

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	6
LISTE DES ANNEXES	8
LISTE DES ABRÉVIATIONS	9
INTRODUCTION.....	11
PREMIÈRE PARTIE : Synthèse bibliographique	13
I- La tuberculose à <i>Mycobacterium bovis</i> au sein de la faune sauvage : généralités	14
1. Généralités sur les mycobactéries	14
2. Pathogénie	14
3. Symptômes observés	15
4. Les lésions	16
4.1. Les lésions macroscopiques	16
4.2. Les lésions microscopiques	17
5. Méthodes de surveillance et de diagnostic de la tuberculose à <i>M. bovis</i> dans la faune sauvage en France	17
5.1. Modalités de surveillance	17
5.1.1. Jusqu'en 2011	17
5.1.2. Depuis fin 2011 : le réseau Sylvatub	18
5.2. Méthodes diagnostiques	21
5.2.1. Le diagnostic nécropsique.....	21
5.2.2. La culture bactérienne.....	21
5.2.3. La PCR.....	22
5.2.4. Le typage moléculaire.....	23
II- Épidémiologie descriptive : la tuberculose à <i>Mycobacterium bovis</i> dans la faune sauvage.....	25
1. Dans le monde (hors Europe).....	25
1.1. En Amérique du Nord	25
1.1.1. Au Canada.....	25
1.1.2. Aux États-Unis.....	26
1.2. En Amérique Centrale	29
1.3. En Océanie	29
1.3.1. Nouvelle-Zélande.....	29
1.3.2. Australie	31
1.4. En Afrique	32
1.5. Au Moyen-Orient	36
1.6. Tableau récapitulatif.....	36
2. En Europe	38
2.1. En Grande-Bretagne et en République d'Irlande	38
2.2. En Espagne	41
2.3. Au Portugal	43
2.4. En Italie	44
2.5. En Suisse et dans la Principauté du Liechtenstein	45

2.6.	En Belgique, aux Pays-Bas et au Luxembourg	45
2.7.	Au Danemark, en Finlande, en Norvège et en Suède.....	45
2.8.	En Allemagne et en Autriche	46
2.9.	En Europe de l'Est.....	46
2.10.	Tableau récapitulatif	46
3.	En France.....	48
3.1.	Biologie et densités des populations sauvages	48
3.1.1.	Cerf élaphe (<i>Cervus elaphus</i>).....	48
3.1.2.	Chevreuril (<i>Capreolus capreolus</i>).....	52
3.1.3.	Sanglier (<i>Sus scrofa</i>)	54
3.1.4.	Blaireau (<i>Meles meles</i>).....	57
3.2.	Situation épidémiologique.....	60
3.2.1.	Forêt de Brotonne (Normandie).....	60
3.2.2.	Bourgogne.....	62
3.2.3.	Dordogne.....	65
3.2.4.	Autres départements français.....	66

III- Épidémiologie analytique : les facteurs de risque de transmission de

<i>Mycobacterium bovis</i> entre bovins et faune sauvage.....	70
1. Le taux d'infection dans les populations sensibles	70
2. Le niveau d'excrétion des populations infectées.....	70
2.1.1. Chez le cerf	71
2.1.2. Chez le sanglier	71
2.1.3. Chez le blaireau.....	71
3. Survie de <i>M. bovis</i> dans l'environnement	72
3.1. Survie dans le sol, la nourriture, l'eau.....	72
3.2. Survie dans les fèces	72
3.3. Survie à l'intérieur des terriers	73
3.4. Survie dans les carcasses d'animaux infectés	73
4. Le niveau d'interaction potentiellement contaminant entre hôtes excréteurs et hôtes sensibles	73
4.1. Influence de la présence et de la densité	74
4.2. Influence de l'éco-éthologie des espèces	74
4.3. Influence des pratiques d'élevage	75
4.4. Influence des pratiques cynégétiques	76
4.5. Influence de la saison	77
4.6. Influence de la structure paysagère	77

IV- Epidémiologie opérationnelle : mesures de maîtrise des facteurs de risque les plus efficaces pour réduire les risques d'interaction entre faune sauvage et animaux domestiques

80	
1. Limitation des interactions entre bovins et populations sauvages	80
2. Maîtrise de l'infection dans la population hôte sauvage	81
2.1. Action sur la densité.....	81
2.1.1. Limiter les facteurs d'agrégation	81
2.1.2. Réduction des densités	82
2.1.3. Eradication des populations hôtes.....	83
2.2. Limitation du recyclage des matières virulentes	84
2.3. Vaccination.....	84

DEUXIÈME PARTIE : Épidémiologie de la tuberculose bovine chez les bovins et la faune sauvage en Corrèze 88

I- Etude épidémiologique de la tuberculose bovine chez les bovins en Corrèze..... 89

1.	Objectif et contexte	89
1.1.	Objectif.....	89
1.2.	Contexte	89
1.3.	Cadre géographique.....	91
1.3.1.	Présentation du territoire.....	91
1.3.2.	Caractéristiques de l'élevage bovin en Corrèze.....	91
2.	Matériels et méthodes.....	93
2.1.	Définition de la population d'étude.....	93
2.2.	Recueil des données	94
2.3.	Traitement des données	94
3.	Résultats	94
3.1.	La tuberculose dans les élevages bovins de Corrèze.....	94
3.1.1.	Évolution dans le temps et dans l'espace.....	94
3.1.2.	Typologie des élevages infectés.....	96
3.1.3.	Les spoligotypes isolés	97
3.1.4.	Découverte des foyers et conséquences	98
3.1.5.	Origine des foyers	99
3.1.6.	Gestion épidémiologique, prophylaxie	99
3.2.	Situation épidémiologique dans les départements voisins	100
4.	Discussion	101
4.1.	Evolution de la tuberculose dans les cheptels bovins de Corrèze	101
4.2.	Origine de contamination et prophylaxie	101
4.3.	Situation dans les départements voisins	102
4.4.	Facteurs de risque de transmission de <i>M. bovis</i> liés aux bovins	103
4.4.1.	La densité en bovins.....	103
4.4.2.	Le type d'élevage	103
4.4.3.	Pouvoir excréteur des bovins	103
4.4.4.	Pratiques d'élevage considérées comme à risque	103
4.5.	Les hypothèses de lutte contre la tuberculose bovine chez les bovins.....	104
4.5.1.	Le dépistage généralisé	104
4.5.2.	Le dépistage ciblé.....	104
4.5.3.	Le dépistage à l'achat.....	105
4.5.4.	L'inspection des carcasses à l'abattoir.....	105
4.5.5.	Des enquêtes épidémiologiques de qualité	106
4.5.6.	La surveillance de la faune sauvage.....	106
4.5.7.	Entre réglementation et réalité de terrain	107
4.5.8.	Conclusion	107

II- Enquête épidémiologique sur la présence de la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage en Corrèze durant la saison 2011-2012..... 110

1.	Cadre spécifique de l'enquête épidémiologique	110
2.	Matériels et méthodes.....	111
2.1.	Les espèces à étudier	111
2.2.	Période d'étude.....	111
2.3.	Zone d'étude.....	111
2.3.1.	Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier.....	111
2.3.2.	Pour le blaireau	112

2.3.3.	Pour les micromammifères	112
2.4.	L'échantillonnage	113
2.4.1.	Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier.....	113
2.4.2.	Pour le blaireau	115
2.4.3.	Pour les micromammifères	115
2.4.4.	Synthèse sur l'échantillonnage	115
2.5.	Protocole de terrain	116
2.5.1.	Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier.....	116
2.5.2.	Pour le blaireau	116
2.5.3.	Pour les micromammifères	117
2.5.4.	Modalités de prélèvements et d'analyses.....	117
2.6.	Les analyses de laboratoire	118
2.6.1.	Protocole de culture	118
2.6.2.	Protocole de PCR.....	118
2.6.3.	Identification et typage des souches de <i>Mycobacterium</i>	118
2.7.	Traitement des données	119
3.	Résultats	119
3.1.	Les cerfs	119
3.1.1.	Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage.....	119
3.1.2.	Résultat des analyses.....	120
3.2.	Les chevreuils.....	121
3.2.1.	Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage.....	121
3.2.2.	Résultat des analyses.....	122
3.3.	Les sangliers	122
3.3.1.	Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage.....	122
3.3.2.	Résultat des analyses.....	124
3.4.	Les blaireaux	124
3.4.1.	Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage.....	124
3.4.2.	Résultat des analyses.....	125
3.5.	Les micromammifères.....	126
3.5.1.	Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage.....	126
3.5.2.	Résultat des analyses.....	127
3.6.	Synthèse des résultats.....	127
4.	Discussion	127
4.1.	Discussion autour de la méthode.....	127
4.1.1.	Choix des espèces étudiées	128
4.1.2.	Choix des zones d'étude	128
4.1.3.	Echantillonnage et prélèvements	129
4.1.4.	Sensibilité des tests diagnostiques utilisés sur la faune sauvage en Corrèze	
	131	
4.2.	Discussion autour des résultats de l'enquête épidémiologique sur la faune sauvage de Corrèze durant la saison 2011-2012	132
4.2.1.	Les cerfs	132
4.2.2.	Les chevreuils	132
4.2.3.	Les sangliers.....	133
4.2.4.	Les blaireaux	133
4.2.5.	Les micromammifères	133
4.3.	Perspectives	134

CONCLUSION.....	137
BIBLIOGRAPHIE	141
ANNEXES.....	153

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1. Volets de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage à appliquer en fonction du niveau de risque estimé	19
Tableau 2. Situation épidémiologique de la faune sauvage dans le monde (hors Europe) vis-à-vis de la tuberculose bovine et mesures de lutte mises en œuvre	37
Tableau 3. Situation épidémiologique de la faune sauvage en Europe (hors France) vis-à-vis de la tuberculose bovine et mesures de lutte mises en œuvre	47
Tableau 4. Évolution des prévalences apparentes d'infection (bactériologie) de tuberculose bovine chez les cerfs et les sangliers en forêt de Brotonne (Normandie), France	61
Tableau 5. Résultats de la surveillance programmée dans la forêt de Brotonne-Mauny en 2011-2012.....	62
Tableau 6. Résultats de la surveillance programmée en Côte-d'Or en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux	64
Tableau 7. Résultats de la surveillance programmée en Dordogne en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux	65
Tableau 8. Résultats de la surveillance programmée dans les Pyrénées-Atlantiques et les Landes en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux	67
Tableau 9. Type de production des cheptels bovins infectés de tuberculose bovine en Corrèze entre 2000 et 2012	97
Tableau 10. Spoligotypes mis en évidence dans les élevages infectés par <i>M. bovis</i> entre 2000 et 2012 en Corrèze.....	98
Tableau 11. Éléments de découverte des foyers de tuberculose bovine en Corrèze entre 2000 et 2012 et conséquences	98
Tableau 12. Objectifs de prélèvements en cerfs, chevreuils et sangliers pour la campagne 2011-2012.....	114
Tableau 13. Taille des échantillons et zone de prélèvement des espèces sauvages pour la recherche de la tuberculose bovine durant la saison 2011-2012.....	115
Tableau 14. Modalités de prélèvements et d'analyses des espèces prélevées dans le cadre de la recherche de la tuberculose bovine dans la faune sauvage corrézienne durant la saison 2011-2012.....	118
Tableau 15. Bilan des résultats obtenus lors de l'enquête épidémiologique menée dans la faune sauvage corrézienne pour la recherche de la tuberculose bovine, durant la campagne 2011-2012.....	127
Tableau 16. Exemple de plan de distribution des échantillons et des témoins dans les puits d'une plaque PCR de 96 puits, pour un système d'amplification et de détection des cibles génétiques dans deux cupules (Tub et IPC)	167

Liste des figures

Figure 1. Niveaux de surveillance à appliquer dans les départements français pour la saison cynégétique 2011-2012 à gauche (a) (NS 2011-8214) et pour la saison cynégétique 2012-2013 à droite (b)	20
--	----

Figure 2. Evolution des densités départementales de cerfs sur les surfaces boisées occupées entre 2000 et 2005	50
Figure 3. Évolution annuelle du tableau de chasse national cerf	51
Figure 4. Tableaux de chasse départementaux cerf, saison 2011-2012	51
Figure 5. Évolution annuelle du tableau de chasse national chevreuil.....	53
Figure 6. Tableaux de chasse départementaux chevreuil, saison 2011-2012.....	53
Figure 7. Évolution annuelle du tableau de chasse national sanglier.....	56
Figure 8. Tableaux de chasse départementaux sanglier, saison 2011-2012.....	56
Figure 9. Répartition communale des observations de blaireaux collectés dans les carnets de bord petits carnivores par l'ONCFS entre 2001 et 2005	59
Figure 10. Évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose bovine de 1995 à 2011, en France	90
Figure 11. Distribution par commune des foyers incidents de tuberculose bovine de 2000 à 2011	90
Figure 12. Répartition des exploitations bovines en Corrèze au 31 Décembre 2012	91
Figure 13. Répartition des femelles bovines de plus de 36 mois en Corrèze au 31 Décembre 2012.....	93
Figure 14. Comparaison de l'évolution des taux d'incidence de la tuberculose bovine entre la Corrèze et l'ensemble du territoire français, de 1985 à 2011.....	95
Figure 15. Répartition spatiale et temporelle des foyers de tuberculose à <i>M. bovis</i> en élevage bovins dans le département de la Corrèze, de 2000 à 2012	96
Figure 16. Illustration de parcelles morcelées autour de l'élevage de Saint-Bazile-de-Meyssac : alternance de pâtures et de bosquets, favorisant entre autres les contacts entre les bovins et la faune sauvage.....	104
Figure 17. Zone de prélèvement des cerfs, chevreuils et sangliers : les 11 Pays de Chasse du département de la Corrèze.....	112
Figure 18. Zone de prélèvement des blaireaux, définie par arrêté préfectoral.....	113
Figure 19. Cartographie des cerfs analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012.....	120
Figure 20. Cartographie des chevreuils analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012	121
Figure 21. Cartographie des sangliers analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012.....	123
Figure 22. Cartographie des blaireaux analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012.....	125
Figure 23. Cartographie des micromammifères analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012.....	126

