMA).

Les chamois sont des hôtes définitifs pour certains strongles (AEEMA).

-Hôte intermédiaire : Dans le cas des parasites à cycle complexe : hôte obligatoire où le parasite vit sous forme larvaire ou immature et accomplit une partie ou la totalité de son développement jusqu'à la forme infestante (AEEMA).

Les cervidés sont des hôtes intermédiaires de l'échinococcose kystique. (Rossi et al., 2019).

-Létalité : Capacité d'une maladie à entraîner la mort des sujets atteints. Le taux de létalité correspond à la fréquence de sujets morts à cause de la maladie. Il ne faut pas le confondre avec le taux de mortalité, correspondant à la fréquence de mort totale dans une population, toutes causes confondues (AEEMA).

La pestivirus entraîne un taux de létalité de 66% des isards dans les Pyrénées (Beaunée et al., 2015).

- Maladie émergente: Maladie dont l'incidence réelle augmente de manière significative dans une population donnée, d'une région donnée et pendant une période donnée, par rapport à la situation épidémiologique habituelle de cette maladie (AEEMA).

La maladie due au virus Schmallenberg est apparue en Europe occidentale, en 2011 (Linden et al., 2012).

-Maladie endémique : Maladie qui présente une persistance habituelle, dans une région ou collectivité, d'une affection déterminée, qui s'y manifeste de façon constante ou périodique. L'endémie est limitée dans l'espace (zone d'endémie), elle n'est pas limitée dans le temps (Cuzin and Delpierre, 2005).

L'hépatite E est une maladie endémique en France métropolitaine et en Corse (Carpentier et al., 2012).

-Période d'expression clinique : Période définie par le délai le plus long de manifestation clinique de la maladie (OIE, 2021).

La période d'expression clinique de la peste porcine classique peut aller jusqu'à 3 mois avec un amaigrissement progressif (Vergne et al., 2021).

-Période d'incubation : Période définie par le délai le plus long entre la pénétration de l'agent pathogène dans l'animal et l'apparition des premiers signes cliniques de la maladie (OIE, 2021).

La période d'incubation de la maladie d'Aujeszky est de 3 à 4 semaines (Quinn et al., 2011).

-Période d'infectiosité : Période définie par le délai le plus long pendant lequel un animal infecté peut être source d'infection, en excréant l'agent pathogène (AEEMA).

La période d'infectiosité du virus de Schmallenberg dure 5 jours chez les bovidés (AEEMA).

-Période latente : Infection demeurant cliniquement muette pendant longtemps et ne se traduisant par des symptômes qu'après une période de latence nettement supérieure à la période d'incubation habituelle dans la maladie considérée (AEEMA).

Le porc adulte infecté par virus de la maladie d'Aujeszky peut présenter des symptômes au bout de plusieurs mois (AEEMA).

-Population/espèce cible : Une population cible est définie comme toute population qui est réceptive et sensible à l'agent pathogène (Moutou, 2015).

L'homme est une population cible de l'hépatite E : Les signes cliniques sont sévères, contrairement au sanglier (Jori et al., 2016).

-Population source : Une population source est définie comme toute population qui transmet l'infection à la population cible. Les populations sources sont elles-mêmes des populations de maintenance ou, à défaut, peuvent constituer tout ou partie d'un lien de transmission d'une population de maintenance à la population cible (Haydon et al., 2002).

Les sangliers sont une population source de l'hépatite E pour l'homme (Jori et al., 2016).

-Porteur précoce : Porteur de germes hébergeant l'agent pathogène avant l'apparition des premiers symptômes et pouvant donc le transmettre, en cas d'excrétion ou d'intervention de vecteurs (AEEMA).

Le sanglier est un porteur précoce de la peste porcine classique (Vergne et al., 2021).

-Prévalence : Nombre d'animaux portant l'agent pathogène, existant ou survenant dans une population déterminée, sans distinction entre les cas nouveaux et les cas anciens. La séroprévalence représente la fréquence du portage d'anticorps tandis que la viroprévalence représente la fréquence de la présence du virus (Cuzin and Delpierre, 2005; Payne et al., 2011).