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Table d'échantillonnage adaptée à partir de l'ouvrage d'épidémiologie appliquée de TOMA <i>et al.</i> (1991).....	153
Annexe 2 : Fiche de prélèvement pour les cerfs	154
Annexe 3 : Fiche de prélèvement pour les chevreuils.....	156
Annexe 4 : Fiche de prélèvement pour les sangliers	158
Annexe 5 : Fiche de prélèvement pour les blaireaux capturés dans le cadre de l'arrêté préfectoral.....	160
Annexe 6 : Fiche de prélèvement pour les blaireaux trouvés accidentés sur le bord des routes	161
Annexe 7 : Fiche de prélèvement pour les micromammifères	163
Annexe 8 : Méthode de recherche des bacilles tuberculeux par culture sur milieu solide (norme NF U 47-104, version en vigueur de 2003)	165
Annexe 9 : Mode opératoire du test PCR IS6110 de LSI	167

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADN = Acide DésoxyriboNucléique
AFSSA = Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, devenue l'ANSES en Juillet 2010
AM = Arrêté Ministériel
ANSES = Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOP = Appellation d'Origine Protégée
°C = degré Celsius
CUMA = Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole
DDCSPP 19 = Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations de la Corrèze
DDT = Direction Départementale des Territoires
DGAI = Direction Générale de l'Alimentation
ELISA = de l'anglais « *enzyme-linked immunosorbent assay* », dosage immuno-enzymatique sur support solide
FDC 19 = Fédération Départementale des Chasseurs de la Corrèze
FNC = Fédération Nationale des Chasseurs de France
GCDS = Groupement Corrèzien de Défense Sanitaire
IDC = IntraDermotuberculation Comparative
IDS = IntraDermotuberculation Simple
IFN γ = Interféron gamma
ISPV = Inspecteur de la Santé Publique Vétérinaire
LDA = Laboratoire Départemental d'Analyses
LNR = Laboratoire National de Référence
M. bovis = *Mycobacterium bovis*
NL = Nœuds Lymphatiques
ONCFS = Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONF = Office National des Forêts
PCR = de l'anglais « *Polymerase Chain Reaction* » = Amplification en chaîne par la polymérase
SAGIR = Réseau national de surveillance des maladies de la faune sauvage en France, basé sur l'analyse des causes de mortalité des mammifères et oiseaux sauvages (partenariat entre l'ONCFS, la FNC et les FDC)
VNTR = de l'anglais « *Variable Number Tandem Repeat* » = minisatellites = séquences de nucléotides composées de répétitions de séquences plus petites.

INTRODUCTION

Mycobacterium bovis (*M. bovis*) est une bactérie ubiquitaire qui infecte de nombreuses espèces animales, domestiques et sauvages, et l'Homme.

Chez les bovins, réservoir habituel de cette bactérie, elle provoque une maladie habituellement appelée « tuberculose bovine », après une contamination principalement par voie respiratoire. Cette maladie évolue généralement sur un mode chronique, le plus souvent sur des mois voire même des années. Les formes cliniques sont beaucoup moins fréquentes que l'infection : en matière de tuberculose bovine, « l'infection est la règle, la maladie l'exception ». De plus, cette infection est le plus souvent inapparente. Ainsi, des bovins, apparemment en bonne santé, peuvent être excréteurs de la bactérie et contaminer l'Homme et d'autres animaux, dont certaines espèces sauvages.

Cette maladie eut un poids économique et humain considérable au début du XX^{ème} siècle. Avant le début de la lutte organisée en France contre la tuberculose bovine en 1955, plus de 10% des bovins et de 20 à 50% des cheptels selon les départements étaient tuberculeux. Les pertes étaient estimées à 3% de la production bovine (en 1955, à 20 milliards de francs de l'époque, soit environ 400 millions d'euros actuels). Le risque zoonotique était très sous-estimé : en l'absence de lutte efficace (principalement la pasteurisation du lait), la proportion des cas de tuberculose humaine due à *M. bovis* pouvait être de l'ordre de 10 à 30%. Cette situation, jugée inacceptable, a été à l'origine de la création des Groupements de Défense Sanitaire (GDS), qui ont mis en place une prophylaxie facultative pour tenter de lutter contre cette maladie. Puis, en 1965, cette prophylaxie est devenue obligatoire et généralisée à toute la France. Grâce à des années de combat, la France a été déclarée officiellement indemne de tuberculose bovine en 2001.

Toutefois, la lente amélioration de la situation épidémiologique amorcée depuis le début de la lutte s'est arrêtée à partir de 2004 : une recrudescence de la tuberculose bovine est actuellement observée dans des élevages bovins de certains départements français, notamment la Côte-d'Or, la Dordogne, les Pyrénées-Atlantiques, ainsi qu'en Corse et en Camargue. Chaque année, de nouveaux départements sont touchés par la maladie, illustrant ainsi le côté dynamique de celle-ci. C'est le cas du département des Ardennes, qui comptabilise six foyers bovins depuis juin 2012. Depuis 2001, des cas de tuberculose bovine dans la faune sauvage, avec un lien épidémiologique établi entre les cas domestiques et les cas sauvages, ont été découverts dans certains d'entre eux, comme par exemple en Seine-Maritime (forêt de Brotonne), en Côte-d'Or et en Dordogne. De nombreux exemples à travers le monde montrent que les espèces sauvages peuvent jouer le rôle de réservoir de *M. bovis* et ainsi menacer le statut sanitaire des bovins domestiques, et réciproquement.

Cette situation préoccupe les organisations professionnelles agricoles, les services vétérinaires, le milieu cynégétique : ils savent, compte tenu de la situation dans certains pays étrangers, que la tuberculose est très difficile à éradiquer une fois qu'elle est installée dans la faune sauvage. En Côte-d'Or, la bactérie a été isolée chez un cerf, des sangliers, des blaireaux et des renards ; en Dordogne, elle l'a été sur des sangliers, des blaireaux, ainsi que sur un cerf et un chevreuil. De plus, en Dordogne, ont été trouvés pour la première fois des blaireaux porteurs de lésions évolutives de tuberculose, parfois étendues à plusieurs organes et sites

ganglionnaires, ce qui peut laisser craindre l'apparition d'un véritable réservoir de la maladie, qui pourrait conduire à une situation incontrôlable, comme c'est le cas au Royaume-Uni.

La Corrèze est un département lui aussi touché par la tuberculose bovine dans les cheptels bovins : en effet, depuis 2000, six foyers ont été identifiés et les cheptels abattus. Compte-tenu de la découverte croissante de cette maladie dans la faune sauvage et de ses conséquences, que ce soit dans le monde ou en France, et en particulier en Dordogne, département voisin de la Corrèze, il apparaît intéressant de connaître le statut sanitaire des espèces sauvages corréziennes vis-à-vis de la tuberculose à *M. bovis*.

C'est pourquoi une enquête épidémiologique, à l'initiative du Groupement Corrèzien de Défense Sanitaire, a été menée en 2011-2012 afin d'estimer les prévalences d'infection des espèces sauvages, de décrire les tableaux lésionnels, de localiser géographiquement les espèces infectées et de savoir s'il existe un lien avéré entre les cas domestiques et les cas sauvages.

La première partie de ce document vise à présenter les connaissances générales essentielles sur la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage (animaux non captifs), permettant de comprendre les travaux menés. Nous y développerons des éléments de bactériologie, de pathogénie et de diagnostic. Nous nous attacherons ensuite à faire une revue actualisée des connaissances sur les foyers de tuberculose bovine dans la faune sauvage dans le monde, en Europe et en France. Nous étudierons ensuite les facteurs de risque de transmission de *M. bovis* entre les bovins et la faune sauvage mis en évidence dans la littérature. Enfin, nous aborderons quelques mesures de maîtrise de ces facteurs de risque, qui permettraient de réduire les risques d'interaction entre les bovins et la faune sauvage.

Dans une deuxième partie, nous présenterons le travail réalisé sur le terrain. Nous détaillerons, dans un premier temps, le contexte épidémiologique actuel chez les bovins de Corrèze. Puis, nous décrirons l'enquête épidémiologique menée durant la saison 2011-2012 (protocole, résultats, discussion) dont le but principal était de connaître le statut de la faune sauvage corrézienne vis-à-vis de *M. bovis*.

Première partie
Synthèse bibliographique

I- La tuberculose à *Mycobacterium bovis* au sein de la faune sauvage : généralités

1. Généralités sur les mycobactéries

Les bacilles tuberculeux sont des bactéries classées dans l'ordre des ACTINOMYCETALES, famille des MYCOBACTERIACEAE, genre MYCOBACTERIUM.

Dans la famille des mycobactéries, trois groupes se distinguent selon leur pathogénicité : les mycobactéries pathogènes, les mycobactéries opportunistes et les mycobactéries saprophytes.

Au sein des mycobactéries pathogènes se trouvent deux complexes : le complexe *Mycobacterium tuberculosis* et le complexe *Mycobacterium Avium intraCellulare* (MAC) qui comprend notamment l'agent de la tuberculose aviaire, *Mycobacterium avium-intracellulare*, et l'agent de la paratuberculose, *Mycobacterium avium paratuberculosis*.

Mycobacterium bovis appartient au complexe *Mycobacterium tuberculosis*. C'est une bactérie pathogène pour de nombreuses espèces animales, aussi bien sauvages que domestiques, dont l'Homme. Les bacilles sont de petite taille (1 à 4 µm de long), immobiles et possèdent des acides mycoliques qui leur confèrent la propriété d'acido-alcool-résistance, utilisée pour la détection des mycobactéries (le bacille coloré avec de la fuchsine basique est résistant à la décoloration par l'acide et l'alcool).

Les bacilles tuberculeux nécessitent l'emploi de milieux bactériologiques spéciaux pour leur croissance et les cultures se développent lentement, 10 jours à 2 mois selon les bacilles tuberculeux (BENET et PRAUD, 2012).

Les mycobactéries sont sensibles à la chaleur (20 minutes à 60°C, 20 secondes à 75°C), d'où l'importance de la pasteurisation et de la stérilisation du lait. Elles résistent au froid et à la dessiccation, mais peuvent survivre entre cinq jours et quatre semaines dans l'environnement (MICHEL et BENGIS, 2012). Elles sont résistantes aux antibiotiques usuels (pénicilline, tétracycline, chloramphénicol,...). Le bacille tuberculeux est néanmoins sensible à certains médicaments, comme la streptomycine (traitement de la tuberculose humaine, associant toujours quatre antibiotiques pendant deux mois puis deux antibiotiques pendant quatre mois afin de réduire le risque d'échec thérapeutique lié à l'antibiorésistance).

2. Pathogénie

Elle se caractérise par deux étapes : une étape primaire (ou de primo-infection) et une étape secondaire.

Après pénétration dans l'organisme (un petit nombre suffit), les bacilles tuberculeux sont rapidement phagocytés par les macrophages. Les individus disposant de macrophages efficaces (capacité à former une vacuole de phagocytose emprisonnant le bacille tuberculeux, efficacité des enzymes de lysosome à digérer la paroi de ce bacille) sont capables de les détruire en quelques dizaines de minutes. Si la dose est trop forte ou si les macrophages sont génétiquement ou momentanément moins efficaces (baisse de l'immunité pendant la période autour du part ou en raison de carences alimentaires diverses), une partie des bacilles se

multiplie dans les cellules de la réaction inflammatoire tuberculeuse qui les ont phagocytés. Cette multiplication locale conduit en 8 à 15 jours à la formation d'une lésion initiale : le chancre d'inoculation, dont la taille peut être très petite (moins d'un millimètre). Cette lésion se double, à la faveur du drainage lymphatique des bacilles, d'une lésion tuberculeuse du nœud lymphatique loco-régional (loi de l'adénopathie satellite de PARROT). Cette association, chancre d'inoculation et adénopathie satellite, constitue le complexe primaire dont la localisation révèle la porte d'entrée de l'agent infectieux (pulmonaire dans 95 % des cas chez les bovins et les autres ruminants, digestif chez les porcs et les volailles (et les veaux), et à part égale entre ces deux voies pour les carnivores). Le complexe primaire peut évoluer selon trois modes différents : la stabilisation, la guérison ou la généralisation précoce (BENET et PRAUD, 2012).

La tuberculose secondaire résulte d'une prolifération de proche en proche ; les lésions sont regroupées dans un seul organe : on parle de tuberculose chronique d'organe. Les lésions, le plus souvent caséuses, peuvent s'ouvrir sur une voie de drainage naturelle (tube digestif, bronche,...), donnant ainsi des formes ouvertes. Cette forme peut se stabiliser mais tend fréquemment à se généraliser. Une coexistence de lésions aiguës et de lésions plus anciennes est souvent observée (BENET et PRAUD, 2012).

La tuberculose est l'archétype des maladies infectieuses à évolution chronique, c'est-à-dire d'évolution lente, progressive, s'étendant sur des mois et des années. Des poussées aiguës peuvent néanmoins survenir, ce qui accélère et aggrave l'évolution. La tuberculose est une maladie caractérisée par le fait qu'il y a beaucoup plus d'infectés que de malades. Dans les espèces humaine et bovine, l'état de « tuberculose-infection » peut persister pendant des années, voire toute la vie. Il faut souligner le défaut de corrélation entre l'importance des lésions et l'intensité des manifestations observées (BENET et PRAUD, 2012).

3. Symptômes observés

D'après le *Manuel terrestre* de l'OIE (2005), la mise en évidence clinique de la tuberculose chez les bovins est rarement possible dans les pays qui ont un programme d'éradication de la tuberculose, parce que le test intradermique de la tuberculine permet un diagnostic de présomption et l'élimination des animaux infectés avant que les signes n'apparaissent. Cependant, avant les campagnes nationales d'éradication de la tuberculose, les signes associés à cette maladie étaient communément observés. De la toux, induite par des changements de température ou une pression manuelle sur la trachée, et de la dyspnée peuvent être présentes. Dans les cas avancés, les nœuds lymphatiques sont souvent très hypertrophiés et peuvent obstruer le passage de l'air, le tractus alimentaire, ou les vaisseaux sanguins. L'atteinte des nœuds lymphatiques de la tête et du cou peut devenir visible et quelquefois on observe une rupture et un écoulement. L'implication du tractus digestif se manifeste par une diarrhée intermittente et, dans certains cas, par une constipation. L'extrême émaciation et la détresse respiratoire aiguë peuvent se rencontrer pendant les phases terminales de la tuberculose. Des lésions impliquant l'appareil génital femelle peuvent se présenter. L'appareil génital mâle est rarement atteint.

Chez les cerfs, il est rapporté (CLIFTON-HADLEY et WILESMITH, 1991) que les signes cliniques sont fonction de la distribution, variable, des lésions. Si ces dernières sont localisées aux nœuds lymphatiques internes ou concernent une faible surface pulmonaire, l'animal peut ne présenter aucun signe clinique durant toute sa vie. Au contraire, si les lésions tendent à se généraliser, en particulier dans les poumons, il en résulte une émaciation

progressive. Cependant, cette émaciation peut n'être visible que lorsque l'animal est à un stade avancé de la maladie, voire ne s'observe pas avant la mort de l'animal.

La croissance des bois peut être retardée chez les animaux présentant un mauvais état général. Durant la période de reproduction, les cerfs peuvent rester indifférents aux femelles et ces dernières peuvent ne pas venir en chaleur. Ces signes ne sont cependant pas spécifiques de la tuberculose.

Lorsque le tissu pulmonaire est lésé, de la toux et des râles respiratoires peuvent être observés. Toutefois, les cerfs peuvent survivre avec une fonction respiratoire limitée et sans détresse respiratoire apparente. Un ou plusieurs nœuds lymphatiques superficiels peuvent s'abcéder et lorsqu'ils se rompent, un pus épais et crémeux s'écoule à la surface de la peau.

Concernant le blaireau (*Meles meles*), GALLAGHER et NELSON (1979) rapportent le cas d'un blaireau mort de tuberculose dont le poids était de 5 kg, soit la moitié voire le tiers de son poids adulte. Ce blaireau, très émacié, présentait une enophtalmie, conséquence d'une perte de graisse infraorbitaire (rétraction de l'œil dans l'orbite, avec une distance de 1 cm entre le globe oculaire et le canthus interne). Les auteurs rapportent également que les blaireaux tuberculeux vus en vie étaient actifs plutôt en fin de matinée et durant l'après-midi (le blaireau est normalement un animal nocturne) et présentaient une faiblesse générale, de l'apathie. Les carcasses de ces blaireaux ont été retrouvées dans des lieux inhabituels, tels que des porcheries, des box de chevaux, des bâtiments agricoles et des parcs, sources de nourriture facilement accessibles pour ces blaireaux mal en point. GALLAGHER et CLIFTON-HADLEY (2000) illustrent leurs propos à l'aide d'une photographie montrant les poumons d'un blaireau atteint de tuberculose miliaire : cette femelle, âgée de 3-4 ans, pesait 5,4 kg, soit environ la moitié de son poids normal.

SEGALES *et al.* (2005) ont mis en évidence la présence de *M. bovis* par PCR dans les nœuds lymphatiques mandibulaires d'une laie sauvage (*Sus scrofa*) : cette femelle sanglier, âgée de 1 à 2 ans, a été retrouvée, moribonde, dans un parc national d'Espagne. Elle était cachectique : son poids était de 25,9kg (normes : 50 à 60 kg) et son index de graisse rénale de 0% (les normes étant de 42 à 92% pour une femelle de cet âge-là). Cet index correspond à une mesure du poids de la graisse rétropéritonéale exprimée en pourcentage du poids total graisse et reins.

PALMER *et al.* (2012) décrivent que, chez les possums de Nouvelle-Zélande infectés par *M. bovis*, l'état corporel et le comportement sont normaux, du moins au début de la maladie. En effet, au stade terminal, les possums se dispersent en dehors de leurs domaines vitaux, ne sont plus capables de grimper aux arbres et vagabondent en pleine journée (ANSES, 2011).

Nous pouvons donc dire que les symptômes observés chez les animaux tuberculeux ne sont pas vraiment spécifiques de la maladie. L'émaciation et le changement de comportement semblent dominer, même s'ils ne sont pas systématiquement observés.

4. Les lésions

4.1. Les lésions macroscopiques

Selon leur aspect se distinguent des lésions localisées et bien délimitées, les tubercules, et des lésions étendues et mal délimitées, les infiltrations et les épanchements tuberculeux (THOREL, 2003).

- Les tubercules ont des aspects variables selon leur stade évolutif. Tout d'abord, ils correspondent à des granulations de la taille d'une tête d'épingle, puis deviennent plus volumineux avec un centre occupé par une substance blanc jaunâtre, le caséum ; ensuite, ils deviennent caséo-calcaires, puis enkystés et fibreux.
- Les infiltrations sont des lésions mal délimitées de nature exsudative, étendues à tout un territoire ou à un organe (surtout dans les poumons).
- Les épanchements sont observés dans les cavités séreuses (pleurésie, péricardite, péritonite), parfois les articulations ou les méninges ; il s'agit d'exsudat inflammatoire, sérofibreux ou sérohémostatique, riche en cellules lymphocytaires.

4.2. Les lésions microscopiques

La lésion de base la plus représentative, considérée comme spécifique, est le follicule tuberculeux (THOREL, 2003). Celui-ci est formé par :

- un centre nécrotique homogène, appelé caséum,
- d'une première couronne de cellules épithélioïdes associées ou non à des cellules géantes multinucléées, les cellules de Langhans,
- d'une seconde couronne purement lymphocytaire.

L'évolution de cette lésion peut se réaliser dans le sens d'une calcification du caséum, avec fibrose périphérique.

Les lésions tuberculeuses peuvent avoir différentes localisations : pulmonaire, hépatique, splénique, rénale, gastro-intestinales, pleurale... Nous y reviendrons dans la partie II.

5. Méthodes de surveillance et de diagnostic de la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage en France

5.1. Modalités de surveillance

5.1.1. Jusqu'en 2011 (HARS *et al.* 2011, HARS *et al.* 2012)

Les cas de tuberculose bovine chez les animaux sauvages ont été détectés en premier lieu selon un mode événementiel, c'est-à-dire par la découverte fortuite par des chasseurs de lésions évocatrices de tuberculose lors de l'éviscération des animaux ou par l'analyse d'animaux trouvés morts dans le cadre du réseau SAGIR (réseau national de surveillance des maladies de la faune sauvage en France).

Ils ont pu par ailleurs être détectés selon un mode actif (surveillance programmée) grâce à des enquêtes épidémiologiques ciblées mises en œuvre dans des départements ou des zones plus restreintes. Dans ce cas, un échantillon d'animaux tués à la chasse ou piégés est examiné et fait l'objet de prélèvements systématiques de nœuds lymphatiques (céphaliques, pulmonaires et mésentériques) et éventuellement d'organes suspects pour analyse. Ceci se justifie par le fait que de nombreux sangliers et blaireaux infectés par *M. bovis* ne manifestent pas de lésions macroscopiques visibles à l'autopsie, ces lésions se limitant souvent à certains ganglions de la tête ou du poumon.

La mise en œuvre de ces enquêtes faisait suite à plusieurs types d'événements :

- l'émergence, la recrudescence ou la persistance de foyers de tuberculose chez des bovins du département,
- la recrudescence de foyers de tuberculose chez des bovins dans un département voisin,
- la présence de tuberculose dans des élevages de cervidés,
- l'isolement de *M. bovis* sur un animal sauvage découvert mort et collecté par le réseau SAGIR,
- l'isolement de *M. bovis* sur un ou des animaux sauvages tués à la chasse qui ont pu ou non être collectés par SAGIR,
- la recherche de la tuberculose dans le cadre d'enquêtes épidémiologiques plus générales sur la faune sauvage ciblant plusieurs maladies et une ou plusieurs espèces (Convention GDS-France/FNC).

Selon les départements, les enquêtes programmées ont été conduites à l'initiative, parfois conjointe, de la Direction départementale en charge de la protection des populations (DDPP), du Groupement de défense sanitaire (GDS) ou de la Fédération départementale de la chasse (FDC). Elles avaient pour but de vérifier que la faune sauvage n'avait pas été contaminée par les bovins ou de suivre l'évolution d'un foyer sauvage identifié, en général dans un contexte de persistance de l'infection chez les bovins.

La surveillance conduite en France depuis une dizaine d'années a mis en évidence que la faune sauvage de plusieurs départements est infectée par *M. bovis* à des niveaux variables. Toutefois, le bilan présenté par les auteurs (HARS *et al.* 2012) révèle une hétérogénéité des actions de surveillance qui rend difficile la confrontation et l'interprétation des résultats à l'échelle nationale. C'est pourquoi la Plateforme nationale de surveillance épidémiologique en santé animale anime, depuis fin 2011, un dispositif national de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage, dénommé « Sylvatub », mis en place par le ministère en charge de l'agriculture.

5.1.2. Depuis fin 2011 : le réseau Sylvatub

La note de service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20 Septembre 2011 précise les objectifs du réseau Sylvatub :

- détecter la présence de tuberculose bovine dans différentes espèces sauvages sensibles en France métropolitaine et son évolution ;
- suivre l'évolution du niveau d'infection chez les espèces sauvages sensibles dans les zones où elle a été détectée dans la faune sauvage ;
- partager des informations scientifiques et des connaissances techniques relatives à la tuberculose bovine dans la faune sauvage ;
- caractériser les souches de *Mycobacterium bovis* isolées chez les animaux sauvages sur l'ensemble du territoire français et constituer une collection représentative de souches.

Le dispositif repose sur plusieurs activités de surveillance complémentaires qui sont déployées ou non dans chaque département, en fonction d'une estimation du niveau de risque local ou départemental d'exposition de la faune sauvage à la tuberculose bovine (RIVIERE *et al.*, 2012) (Tableau 1).