En France métropolitaine, la prévalence de l'hépatite E, chez les sangliers varie entre 7,2 et 22,7 % selon les départements échantillonnés en France métropolitaine (Payne et al., 2011).

-Réservoir : Une ou plusieurs populations ou environnements, connectés épidémiologiquement, dans lesquels l'agent pathogène peut se maintenir indéfiniment et à partir desquels l'infection est transmise à la population cible. Le réservoir peut inclure des populations d'hôtes de maintenance et d'hôtes de liaison (Haydon et al., 2002).

Les sangliers sont un réservoir de Trichinella spiralis (Payne et al., 2011).

-Maladie à risque d'émergence : Dans le contexte de ce travail, agent pathogène présentant un risque d'arriver en France métropolitaine ou en Corse et d'impacter les ongulés sauvages, pour des raisons de changement global et, ou, de dérèglement climatique (Dreshaj et al., 2016; Maltezou and Papa, 2010; Okely et al., 2020).

La peste porcine africaine est une maladie à risque d'émergence en France. Elle est présente en Belgique, pays limitrophe avec la France (DGAI, 2018a).

-Transmission directe : Transmission de l'agent pathogène d'un animal à l'autre au cours d'un contact direct (sexuel, agressif, etc.) (Levi et al., 2016). La voie aérienne par microgouttelettes est considérée comme une transmission directe (car à grande proximité), alors que la transmission aérienne par aérosol est considérée comme une transmission indirecte car elle peut avoir lieu à grande distance.

La transmission de la tuberculose se fait par contact entre un animal infecté et un animal avec une lésion cutanée (Anses, 2011).

-Transmission indirecte : Transmission contagieuse de l'agent pathogène par le milieu ou par un moyen mécanique (Levi et al., 2016).

La transmission de l'hépatite E est possible par l'eau (voie hydrique) (Haddad et al., 2020).

-Vecteur : Pour l'OMS et certains parasitologues, les vecteurs ne peuvent être que des arthropodes hématophages chez lesquels les microorganismes subissent des transformations indispensables à leur cycle biologique (on parle de vecteur biologique). Les épidémiologistes envisagent une définition plus large incluant des vecteurs dits mécaniques qui incluent également les mollusques, mais aussi des supports inanimés capables de transporter l'agent pathogène sans qu'une partie de son cycle biologique ne s'y déroule (Moutou, 2015).

Les culicoïdes sont vecteurs biologiques de la fièvre catarrhale ovine. Les taons et les stomoxes sont des vecteurs mécaniques de la besnoitiose, sur les pièces buccales (Rossi et al., 2019).

ANNEXE 2 : TABLEAU DES MALADIES DES ONGULES SAUVAGES

Au vu de la taille conséquente du tableau, celui-ci ne peut pas être présenté dans ce document. Il est accessible dans le lien suivant :

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qb39-NWhzuhtdlinIG4Few2pMVzhve8En4zZQdKghb0/edit?usp=sharing>

Tableau 1 : Définition des colonnes du tableau présentant les maladies dont les ongulés sauvages sont réceptifs

Intitulés des colonnes	Précisions
Nom latin ou Famille et Genre pour les virus Nom de la maladie	Nom latin ou Famille et Genre de classification pour les virus Nom courant de la maladie et appellation scientifique de l'agent pathogène
Enjeux de l'agent pathogène	Les enjeux majeurs des agents pathogènes dont les ongulés sauvages sont réceptifs.
Espèces sensibles	Les espèces, hors ongulés sauvages et homme, sensible à la maladie, en France métropolitaine.
Ongulés sauvages réceptifs	Les espèces d'ongulés sauvages réceptif à la maladie en France métropolitaine
Danger sanitaire, déclaration obligatoire et Classes de la nouvelle législation européenne	Selon l'arrêté du 29 juillet 2013 relatif au danger sanitaire pour les espèces animales et les déclarations obligatoires définies dans le code rural et selon le Règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées.
Agent zoonotique	Agent pathogène pouvant être transmis par un animal (pas exclusivement les ongulés) à l'homme
Ongulés sources pour l'homme	Indique si les ongulés sauvages sont une source de la maladie pour l'homme avec les niveaux de risque suivants : "non", "potentielle mais pas de cas avéré", "cas sporadiques" ou "cas nombreux et/ou réguliers"
Ongulés sources pour les animaux de rente et domestiques	Indique si les ongulés sauvages sont une source de la maladie pour les animaux de rente et domestiques avec les niveaux de risque suivants : "non", "potentielle mais pas de cas avéré", "cas sporadiques" ou "cas nombreux ou réguliers"
Présence en France	Indique si l'agent pathogène est présent en France métropolitaine
Transmission	Voie de transmission de l'agent pathogène
Rôle épidémiologique des ongulés sauvages	Rôle d'un hôte dans la circulation, le maintien et la transmission d'un agent pathogène dans un écosystème : cul-de-sac