Tableau 1. Volets de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage à appliquer en fonction du niveau de risque estimé

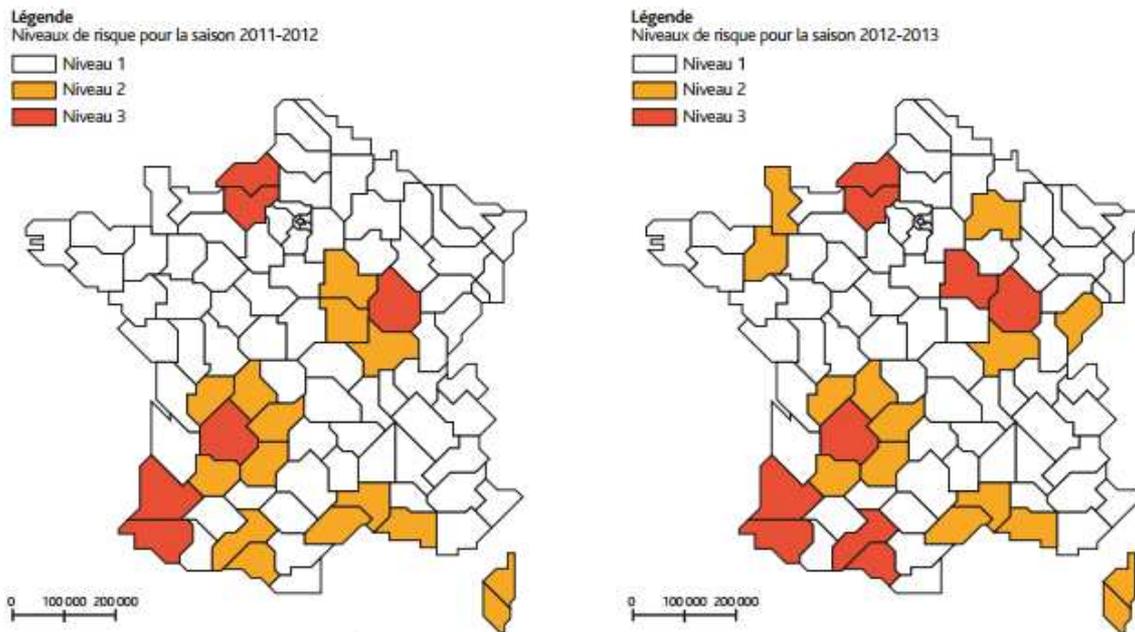
Modalités de surveillance	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Surveillance des cervidés et des sangliers porteurs de lésions suspectes détectées par l'examen initial de la venaison	X	X	X
Surveillance des sangliers, des cervidés et des blaireaux prélevés par SAGIR	X	X	X
Renforcement du réseau SAGIR en zone infectée		X	X
Surveillance des cadavres d'espèces sensibles signalés sur les routes		X	X
Surveillance active des blaireaux en zone infectée		X	X
Surveillance active sur les cerfs et les sangliers tués à la chasse			X

Source : Note de service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20 septembre 2011

Trois niveaux de risque ont été définis pour la saison cynégétique 2011-2012 (Figure 1), l'analyse de risque devant être reconduite chaque année selon la dynamique de l'infection et l'apparition éventuelle de nouveaux foyers chez les bovins et dans la faune sauvage :

- Le niveau 3 est appliqué aux départements dans lesquels la tuberculose bovine présente une prévalence relativement élevée et où il est nécessaire de caractériser davantage la circulation de la maladie parmi la faune sauvage. A titre indicatif, on peut retenir comme critères un seuil de 10 foyers de tuberculose bovine en 2 ans dans une même zone et la mise en évidence d'animaux sauvages infectés ou l'existence d'un réservoir primaire dans la faune sauvage pour lequel un suivi de l'efficacité des mesures de lutte est nécessaire.
- Le niveau 2 est appliqué dans les départements en fonction des éléments suivants :
 - Mise en évidence récente de cas de tuberculose bovine dans la faune sauvage ;
 - Détection de foyers bovins de façon régulière ou avec une augmentation soudaine d'incidence notamment dans un contexte de rythme de prophylaxie allégé ;
 - Proximité de zones classées en niveau 3.
- Le niveau 1 est attribué dans tous les autres départements, considérés comme étant à faible risque vis-à-vis de la tuberculose bovine.

Figure 1. Niveaux de surveillance à appliquer dans les départements français pour la saison cynégétique 2011-2012 à gauche (a) (NS 2011-8214) et pour la saison cynégétique 2012-2013 à droite (b)



Source : RIVIERE *et al.*, 2012

La mise en œuvre de ce dispositif repose sur l'implication des acteurs départementaux, en particulier les Directions départementales en charge de la protection des populations (DDPP), les Directions départementales des territoires (DDT) et les lieutenants de louveterie, les chasseurs et Fédérations départementales de la chasse (FDC), les services départementaux de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), les piégeurs agréés et les équipages de vénerie sous terre, ainsi que les Laboratoires Départementaux d'Analyses (LDA). La gouvernance nationale est assurée par un comité de pilotage regroupant les représentants nationaux des différentes institutions ou organismes intervenant dans le dispositif. Un animateur est chargé d'harmoniser les dispositifs de surveillance, de centraliser et d'analyser les données de commémoratifs et d'analyse, en apportant par ailleurs un soutien technique et organisationnel à la mise en place des protocoles dans les départements. La restitution des résultats est effectuée par l'animateur en collaboration avec les acteurs locaux (FDC, DDPP, coordonnateurs régionaux) auprès des référents départementaux Sylvatub, qui eux-mêmes doivent les transmettre aux chasseurs concernés (RIVIERE *et al.*, 2012).

Le caractère pluri-partenarial du réseau Sylvatub rend son organisation relativement complexe ; sa mise en place s'est faite progressivement au cours de la saison de chasse 2011-2012. De plus, certaines modalités de surveillance (renforcement du réseau SAGIR et surveillance des cadavres de blaireaux signalés en bord de route) n'ont pu être mises en œuvre pour des raisons administratives d'ordre national. D'autre part, la surveillance active des blaireaux est, pour la plupart des départements concernés, actuellement en cours de réalisation

(RIVIERE *et al.*, 2012). Cette activité s'adressant à une espèce dont le statut est partiellement protégé, elle ne doit prendre place que là où le risque le justifie (ANSES, 2011).

5.2. Méthodes diagnostiques

5.2.1. Le diagnostic nécropsique

Il est basé sur la recherche des lésions macroscopiques précédemment décrites, lors de l'autopsie ou de l'éviscération des animaux. Cependant, ce diagnostic est peu sensible et peu spécifique.

CLIFTON-HADLEY et WILESMITH (1991) précisent, dans leur article portant sur la tuberculose chez le cerf, que ni les lésions post-mortem, ni les examens histologiques ne sont pathognomoniques d'une infection à *M. bovis*. Ils affirment également que l'isolement de *M. bovis* n'est pas toujours possible, même si des lésions évocatrices de tuberculose sont visibles. Ils prennent pour exemple une étude de 1984 dans laquelle l'infection par *M. bovis* a été confirmée dans 84% des cas de lésions macroscopiques. MACKINTOSH *et al.* (2004) rapportent que d'autres espèces de mycobactéries, comme *M. avium* subsp. *avium*, peuvent générer chez le cerf élaphe des lésions macroscopiques, mais aussi microscopiques, similaires à celles retrouvées lors de l'infection par *M. bovis*. Toutefois, dans une enquête épidémiologique menée en forêt de Brotonne en 2005-2006, il a été montré que la présence de lésions évocatrices de tuberculose est très fortement corrélée à la présence de *M. bovis* chez le cerf élaphe : 88% +/- 13% des animaux porteurs de lésions étaient infectés par cette mycobactérie et 100% des animaux infectés par *M. bovis* présentaient des lésions tuberculeuses. En forêt de Brotonne, un cerf présentant des abcès peut donc être considéré comme infecté par *M. bovis* (DUVAUCHELLE, 2007).

Chez le sanglier, l'enquête en forêt de Brotonne durant la saison 2005-2006, a également montré que la présence de lésions macroscopiques est corrélée à l'infection par *M. bovis* : la bactérie a été isolée chez 79% +/- 11% des animaux porteurs de lésions. Cependant, il a été trouvé 16% +/- 8% d'animaux infectés par la mycobactérie parmi ceux non porteurs de lésions (DUVAUCHELLE, 2007).

Les lésions macroscopiques chez les blaireaux ne sont développées que dans une minorité de cas, entre 20% (CORNER, 2006) et 40% (JENKINS *et al.*, 2008). Ce dernier auteur rapporte que 53,7% des blaireaux tuberculeux adultes présentant des blessures par morsures ont des lésions macroscopiquement visibles.

5.2.2. La culture bactérienne

Elle demeure l'outil de référence chez les animaux sauvages, comme le souligne la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20 Septembre 2011, car elle bénéficie d'une bonne sensibilité (Se) et d'une spécificité (Sp) parfaite, garante d'un diagnostic discriminatoire entre *M. bovis* et les autres mycobactéries qui circulent dans l'environnement. Elle permet l'isolement de la mycobactérie et son identification jusqu'à l'espèce. La culture bactérienne doit être réalisée dans l'un des seize laboratoires agréés par la Direction générale de l'alimentation (HARS *et al.*, 2012).

La durée d'obtention des résultats est un des inconvénients de cette technique, puisqu'elle est d'au moins trois mois. En effet, la bactérie a un rythme multiplicatif très lent. De plus, les conditions de préservation des tissus sont également importantes pour garantir un bon niveau de détection de mycobactéries, parfois très rares dans les tissus. Par exemple, concernant le blaireau, la prévalence de la tuberculose sur les cadavres retrouvés sur les routes est nécessairement sous-estimée en raison du processus d'autolyse des tissus et de la prolifération de bactéries contaminantes survenant précocement sur les cadavres (CORNER *et al.*, 2011), lesquels sont souvent trouvés et prélevés de nombreuses heures après la mort.

5.2.3. La PCR

C'est la méthode alternative de détection directe. Elle est actuellement proposée par seize laboratoires formés à la technique.

Elle est au moins aussi sensible que la culture bactérienne chez les bovins (Se culture = 82% (+/- 10%) et Se PCR = 87% (+/-8%)) (MOYEN *et al.*, 2011). Elle a l'avantage de donner un résultat sous 48 heures. Elle permet de compléter l'analyse bactériologique, notamment pour les prélèvements détériorés, inexploitable en mycobactériologie classique (ANSES, 2011).

Une des limites de la PCR à l'heure actuelle, dans le cadre d'analyses menées sur la faune sauvage, est sa spécificité : en effet, elle ne permet pas de différencier les infections à *M. bovis* de celles dues à d'autres bacilles tuberculeux, comme *M. microti*. Un autre inconvénient est son coût, relativement élevé.

Dans l'article rédigé par HARS *et al.* (2012), présentant notamment une synthèse des résultats de recherche de la tuberculose bovine dans la faune sauvage de certains départements français, menée ces dix dernières années, il est rapporté une distorsion dans les résultats de diagnostic direct, en particulier chez le sanglier et le blaireau. Plus précisément, il a été observé que des animaux ayant fourni une réponse positive en culture étaient négatifs en PCR, et inversement. Nous pouvons trouver à ce phénomène plusieurs explications :

- les techniques PCR utilisées par les différents laboratoires ne sont pas identiques (extraction et/ou amorces différentes, cibles génétiques différentes), et de fait n'ont pas forcément les mêmes caractéristiques de sensibilité et de spécificité ;
- *Mycobacterium microti*, un germe génétiquement très proche de *M. bovis* mais très difficile à cultiver, peut être à l'origine de réactions croisées positives en PCR : en effet, les cibles génétiques utilisées par les différents laboratoires pour détecter *M. bovis* sont également présentes dans ce bacille responsable de la tuberculose des micromammifères. Des infections à *M. microti* ont été confirmées chez des sangliers en Italie (DONDO *et al.*, 2007), chez des blaireaux en Grande Bretagne (SMITH *et al.*, 2009) ;
- pour les prélèvements paucibacillaires (c'est-à-dire faiblement infectés), traités par des techniques de sensibilités égales, il est possible que *M. bovis* soit détecté dans une partie du prélèvement par une technique et pas par l'autre ;
- certaines matrices, notamment les nœuds lymphatiques, peuvent être stériles du fait des défenses immunitaires de l'animal : la PCR permettra alors de détecter des traces de l'ADN du bacille mort ayant infecté l'animal alors que la culture restera négative.

Ceci justifie par ailleurs la mise en place du réseau Sylvatub, qui permet d'appliquer sur le terrain un protocole de suivi standardisé de la tuberculose bovine dans la faune sauvage, notamment en ce qui concerne les méthodes diagnostiques. Ce protocole prévoit (Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20 Septembre 2011) la bactériologie comme méthode diagnostique de référence et précise que l'utilisation de la PCR sera limitée au traitement des lésions fortement évocatrices de tuberculose afin de confirmer ou d'infirmer rapidement la suspicion et, en fonction du contexte local, de mettre en place des mesures de gestion sans attendre pendant plusieurs mois le résultat définitif de la bactériologie.

5.2.4. Le typage moléculaire

Une fois la souche de *M. bovis* isolée, son génotypage permet d'étudier l'origine de l'infection, les profils de transmission et dispersion de la maladie, et le lien entre la tuberculose d'espèces domestiques et sauvages.

Ainsi, pour des études d'épidémiologie moléculaire, on utilise des marqueurs qui apportent suffisamment de polymorphisme afin de différencier des souches, mais qui sont également assez stables dans le temps (HADDAD *et al.*, 2004). La méthode la plus utilisée est le spoligotypage. Il s'agit d'une technique d'hybridation qui assure, en une seule étape, l'identification des bacilles tuberculeux et le typage génomique. Elle est fondée sur la caractérisation de la région de « Direct Repeats » (DR) spécifique du génome des mycobactéries du complexe *M. tuberculosis* (KAMERBEEK *et al.*, 1997). En France, il existe plus de 180 spoligotypes différents de *M. bovis* isolés à partir d'animaux de rente et sauvages. Le typage par « Variable Number Tandem Repeats » (VNTR) permet l'amélioration de la discrimination de souches, notamment quand elles présentent des spoligotypes très répandus (exemples des spoligotypes SB010 ou SB0134 en France). Il consiste en la caractérisation des régions génomiques à minisatellites, contenant des séquences répétées en tandem en nombre variable selon les souches (SKUCE *et al.*, 2005).

SYNTHESE

La tuberculose bovine est due à une bactérie, *Mycobacterium bovis*, très résistante dans le milieu extérieur et à croissance lente. Il s'agit d'une maladie d'évolution le plus souvent chronique, dont les manifestations cliniques sont peu caractéristiques (amaigrissement des animaux, modifications comportementales) et la lésion macroscopique la plus représentative est le tubercule.

Cette bactérie, dont le réservoir habituel est constitué par les bovins, a été isolée chez des espèces sauvages en France (cerfs, sangliers, blaireaux). Ainsi, depuis fin 2011, existe le réseau Sylvatub, chargé de la surveillance épidémiologique de la tuberculose bovine dans la faune sauvage à l'échelle nationale. Ce dispositif vise, entre autres, à obtenir une vision plus exhaustive de l'infection tuberculeuse de la faune sauvage, en appliquant un protocole de suivi standardisé (voir la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011). Ce protocole impose notamment d'avoir recours à la culture bactériologique pour mettre en évidence l'infection chez les espèces sauvages. La culture est considérée comme la méthode diagnostique de référence, contrairement à la PCR, qui peut cependant être utilisée en seconde intention.

Les nombreuses enquêtes menées dans la faune sauvage montrent que le diagnostic lésionnel ne dispose pas d'une bonne sensibilité ni d'une bonne spécificité : nous ne pouvons donc pas nous en contenter pour dire qu'un animal est infecté ou non par *M. bovis*.

II- Épidémiologie descriptive : la tuberculose à *Mycobacterium bovis* dans la faune sauvage

Depuis les années 60, la tuberculose due à *M. bovis* a été décrite dans la faune sauvage de plusieurs pays à travers le monde. Selon les cas, les populations des différentes espèces de mammifères trouvées infectées par *M. bovis* sont considérées comme (ANSES, 2011) :

- des réservoirs primaires, lorsqu'elles sont capables d'entretenir à elles seules l'infection dans le milieu naturel et de la transmettre aux autres espèces réceptives et/ou sensibles, domestiques ou sauvages (dans ce cas, les populations sont aussi qualifiées de populations de maintien, ou de maintenance, de l'infection ; *maintenance host* en anglais) ;
- des réservoirs secondaires, lorsqu'elles sont capables d'entretenir l'infection et de la transmettre à d'autres espèces sauvages ou domestiques tant que le réservoir primaire est présent dans la nature. Si ce réservoir primaire est éradiqué, l'infection persistera un certain temps dans le réservoir secondaire, mais finira par disparaître naturellement (*spillover host* en anglais) ;
- des culs-de-sac épidémiologiques, lorsqu'elles sont victimes de contaminations à partir du ou des réservoirs, mais ne peuvent ni entretenir ni transmettre l'infection tuberculeuse à long terme ; elles sont toutefois susceptibles d'être des sentinelles épidémiologiques comme peuvent l'être les prédateurs et nécrophages qui interviennent en bout de chaîne alimentaire (*dead end host* en anglais).

1. Dans le monde (hors Europe)

1.1. En Amérique du Nord

1.1.1. Au Canada

L'infection à *M. bovis* chez les espèces sauvages n'a guère attiré l'attention au Canada jusqu'à ce que la maladie soit presque éliminée du bétail domestique. La tuberculose était enzootique chez les bisons des plaines (*Bison bison bison*) et était observée chez les wapitis (*Cervus elaphus canadensis*), les orignaux (*Alces alces*) et les cerfs-mulets (*Odocoileus hemionus*) dans le Parc National Buffalo, en Alberta, durant les années 1920-1930. Les bisons se sont déplacés du Parc National Buffalo vers le Parc National Wood Buffalo, dans lequel la tuberculose est devenue et est restée enzootique chez les bisons, mettant ainsi en péril les efforts de rétablissement des bisons dans le Nord du Canada. Même dans des conditions de faible densité d'individus, la tuberculose semble avoir été entretenue, peut-être en raison du caractère grégaire des bisons (WOBESER, 2009).

La tuberculose a été trouvée chez un cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), dans l'Ontario, en 1959 : il s'agissait d'un mâle de 2,5 ans, atteint d'une pleurésie granulomateuse (WOBESER, 2009).

En 1978, deux louveteaux ont été retrouvés morts dans la région du Parc National du Mont-Riding, dans le Manitoba. Ils présentaient une lymphadénite impliquant les nœuds lymphatiques abdominaux ; des bacilles acido-alcool-résistants ont été observés, desquels *M. bovis* a été isolée. Une bactérie a été identifiée comme étant *M. bovis* sur un loup, cette même

année. Un wapiti a été trouvé infecté de tuberculose en 1992 dans la région du même parc : il avait été tué à proximité d'une ferme elle-même infectée. Une surveillance intense a permis le dépistage de 40 wapitis, 8 cerfs de Virginie et 7 troupeaux de bétail infectés, entre 1997 et 2008, dans la région du Parc National du Mont-Riding. Deux spoligotypes, dont un prédominant, ont été mis en évidence chez ces trois espèces, ce qui permet de dire qu'il y a eu transmission interspécifique. Le spoligotype dominant a également été retrouvé chez le loup de 1978. Ces deux spoligotypes n'ont jamais été retrouvés dans le reste du pays, soulignant ainsi la relation épidémiologique entre ces différents cas (WOBESER, 2009).

FITZGERALD et KANEENE (2013) rapportent que, parmi les wapitis porteurs de *M. bovis*, 61,3% présentaient des lésions macroscopiques céphaliques (notamment au niveau des nœuds lymphatiques rétropharyngiens) et 48,4% présentaient des lésions macroscopiques pulmonaires. Ces lésions variaient de granulomateuses à caséo-calcaires.

La surveillance de la maladie dans le Parc National du Mont-Riding a commencé en 1997. Elle comprend une surveillance passive des animaux tués à la chasse à l'extérieur du parc, une surveillance active des animaux vivant à l'intérieur du parc *via* des examens sérologiques *ante-mortem* et la surveillance ciblée d'animaux opportunistes (tués sur les routes,...). L'examen nécropsique des carcasses d'animaux constitue également une forme de surveillance, accompagné d'examens histologiques, de cultures bactériologiques et de PCR. La surveillance passive a permis de mettre en évidence une prévalence de 0,4% chez les wapitis et de 0,2% chez les cerfs, à l'extérieur du parc, alors que la surveillance active a révélé une prévalence combinée de 3,6% chez les wapitis et les cerfs, à l'intérieur du parc. Certaines mesures ont été mises en œuvre pour prévenir l'extension de la maladie, telles que la mise en place de clôtures autour des stocks de foin, la réduction des populations de wapitis via l'allongement des périodes de chasse et le moindre contrôle des prédateurs (loups), l'interdiction du nourrissage, le contrôle des feux de forêt afin d'éviter que les wapitis ne résident en dehors de leur habitat. Le succès de ces mesures a pu être constaté : les lésions tuberculeuses sont moins présentes, en particulier chez les jeunes wapitis, la prévalence de la maladie a diminué chez les cerfs et les bovins. L'éradication est en cours (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

1.1.2. Aux États-Unis (PALMER *et al.*, 2012)

Avant 1994, quelques cas isolés de tuberculose chez le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) ont été rapportés aux États-Unis. Il s'agissait de cerfs en captivité, de cerfs tués à la chasse ou de cerfs morts accidentellement, avec à chaque fois, un ou deux animaux concernés. A cette époque, on supposait que *Mycobacterium bovis* chez le cerf trouvait son origine dans le bétail tuberculeux de la région. Cependant, aucune étude complémentaire n'a été menée et aucune comparaison de souches bactériennes n'a été effectuée pour confirmer cette hypothèse. En 1975, un cerf de Virginie sauvage a été trouvé porteur de *M. bovis* dans le Nord du Michigan mais cette découverte n'a motivé aucune enquête complémentaire dans les populations sauvages. Pendant ce temps, le Michigan a été déclaré indemne de tuberculose bovine par le Département Américain de l'Agriculture.

En 1994, l'infection par *M. bovis* d'un cerf de Virginie tué à la chasse a été confirmée. Ce cerf se trouvait à seulement 13 kilomètres du site où le cerf tuberculeux avait été trouvé en 1975. Les enquêtes qui en ont découlé ont permis de mettre en évidence un foyer d'infection par *M. bovis* chez les cerfs de Virginie, dans le nord-est du Michigan (SCHMITT *et al.*, 1997). Ceci représente le premier réservoir connu de *M. bovis* dans la faune sauvage libre aux

États-Unis et la première épizootie de tuberculose chez les cerfs de Virginie dans le monde. Il a été constaté ultérieurement que les régions regroupant les plus fortes densités de cerfs concentraient les cas de tuberculose. La transmission et le maintien de l'infection par *M. bovis* chez les cerfs du Michigan étaient facilités, non seulement par les concentrations importantes d'animaux, mais aussi par les pratiques courantes de nourrissage de ces derniers durant l'hiver (dont le but était de diminuer la mortalité hivernale et empêcher les migrations, afin de préserver un nombre suffisant de cerfs pour la chasse). Face à cela, on comprend alors que la transmission de *M. bovis* entre cerfs est facilitée. Cette transmission peut se faire par contact direct (contacts physiques (nez à nez), transmission *via* les aérosols) ou indirect (deux animaux partageant la même nourriture ou le même site de nourrissage). De plus, le stress généré par la surpopulation de cerfs au niveau des sites de nourrissage peut entraîner une défaillance du système immunitaire, permettant ainsi à la maladie de se développer et d'augmenter sa probabilité de transmission. D'autres facteurs, tels que des sites de nourrissage localisés près des forêts, le nombre de nourrissages par an, la présence d'autres sites de nourrissage à proximité, font augmenter le risque d'infection. Les analyses réalisées montrent que la majorité des cerfs de Virginie vivant dans le Michigan est infectée par la même souche de *M. bovis*, suggérant ainsi qu'il existe une seule source d'infection.

Les examens nécropsiques réalisés chez les cerfs de Virginie tuberculeux montrent une atteinte prédominante des nœuds lymphatiques rétropharyngiens, suivie par une atteinte des poumons et des nœuds lymphatiques associés. La présence de fistules s'établissant à partir des nœuds lymphatiques superficiels n'a pas été rapportée chez le cerf de Virginie, alors qu'elle a été observée chez le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), le wapiti (*Cervus canadensis*) et le daim (*Dama dama*). Les lésions microscopiques correspondent au follicule tuberculeux classique ; elles sont souvent entourées de quantité variable de tissu conjonctif fibreux (alors que ce dernier est abondamment présent chez le bétail) et le nombre de bacilles observés dans le caséum, les macrophages ou les cellules de Langhans est faible.

Depuis la mise en évidence de la tuberculose chez le cerf de Virginie en 1994, plus de 50 troupeaux de bétail ont été trouvés infectés par *M. bovis* dans le Michigan. Les analyses réalisées suggèrent que le bétail, les cerfs et d'autres espèces sauvages sont infectés par une souche commune de *M. bovis*. Les cerfs sont responsables de la recontamination des bovins, par contact direct mais surtout par contact indirect, *via* le partage de nourriture (les cerfs sont souvent observés mangeant du foin au râtelier des vaches ; leur salive et leurs sécrétions nasales peuvent contenir *M. bovis* et sont en cela des sources de contamination de la nourriture). Les cerfs sont également une source d'infection pour le coyote (*Canis latrans*), le lynx roux (*Felis rufus*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), l'ours noir (*Ursus americanus*), l'opossum (*Didelphis virginiana*), le raton laveur (*Procyon lotor*) et le chat domestique (*Felis catus*). Ces dernières espèces se seraient contaminées *via* la consommation de carcasses de cerfs infectés. Les lésions qu'elles développent sont plutôt limitées, suggérant ainsi que nous pouvons les considérer comme des cul-de-sac épidémiologiques.

Des mesures de contrôle ont été prises pour prévenir l'augmentation de la prévalence de la maladie chez les cerfs de Virginie et son extension géographique : réduire les populations et les densités de cerfs *via* la chasse, réduire ou supprimer le nourrissage, surveiller les espèces carnivores et omnivores, tester l'ensemble du bétail avec la tuberculine. En 1998, le nourrissage a été banni dans toutes les régions où des cerfs ont été trouvés infectés. Une réduction de 50% des effectifs de cerfs a été pratiquée dans les zones où la tuberculose est enzootique. Entre 1998 et 2002, la prévalence apparente de la maladie chez les cerfs du Michigan était comprise entre 2,3 et 2,8%, contre 5,1% en 1995 (FITZGERALD *et*

al., 2004). Un modèle épidémiologique suggère que de nouvelles réductions de la population de cerfs et la mise en œuvre d'une interdiction stricte de nourrissage, d'affouragement sont nécessaires pour éradiquer la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage et le bétail du Michigan.