	épidémiologique, hôte de liaison, hôte de maintien, participation à un système multi-hôte de maintien (réservoir)
Gravité et signes chez l'homme	Echelon de gravité de 1+ à 3+ avec les signes cliniques les plus fréquemment présents chez l'homme
Gravité et signes chez les animaux de rente ou domestiques	Echelon de gravité de 1+ à 3+ avec les signes cliniques les plus fréquemment présents chez les animaux de rente ou domestique
Gravité et signes chez les ongulés sauvages	Echelon de gravité de 1+ à 3+ avec les signes cliniques les plus fréquemment présents chez les ongulés sauvages
Moyen de lutte et de prévention zoonotique	Moyen de lutte et de prévention contre la transmission de l'agent pathogène lorsque les ongulés sont sources de la maladie pour l'homme
Moyen de lutte et de prévention des animaux de rente et domestiques	Moyen de lutte et de prévention contre l'agent pathogène lorsque les ongulés sont sources de la maladie pour les animaux de rente ou domestiques
Gestionnaire de surveillance	Acteurs à l'origine des actions et dispositifs de surveillance mis en place en France métropolitaine et en Corse
Source permettant l'accès aux données de surveillance	Site web, publication scientifique ou rapport référençant les données de suivis de l'agent pathogène en France métropolitaine et en Corse
Laboratoire national de référence de la maladie	Laboratoire d'étude et d'analyse de référence de l'agent pathogène conformément à "Arrêté du 26 août 2019 modifiant l'arrêté du 29 décembre 2009 désignant les laboratoires nationaux de référence dans le domaine de la santé publique vétérinaire et phytosanitaire"
Présence de données de suivi en France	Indique la présence et la disponibilité des données selon 3 niveaux (peu ou pas d'informations, informations modérées, informations claires et précises) en France métropolitaine et en Corse
Bibliographie	Bibliographie pour les références spécifiques à la maladie. Les références bibliographiques comprenant plusieurs maladies sont dans la Feuille "Bibliographie générale".

Synthèse sur les risques sanitaires liés aux ongulés sauvages en France métropolitaine et en Corse

Auteur

FLIGNY Camille

Résumé

La présence de fortes densités de population humaine en France, les changements de pratiques d'élevage comme le développement de l'élevage en plein air, et l'augmentation des populations d'ongulés sauvages participent à l'augmentation des risques de transmission de maladies entre les ongulés sauvages, les humains (i.e. zoonose) et le bétail. Cette thèse présente les enjeux sanitaires, liés aux ongulés sauvages, identifiés en France : la contamination des humains par la manipulation et la consommation de gibier, la transmission de pathogènes entre les ongulés sauvages et les animaux domestiques, le rôle épidémiologique des ongulés au sein des systèmes multi-hôtes, le risque d'émergence de nouvelles maladies dans les populations d'ongulés sauvages françaises et enfin l'impact démographique d'agents pathogènes dans les populations sauvages. Les impacts économiques et de santé animale et humaine justifient la surveillance sanitaire des ongulés sauvages pour la prévention de la transmission de maladies vers les espèces domestiques et vers les humains, et pour la préservation des populations sauvages.

Mots-clés

Santé Publique, France, Ongulé, Cerf, Sanglier, Chevreuil, Chamois, Bouquetin

Jury

Président du jury : **Pr COCHAT Pierre**
Directeur de thèse : **Pr GILOT-FROMONT Emmanuelle**
Assesseur : **Dr LEGROS Vincent**