En 2009, PALMER *et al.* ont mené une étude dont le but était d'évaluer l'efficacité vaccinale chez des cerfs de Virginie infectés expérimentalement par *M. bovis*. Les deux souches vaccinales utilisées étaient BCG Pasteur et BCG Danish, considérées comme les dernières souches en relation avec la souche atténuée produite initialement par Albert Calmette et Camille Guérin. Les bacilles tuberculeux virulents ont été injectés aux cerfs après la vaccination. Chez les cerfs vaccinés, les scores lésionnels (notamment ceux concernant les nœuds lymphatiques rétropharyngiens) sont plus faibles, en comparaison à ceux des cerfs non vaccinés. Les cerfs vaccinés avec la souche BCG Danish présentent une moindre quantité de follicules tuberculeux au niveau des nœuds lymphatiques rétropharyngiens, alors que tous les stades histologiques sont observés chez les cerfs vaccinés avec la souche BCG Pasteur et les cerfs non vaccinés. Les deux souches vaccinales ont été isolées jusqu'à 250 jours post-vaccination chez les cerfs qui ont été vaccinés mais chez lesquels les souches virulentes n'ont pas été injectées ; ceci permet le développement d'une réponse immunitaire efficace. Ainsi, chez les cerfs de Virginie, la vaccination semble conférer une protection face à l'inoculation de souches virulentes de *M. bovis* dans le sens où elle diminue la sévérité des lésions. Cependant, des études sur la transmission des souches entre cerfs vaccinés et bovins non vaccinés restent à mener : en effet, PALMER *et al.* (2007) ont mis en évidence une transmission de la souche BCG du cerf vacciné au cerf non vacciné ; les cerfs vaccinés et non éprouvés avec des souches virulentes de *M. bovis* ont été trouvés porteurs de lésions tuberculeuses microscopiques (PALMER *et al.*, 2009). Nous comprenons ainsi la menace qui pèse sur le statut sanitaire des bovins.

La tuberculose bovine chez le cerf de Virginie du Minnesota a été identifiée après la découverte de la maladie dans un cheptel bovin, en 1981 (soit dix ans après que l'état eut été déclaré indemne de tuberculose bovine). Le premier foyer bovin fut confirmé en Juillet 2005, dans la région de Roseau, à l'extrême nord du Minnesota. Une zone de gestion de la tuberculose bovine, d'environ 1500 km², a été mise en place. Sur 474 cerfs de Virginie chassés dans un rayon de 25 km autour du foyer bovin, un seul a été trouvé infecté. Sur la période de trois ans qui a suivi, 27 cerfs ont été trouvés porteurs de *M. bovis*. Entre 2009 et 2011, aucun cerf, ni aucun cheptel bovin, n'a été trouvé positif. Le nourrissage des cerfs à des fins de chasse, qui est associé au maintien et à la transmission de la maladie chez les cerfs du Michigan, ne fait pas partie des mœurs des chasseurs du Minnesota et d'ailleurs, le nourrissage est interdit dans cet état depuis 1991. Durant les hivers 2007 à 2010, une chasse intensive des cerfs a été entreprise : 2600 animaux ont été tués, dont 14 étaient tuberculeux. Les périodes de chasse ont été allongées, les quotas d'animaux à abattre ont été augmentés. Tout ceci a permis de réduire la densité de cerfs de 55% dans la région affectée. Dans la zone de gestion, 46 cheptels soit 6200 bovins ont été abattus. Les éleveurs restants devaient clôturer leurs stocks de nourriture ainsi que les aires de nourrissage des bovins afin de minimiser les contacts avec les cerfs. L'ensemble de ces mesures, mises en place rapidement, a permis de contrôler l'extension de la maladie. Aucun cas de tuberculose bovine chez le bétail et les cerfs n'a été rapporté depuis 2008 et l'état a retrouvé son statut indemne depuis Octobre 2011 (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

1.2. En Amérique Centrale

CISNEROS *et al.* (2012) ont montré qu'aucun des 110 cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*), des 20 cerfs élaphe (*Cervus elaphus*) et des 12 wapitis (*Cervus canadensis*) vivant sur le haut plateau mexicain, n'était porteur de *M. bovis*, malgré la présence de lésions inflammatoires pulmonaires et lymphatiques. La prévalence de l'infection chez les bovins était de 0,86% (n=24 400), sept troupeaux ont été abattus.

1.3. En Océanie

1.3.1. Nouvelle-Zélande (PALMER *et al.*, 2012)

La tuberculose bovine a été introduite en Nouvelle-Zélande suite à l'importation de bétail, au XIX^{ème} siècle.

Bien que l'infection à *M. bovis* ait été mise en évidence chez quatorze espèces animales, domestiques et sauvages, le possum (*Trichosurus vulpecula*), encore appelé phalanger renard ou opossum d'Australie, est considéré comme un réservoir primaire de la tuberculose bovine en Nouvelle-Zélande. Les possums ont été introduits dans ce pays au milieu du XIX^{ème} siècle et provenaient initialement d'Australie. Ils occupent actuellement plus de 90% du territoire et leur population est estimée à 60-70 millions d'animaux.

Le premier cas de tuberculose chez un possum sauvage en Nouvelle-Zélande fut rapporté en 1967 ; cependant leur sensibilité à cette maladie était connue bien avant cette date. En Australie, pays d'origine des possums de Nouvelle-Zélande, la tuberculose bovine n'a jamais été identifiée chez ces animaux, ce qui implique que les possums en Nouvelle-Zélande se sont contaminés à partir d'autres espèces animales, en particulier les bovins.

Nous disions précédemment que les possums sont très sensibles à la tuberculose bovine : en effet, la maladie se traduit le plus souvent dans cette espèce par une infection pulmonaire rapidement fatale, la mort survenant en trois à huit mois. Généralement, les possums développent une tuberculose généralisée, avec une atteinte très fréquente des poumons, des nœuds lymphatiques médiastinaux, des nœuds lymphatiques axillaires et du foie. Des lésions sont aussi observées sur la rate, les reins, les glandes surrénales et la moelle osseuse. Contrairement à ce qui est observé chez le bétail, la fibrose, la minéralisation et les cellules de Langhans sont peu présentes chez les possums, alors que les bacilles acido-alcool-résistants sont nombreux. Ceci suggère que l'organisme ne lutte pas efficacement contre l'infection, est incapable de la séquestrer : les bacilles peuvent alors diffuser rapidement par voie hématogène, d'où la diversité des organes atteints.

Une transmission horizontale de la maladie est décrite, impliquant les aérosols et les sécrétions respiratoires contenant *M. bovis*. Une transmission pseudo-verticale entre la mère et sa progéniture est possible par le biais des aérosols également. De plus, la transmission *via* les aérosols peut se faire lors de l'accouplement ou du partage du nid par plusieurs animaux, sans compter qu'une contamination indirecte à partir de l'environnement est possible puisque *M. bovis* peut survivre entre 7 et 28 jours à l'intérieur des nids (JACKSON *et al.*, 1995). Les possums peuvent aussi se contaminer à partir des carcasses tuberculeuses de leurs congénères puisque *M. bovis* peut y survivre durant 3 jours en été et 27 jours en hiver ; cependant, ce n'est pas le mode de transmission prédominant. Bien que la contamination par voie

respiratoire soit reconnue, il a également été suggéré une contamination par voie percutanée (NUGENT, 2011). Des études portant sur des possums élevés en captivité montrent que les animaux les plus infectés sont ceux qui ont un rôle central au sein de la hiérarchie du groupe ; lorsque les possums dominants sont infectés expérimentalement, la transmission de la maladie est plus importante que lorsque ce sont les possums « socialement bas » qui sont infectés. Comme nous l'avons décrit précédemment, les possums ont un comportement modifié, anormal au stade terminal de la maladie, qui suscite la curiosité des bovins et des cerfs. Ces derniers se rapprochent alors des possums, autorisant une transmission de la maladie *via* le reniflage et le léchage (NUGENT, 2011).

Parmi les animaux sauvages trouvés infectés par *M. bovis* en Nouvelle-Zélande, seuls les possums font l'objet d'une réduction de leur population dans l'intention de diminuer leur densité et la probabilité de transmission intra et interspécifique. Plus précisément, l'objectif est de maintenir des densités à un niveau suffisamment bas pendant une durée minimale de cinq ans. Malgré cela, il a été constaté qu'après 8-10 ans, le nombre de possums réaugmentait pour atteindre les chiffres de départ. Des modèles montrent qu'il faudrait maintenir sur le long terme, c'est-à-dire durant plus de dix ans, un niveau de population inférieur à 40% de la densité initiale pour éradiquer la tuberculose bovine des populations de possums. La vaccination, associée au contrôle des populations de possums, apparaît être un bon compromis pour lutter contre la tuberculose bovine. *M. bovis* BCG, administré par voie sous-cutanée, intranasale, intraduodénale ou orale, confère une bonne protection aux animaux qui ont inhalé des aérosols contenant des bacilles virulents. La vaccination réduit la sévérité de la maladie, la perte de poids, les lésions pulmonaires et la colonisation bactérienne. L'étude menée par TOMPKINS *et al.* (2009) évalue l'efficacité de la vaccination orale des possums à 95% pour les femelles et 96% pour les mâles.

D'autres espèces telles que le cerf élaphe, le sanglier (*Sus scrofa*), le furet (*Mustela furo*), l'hermine (*Mustela erminea*), la chèvre (*Capra hircus*), le lapin (*Oryctolagus cuniculus*), le lièvre (*Lepus europaeus*), le hérisson (*Erinaceus europaeus*) ont été trouvées infectées par *M. bovis*.

La prévalence de la tuberculose bovine dans les populations de sangliers peut parfois être proche des 100% (NUGENT, 2011). L'étude menée par NUGENT *et al.* (2012) avait pour but de déterminer l'influence du contrôle des populations de possums sur la prévalence de la tuberculose bovine chez le sanglier. Dans les zones où le contrôle des populations a été pratiqué, cette prévalence avoisinait un pourcentage nul chez les sangliers âgés de deux à trois ans, alors qu'elle est restée stable (entre 16,7 et 94,4% selon les zones) dans les zones où aucune régulation des populations de possums n'a été pratiquée. Ceci permet de dire que le sanglier est un réservoir secondaire de la tuberculose bovine en Nouvelle-Zélande, voire un cul-de-sac épidémiologique, car il semble qu'il se contamine à partir des possums (notamment suite à l'ingestion de carcasses infectées) et qu'il ne transmet pas la maladie à ses congénères. Cette espèce est également une bonne sentinelle pour la prévalence de la maladie chez les possums.

Le cerf élaphe n'est pas considéré comme un réservoir primaire de l'infection en Nouvelle-Zélande ; cependant, il est capable d'être à l'origine de nouveaux foyers en dehors des zones déjà infectées et dans les zones où les populations de possums ont été régulées (RYAN *et al.*, 2006). En effet, tout comme le sanglier, le cerf se déplace sur des centaines d'hectares, constituant ainsi un vecteur spatial de la tuberculose bovine. Le rôle du cerf en tant

que réservoir secondaire de la maladie tient à sa longévité : il peut vivre deux décennies, en particulier les femelles. Le cerf est donc en plus un vecteur temporel de la maladie. Pour exemple, deux ans après le début de la régulation des populations de possums, aucune biche prélevée dans les populations sauvages n'a été trouvée infectée par *M. bovis* alors que la prévalence de la maladie restait élevée parmi les cerfs qui étaient présents avant le début de la régulation (et qui ont volontairement été laissés en vie plusieurs années après) (NUGENT, 2011). Ce dernier auteur pense que les cerfs sont potentiellement à l'origine de la présence de tuberculose bovine chez les possums. Jusqu'à la fin des années 1950, les possums ne pouvaient pas avoir accès aux carcasses des animaux d'élevage morts naturellement (cerfs, vaches, cochons). A la fin des années 1950 s'est développé un important commerce de cerfs sauvages, se caractérisant par un abattage de plus de 100 000 bêtes par an au début des années 1970. Jusqu'en 1994, les cerfs tués étaient décapités et la tête était laissée sur place, dans la nature. Les charognards disposaient ainsi d'une source de nourriture facile, le problème étant que les lésions tuberculeuses chez le cerf concernent essentiellement les nœuds lymphatiques rétropharyngiens. Ainsi, ces charognards dont les possums, ont pu se contaminer à partir de ces têtes de cerfs laissées dans les champs. Après 1994, la réglementation voulait que les cerfs soient vendus entiers, ce qui a mis fin à la pratique de décapitation. Pour l'auteur, l'émergence de la tuberculose chez le possum à une période où la pratique de décapitation des cerfs sauvages a débuté n'est pas juste une simple coïncidence.

Concernant le furet (*Mustela furo*), la pathologie et l'épidémiologie suggèrent que, dans la majorité des cas, cet animal se contamine suite à l'ingestion de carcasses infectées (de possums, de sangliers) et qu'il est simplement un réservoir secondaire de la maladie. Il existe une relation significative positive entre les densités de possums et la prévalence de l'infection chez les furets. Néanmoins, dans certaines conditions de forte densité chez les furets, l'infection peut être entretenue dans cette espèce indépendamment des autres espèces : le furet devient dans ce cas un réservoir primaire de la maladie. L'abattage des furets infectés permet de réduire l'incidence de la tuberculose chez le bétail, suggérant ainsi qu'il existe bien une transmission du furet vers le bovin (RYAN *et al.*, 2006).

1.3.2. Australie

Le buffle domestique ou buffle d'eau (*Bubalus bubalis*) a été introduit dans le Nord de l'Australie au début des années 1800. Vers 1970, la population de buffles dépassait les 300 000 têtes. Ces animaux sont grégaires et constituent des troupeaux relativement denses lors de la saison humide (octobre à mars) : le territoire est en effet restreint car les plaines sont inondées par les pluies de la mousson. Dans les années 1970, la tuberculose était enzootique dans la population de buffles et par endroits, la prévalence était supérieure à 25%, en particulier dans les troupeaux qui vivaient sur les plaines côtières. Les aires de pâture des buffles et du bétail se chevauchaient durant la saison sèche mais aucune interaction entre les deux espèces n'a été notée. Ainsi, les buffles n'étaient pas considérés comme une source de contamination pour le bétail (CORNER, 2006). Néanmoins, la maladie était présente, aussi bien chez les buffles que chez les bovins. Un programme d'éradication de la maladie a débuté en 1984, le buffle faisant partie intégrante de celui-ci (COUSINS et ROBERTS, 2001). Cela a consisté en une élimination totale de la population de buffles, qui a été d'autant mieux acceptée que son développement posait des problèmes écologiques dans le Nord de l'Australie (CORNER, 2006 et ANSES, 2011).

Les sangliers (*Sus scrofa*) du Nord de l'Australie sont un exemple de population sauvage dans laquelle la prévalence de la tuberculose bovine était élevée, et qui n'a, finalement, pas de rôle significatif dans l'épidémiologie de la maladie chez le bétail domestique.

Le sanglier dans le Nord de l'Australie dérive du porc domestique qui a été relâché dans la nature ou qui s'est échappé. Au début des années 1970, la tuberculose était enzootique dans la population de sangliers du Nord de l'Australie, avec une prévalence pouvant dépasser les 40% dans certaines zones. Les sangliers s'infectaient probablement par ingestion de carcasses de bovins ou de buffles infectés. Certains sangliers présentaient une tuberculose généralisée ; les lésions touchaient essentiellement les nœuds lymphatiques mandibulaires, suggérant une contamination par voie orale. La plupart des lésions était de petite taille (1 à 2 mm de diamètre), encapsulée et renfermait quelques bacilles. Il en a été déduit que les sangliers du Nord de l'Australie constituaient un réservoir secondaire de la maladie, voire un cul-de-sac épidémiologique. Par conséquent, aucune action n'a été entreprise pour contrôler la maladie dans cette espèce. La prise d'une telle décision fut confortée vingt ans plus tard par une étude qui a montré que la tuberculose bovine avait quasiment disparu de la population de sangliers : la prévalence était de 0,25% (MC INERNEY *et al.*, 1995). Il faut préciser qu'entre temps, la maladie avait été éradiquée chez le bétail et les buffles d'eau. Bien que les sangliers partagent le même environnement que le bétail, ils n'ont pas de rôle significatif dans la transmission de la maladie à celui-ci, compte-tenu de la localisation des lésions et de leur très faible excrétion de *M. bovis*. Même si la transmission intraspécifique est possible de par le cannibalisme, il a été montré que lorsque la maladie est contrôlée chez le bétail et les buffles d'eau, elle disparaît des populations de sangliers (CORNER, 2006).

Le possum est présent en Australie mais, comme dit précédemment, les populations naturelles ne sont pas infectées, contrairement à ce qui est observé en Nouvelle-Zélande (RADUNZ, 2006 ; PALMER *et al.*, 2012). Ceci s'explique probablement par une densité de population beaucoup plus faible qu'en Nouvelle-Zélande, où la végétation est dense et les prédateurs peu nombreux (RADUNZ, 2006).

1.4. En Afrique

Le buffle d'Afrique (*Syncerus caffer*) constitue un important réservoir primaire, sauvage, de tuberculose bovine en Afrique du Sud (MICHEL et BENGIS, 2012 ; MILLER *et al.*, 2012). Chez les buffles vivant dans le Parc National Kruger et dans le Parc Hluhluwe-iMfolozi, la tuberculose bovine est présente de façon enzootique.

Dans le Parc National Kruger vivent 147 espèces de mammifères, dont environ 27 000 buffles d'Afrique. Le premier cas de tuberculose bovine chez les espèces sauvages y a été confirmé en 1990, alors que le premier cas dans le Parc Hluhluwe-iMfolozi avait été constaté quatre ans plus tôt. Durant les années 1990, la sécheresse généra un stress chez les buffles, permettant ainsi à la maladie, qui était jusque-là subclinique, de progresser et de générer de la mortalité. Il semblerait que la tuberculose bovine ait été introduite en Afrique *via* l'importation de bovins par les colons anglais, durant les années 1800 ; elle se serait ensuite étendue aux espèces sauvages.

Le buffle d'Afrique est un animal très grégaire, vivant en troupeaux de plusieurs centaines de bêtes. Chaque troupeau possède son propre territoire, qu'il parcourt selon un trajet précis en une année (FITZGERALD et KANEENE, 2013). Nous pouvons souligner que

le caractère grégaire favorise une transmission directe de la maladie *via* les aérosols et les sécrétions, et que les migrations sur de longues distances permettent une dispersion de l'agent pathogène sur le territoire (MICHEL et BENGIS, 2012).

LAISSE *et al.* (2011) ont décrit les lésions tuberculeuses observées sur un lot de 19 buffles d'Afrique appartenant à un troupeau du Parc Hluhluwe-iMfolozi ; ces animaux avaient auparavant fourni une réponse positive au test d'intradermotuberculation comparative et ont ensuite été euthanasiés (dans le cadre d'un programme visant à réduire la prévalence de la maladie dans cette espèce). Des lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose ont été retrouvées chez les 19 buffles : elles étaient localisées uniquement aux nœuds lymphatiques rétropharyngiens, bronchiques, médiastinaux et/ou aux poumons. Les nœuds lymphatiques bronchiques et médiastinaux étaient les plus atteints. Les lésions microscopiques de stade II (follicule partiellement ou complètement encapsulé, avec une prédominance de macrophages, de cellules de Langhans et de lymphocytes entourant de petites plages de nécrose) étaient les plus fréquentes. *M. bovis* a été détecté par PCR chez 8 des 19 buffles et des bacilles acido-alcool-résistants ont été observés chez 7 buffles ; au final, les deux techniques ont fourni un résultat positif chez 5 buffles. Les lésions étaient probablement paucibacillaires car des bacilles ont rarement été observés. Compte-tenu de l'absence de lésions des nœuds lymphatiques mésentériques et de la fréquence élevée des lésions du tractus respiratoire et des nœuds lymphatiques associés, nous pouvons dire que le buffle d'Afrique se contamine par voie respiratoire (inhalation de *M. bovis*).

La surveillance de la tuberculose bovine dans le Parc National Kruger a commencé il y a plusieurs dizaines d'années. Les enquêtes successives montrent que la prévalence de la maladie progresse, en particulier dans les troupeaux qui vivent au sud et au centre du parc (27,1% au sud en 1991 contre 38,2% en 1998, 4,4% au centre en 1991 contre 16% en 1998, 0% dans le nord en 1991 contre 1,5% en 1998). Il est suggéré que la tuberculose a été introduite dans le parc à partir de bovins domestiques pâturant sur les terres au sud-est de ce parc, entre 1960 et 1980 (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Pour contrôler la maladie, une clôture électrique a été mise en place aux limites du Parc National Kruger, afin de prévenir les contacts directs entre buffles et bovins domestiques. L'idée qui consistait à séparer les troupeaux du sud des troupeaux du nord par une zone exempte de buffles et délimitée par une clôture a été abandonnée, car cela aurait perturbé les migrations saisonnières des buffles. Dans le Parc Hluhluwe-iMfolozi, les buffles sont enfermés dans des corrals et soumis au test d'intradermotuberculation. Tous ceux qui réagissent sont abattus. Ceci a permis d'abaisser la prévalence à 10% (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Le Cobe de Lechwe (*Kobus leche*) est un réservoir sauvage important de tuberculose bovine en Zambie.

Ces antilopes sont grégaires, vivent en groupes de plusieurs dizaines d'animaux et fréquentent les abords marécageux des lacs, des rivières. Comme les buffles, elles effectuent des migrations saisonnières (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Les Cobes de Lechwe atteints de tuberculose bovine vivent dans le bassin Kafue, au centre de la Zambie, composé de plaines entourant la rivière Kafue. Au début des années 1970, leur nombre était estimé à 90 000 ; en 2005, il n'est plus que de 38 000.

La tuberculose bovine persiste au sein de ce bassin depuis 1969, année durant laquelle la prévalence de la maladie a été estimée à 14% chez ces antilopes. Cette découverte a incité le gouvernement de Zambie à lancer la construction d'un abattoir dans lequel seraient autopsiés les animaux sauvages. GALLAGHER et ses collaborateurs (cités par MUNYEME et MUNANG'ANDU, 2011) en ont alors profité pour autopsier, en 1971, 125 Cobes de Lechwe et ont enregistré une prévalence de 36%. En 1972, l'examen post-mortem de 86 animaux a révélé une prévalence de 33,7%, qui a ensuite atteint les 49% entre 1973 et 1974. GALLAGHER et ses collaborateurs (cités par MUNYEME et MUNANG'ANDU, 2011) ont observé, en 1971, que 60% des antilopes tuberculeuses présentaient des lésions macroscopiques pulmonaires, 40%, des lésions localisées aux nœuds lymphatiques pulmonaires et moins de 20%, des lésions localisées aux nœuds lymphatiques mésentériques. Les lésions pulmonaires se concentraient essentiellement dans les lobes diaphragmatiques et étaient peu minéralisées. Les antilopes tuberculeuses présentaient un mauvais état général. Aucune infection par *M. bovis* n'a été retrouvée chez les animaux âgés de moins de 18 mois. Compte-tenu de la localisation des lésions, il est supposé que les Cobes de Lechwe se contaminent par voie respiratoire.

Afin de surveiller l'évolution de la maladie chez les Cobes de Lechwe, d'autres études ont été menées, notamment entre 2004 et 2008 : 119 antilopes ont été soumises à un examen post-mortem. Des lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose ont été retrouvées chez 24,3% d'entre elles et la culture bactériologique a été positive dans 27,7% des cas (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Des études portant sur le typage moléculaire ont montré que les souches de *M. bovis*, isolées de bovins domestiques et de Cobes de Lechwe vivant dans le bassin Kafue, partageaient le même spoligotype SB0120, alors que les souches isolées d'animaux vivant à l'extérieur de ce bassin partageaient un spoligotype différent SB0131. Ceci suggère une transmission active du bacille entre les deux espèces animales, à l'intérieur de ce bassin (HANG'OMBE *et al.*, 2012).

D'autres espèces sauvages vivant dans les parcs nationaux d'Afrique du Sud ont été trouvées porteuses de *M. bovis*. Il s'agit du lion (*Panthera leo*), du guépard (*Acinonyx jubatus*), du babouin chacma (*Papio ursinus*), du grand koudou (*Tragelaphus strepsiceros*), du léopard (*Panthera pardus*), de la hyène (*Crocuta crocuta*), de la genette tigrine (*Genetta tigrina*), du phacochère (*Phacochoerus aethiopicus*), du potamochère (*Potamochoerus porcus*) et de l'éland (*Taurotragus oryx*). Ces espèces, excepté le grand koudou, ne semblent pas jouer de rôle dans la persistance de la maladie (FITZGERALD et KANEENE, 2013). A cette liste se rajoutent l'impala (*Aepyceros melampus*) et le ratel (*Mellivora capensis*) (MICHEL *et al.*, 2006).

M. bovis se révèle être un pathogène redoutable pour les lions vivant dans le Parc National Kruger, en Afrique du Sud. La présence de la tuberculose bovine dans cette espèce s'expliquerait par la prédation des buffles d'Afrique, auprès desquels les lions se contamineraient *via* les aérosols, les contacts directs, l'ingestion de viande. Les lions sont cliniquement affectés, ce qui impacte leur survie (MILLER *et al.*, 2012). Les autres prédateurs, comme le léopard, le guépard ou la hyène, sont moins exposés que le lion car le buffle ne constitue pas leur proie principale (ANSES, 2011). Il faut ajouter à cela qu'un buffle tuberculeux, affaibli, est une proie facile pour les lions, qui sont alors très exposés à l'infection lorsque la prévalence chez les buffles est élevée. Il est difficile de trancher sur le

rôle de réservoir primaire ou secondaire du lion. Bien que la voie orale semble être la voie principale de contamination, l'organisation sociale du groupe et les interactions entre lions du même groupe favoriseraient la transmission *via* les aérosols ou la voie percutanée. Il a également été montré que la tuberculose bovine pouvait induire des perturbations d'ordre social au sein des groupes, menaçant ainsi la survie de l'espèce. Les mâles peuvent former une coalition et tuer les lionceaux. L'éviction du mâle et de ses femelles en dehors du territoire est également documentée. Un sex-ratio anormal est observé : deux mâles pour une femelle (contre un mâle pour deux femelles normalement). La sous-population infectée est significativement plus jeune que celle non-infectée et vit moins longtemps (MICHEL *et al.*, 2006). Dans une étude menée par MILLER *et al.* (2012), onze lions, sur quatorze capturés (78,6%) dans le Parc National Kruger, ont fourni un résultat positif à la culture bactériologique. Ces lions étaient en majorité des adultes, en mauvais état général (note d'état comprise entre 1 et 2,5, sur une échelle de 5), présentant un stade assez avancé de la maladie : pneumonie granulomateuse diffuse, bronchopneumonie chronique, lymphadénopathie multifocale, péricardite granulomateuse sévère et diffuse, hygroma des coudes, sont autant de lésions qui ont été observées chez ces lions. Sur les onze lions ayant fourni une culture positive, huit ont été soumis au test d'intradermotuberculation comparée (IDC) et cinq (63%) ont fourni une réponse positive. Sept sur onze (64%) ont fourni une réponse positive au test sérologique ElephantTB Stat-Pak, et huit sur dix (80%) une réponse positive au test sérologique DPP VetTB. Il semblerait donc y avoir un lien entre la séropositivité et le résultat de la culture bactériologique. Cette étude permet d'entrevoir le potentiel diagnostique des tests sérologiques rapides pour la recherche de *M. bovis* et l'intérêt de pouvoir les utiliser sur le terrain, en particulier chez les espèces sauvages, chez lesquelles l'IDC n'est pas facile à mettre en œuvre puisqu'elle nécessite de capturer les animaux deux fois, à soixante-douze heures d'intervalle. En combinant cette dernière avec le test sérologique DDP Vet TB, l'étude a montré que 91% des lions réellement infectés pouvaient être détectés, alors que des études antérieures, portant toujours sur les lions du Parc National Kruger, ont révélé que la sensibilité de l'IDC était de 80,8% et sa spécificité de 81,25%.

Le grand koudou, en revanche, apparaît comme hôte réservoir potentiel de l'infection. En 2001, KEET *et al.* ont constaté la présence d'une tuberculose généralisée causée par *M. bovis* chez cinq grands koudous du Parc National Kruger. Une lymphadénite tuberculeuse sévère, concernant les nœuds lymphatiques de la tête, du thorax et les nœuds lymphatiques mésentériques, ainsi qu'une pneumonie granulomateuse sévère ont été observées. Le grand koudou est également la seule espèce chez laquelle une abcédation des nœuds lymphatiques parotidiens peut être observée, avec présence de fistules. La souche de *M. bovis* isolée chez certains grands koudous était identique à celle isolée chez des buffles, des lions, des guépards et des babouins du même parc, alors que chez d'autres, la souche isolée était différente, suggérant ainsi l'existence d'une autre source d'infection. Selon MICHEL *et al.* (2006), dans certaines zones, l'infection des grands koudous a pu être antérieure à celle des buffles et constituer une source de contamination pour ceux-ci.

ESPIE *et al.* (2009) rapportent un cas d'infection pulmonaire due à *M. bovis* chez un rhinocéros noir (*Diceros bicornis minor*). En Juin 2002, ce rhinocéros mâle, âgé, a été transféré de la réserve Mkuzi, à l'extérieur de laquelle il a été retrouvé, vers le National Zoological Gardens, en Afrique du Sud. En Juin 2005, son état général s'est dégradé, le rhinocéros présentant une diarrhée chronique intermittente, dont la cause n'a jamais pu être déterminée. Il fut euthanasié en novembre 2007. A l'autopsie, les nœuds lymphatiques thoraciques et mésentériques ne présentaient aucune lésion macroscopique. Deux tubercules de petite taille (40 mm de diamètre) ont été observés dans le lobe pulmonaire dorso-caudal

gauche. Microscopiquement, les follicules tuberculeux classiques étaient présents. *M. bovis* fut identifiée par PCR et la souche isolée était différente de celle retrouvée chez les buffles et le bétail tuberculeux vivant dans la même région que le rhinocéros. La source de l'infection n'a pas pu être identifiée. Ce cas illustre le fait que *M. bovis* représente une menace pour les espèces en voie d'extinction.

Le suricate (*Suricata suricatta*) a lui aussi été trouvé infecté de tuberculose bovine, dans le désert du Kalahari, en Afrique du Sud. Cinquante-sept animaux ont été soumis à des examens *post-mortem*, dont cinquante-deux présentaient des signes cliniques de la maladie (léthargie, émaciation, présence de masses dans la région sous-mandibulaire) et cinq n'en présentaient pas. Le diagnostic fut positif pour les cinquante-deux suricates présentant des signes cliniques, par culture ou histologie. En tête de liste des organes les plus fréquemment lésés se trouve la rate, suivie du foie ; ceci suggère que les bacilles ont diffusé dans l'organisme par voie hématogène. Une atteinte des nœuds lymphatiques mandibulaires et rétropharyngiens a été observée chez 77% des suricates. Des lésions pulmonaires étaient présentes dans 77% des cas également. La culture bactériologique fut positive pour vingt-deux des cinquante-deux suricates (42%). Les résultats de l'étude laissent penser que les suricates se contaminent principalement par voie respiratoire ou orale, et l'excrétion des bacilles se ferait également par voie respiratoire mais aussi *via* les blessures cutanées suppuratives. Les urines et les fèces ne semblent pas être des sources d'infection (DREWE *et al.*, 2009).

Nous venons de voir que la tuberculose bovine est présente en Afrique du Sud et en Zambie chez de nombreuses espèces sauvages mais elle l'est également en Tanzanie, comme le rapportent CLEAVELAND *et al.* (2005). Parmi les espèces sauvages vivant dans des zones protégées du Nord de la Tanzanie et qui ont été trouvées porteuses de *M. bovis*, se distinguent le gnou bleu (*Connochaetes taurinus*), le sassabi (*Damaliscus lunatus*), le petit koudou (*Tragelaphus imberbis*), le lion et buffle d'Afrique. D'autres études sont néanmoins nécessaires pour déterminer le rôle de ces espèces dans le maintien et la transmission de la maladie dans ce pays.

1.5. Au Moyen-Orient

En Arabie Saoudite, la population relictuelle d'oryx d'Arabie (*Oryx leucoryx*) captifs a été mise en péril par la tuberculose. L'espèce doit son salut au programme d'assainissement par le traitement médical mené à Taïf qui a permis de relâcher dans le désert des animaux indemnes (HARS *et al.*, 2006).

1.6. Tableau récapitulatif

Les différentes situations épidémiologiques et les données décrites à ce jour sur les mesures de lutte mises en œuvre sont regroupées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Situation épidémiologique de la faune sauvage dans le monde (hors Europe) vis-à-vis de la tuberculose bovine et mesures de lutte mises en œuvre

Espèce	Pays	Rôle épidémiologique	Transmission retour aux bovins	Mesures de lutte
CERVIDES				
Cerf de Virginie	Michigan (USA)	Réservoir primaire	Oui	Réduction des densités, restriction ou suppression du nourrissage artificiel, enquêtes épidémiologiques chez cerfs, carnivores et omnivores, développement d'un vaccin de type BCG
	Minnesota (USA)	Réservoir secondaire	*	Réduction drastique des densités, clôtures autour des aires de nourrissage des bovins
Wapiti	Canada (Manitoba)	Réservoir primaire	Oui	Réduction des populations, interdiction du nourrissage artificiel, clôtures autour des stocks de foin
Cerf élaphe	Nouvelle-Zélande	Réservoir secondaire		
BOVIDES				
Bison	Canada	Réservoir primaire	Non (pas de cohabitation)	Abattage des animaux positifs, repeuplement avec des animaux sains
Buffle Africain	Afrique du Sud (Parc National Kruger)	Réservoir primaire	Oui	Clôtures électriques autour du parc, intradermotuberculination et abattage des positifs, développement d'un vaccin de type BCG
Cobe de Lechwe	Zambie (Bassin Kafue)	Réservoir primaire	Oui	*
Grand Koudou	Afrique du Sud (Parc National Kruger)	Réservoir primaire	Possible transmission aux buffles	*
Buffle d'eau	Australie	Réservoir primaire	Non (pas d'interaction entre les 2 espèces)	Éradication de la population
CARNIVORES				
Lion	Afrique du Sud (Parc National Kruger)	Réservoir primaire ou secondaire	Non	*
Furet	Nouvelle-Zélande	Réservoir secondaire, voire primaire en cas de fortes densités	Oui	*
MARSUPIAUX				
Possum	Nouvelle-Zélande	Réservoir primaire	Oui	Réduction des densités, développement d'un vaccin de type BCG
SUIDES				
Porc marron	Nouvelle-Zélande	Réservoir secondaire ou cul-de-sac épidémiologique	Non	*
Porc marron	Australie (Nord)	Réservoir secondaire ou cul-de-sac épidémiologique	Non	Aucune

* absence de données

2. En Europe

2.1. En Grande-Bretagne et en République d'Irlande

Depuis le début des années 1980, le sud-ouest de l'Angleterre et la République d'Irlande connaissent une recrudescence de la tuberculose bovine dans les cheptels bovins, avec une prévalence de 14,3% dans le sud-ouest de l'Angleterre (en termes de troupeaux mis sous restriction) et une prévalence troupeaux de 6,12% en Irlande du Nord, en 2009. Différents facteurs de risque d'infection des bovins par *M. bovis* ont été mis en évidence, dont la présence de blaireaux autour des élevages (ANSES, 2011). D'ailleurs, à ce jour, le blaireau est considéré comme un réservoir primaire de tuberculose bovine en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande.

La présence de *M. bovis* chez le blaireau (*Meles meles*) a été rapportée pour la première fois en Angleterre en 1971, dans le sud-ouest du pays, et pour la première fois en Irlande, en 1974, dans le comté de Cork (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Les blaireaux sont réceptifs à l'infection par *M. bovis* mais semblent assez peu sensibles. En effet, la présence de l'infection en l'absence de lésions macroscopiques est observée chez 50 à 80% des blaireaux naturellement infectés. Chez ces derniers, les lésions sont le plus souvent localisées aux poumons, aux nœuds lymphatiques associés et aux nœuds lymphatiques rétropharyngiens et axillaires ; les lésions rénales sont moins fréquentes. Dans les poumons, les lésions sont interstitielles et étendues, entraînant une compression du parenchyme environnant. D'un point de vue histologique, la caséification, l'encapsulation par du tissu fibreux, l'abcédation, la présence des cellules de Langhans, caractéristiques de la tuberculose chez les autres espèces, ne sont pas observées chez le blaireau (PALMER *et al.*, 2012). En Grande-Bretagne et en Irlande, la prévalence de l'infection à *M. bovis* chez les blaireaux est élevée dans les zones où elle a été étudiée, à proximité des élevages infectés (16,6% en moyenne sur environ 11 000 blaireaux en Grande-Bretagne ; 36,3% sur 215 blaireaux dans 16 comtés irlandais en 2010) (ANSES, 2011).

La transmission intraspécifique de *M. bovis* se fait essentiellement par voie respiratoire, *via* les aérosols, mais elle peut aussi se produire lors des morsures. Il apparaît que les blaireaux contractant l'infection suite à une inoculation par morsure ont une période de survie de 117 jours, contre 491 jours chez ceux qui la contractent par voie respiratoire (FITZGERALD et KANEENE, 2013). Chez les blaireaux infectés, *M. bovis* est présent dans les sécrétions respiratoires et les exsudats des lésions superficielles. Sa présence dans les urines et les fèces est observée seulement chez la faible proportion de blaireaux présentant une tuberculose généralisée (PALMER *et al.*, 2012).

Des études expérimentales ont montré que les blaireaux pouvaient transmettre *M. bovis* aux bovins. La voie exacte de transmission n'est pas bien connue ; néanmoins, la voie respiratoire *via* les aérosols reste la plus probable, même si une transmission *via* l'ingestion de nourriture contaminée par les urines, les fèces, les sécrétions respiratoires des blaireaux ne peut être exclue. Cependant, de fortes doses de *M. bovis* sont nécessaires pour infecter les bovins par voie orale ; or, l'excrétion d'une grande quantité de bacilles tuberculeux dans les urines et les fèces n'est pas courante chez les blaireaux. Les études épidémiologiques montrent que les zones à fortes densités de blaireaux sont aussi celles pour lesquelles l'incidence de la maladie chez les bovins est la plus élevée (PALMER *et al.*, 2012).

Le blaireau s'avère être un hôte idéal pour *M. bovis*. L'infection dans les populations reste enzootique, entraînant la mort de quelques blaireaux ; cependant, ces morts ne semblent pas perturber de façon significative les densités de population ni la structure sociale des groupes.

L'élimination, par déplacement, des populations de blaireaux infectés des zones agricoles a permis un déclin de la maladie chez les bovins. Cependant, l'efficacité de l'abattage des blaireaux, visant à diminuer le risque de transmission de la maladie aux bovins, est différente entre la Grande-Bretagne et l'Irlande (PALMER *et al.*, 2012). En Grande-Bretagne, de 1975 à 1997, diverses mesures furent mises en place pour contrôler les populations de blaireaux (gazage, capture à l'aide de cage puis abattage au fusil, test sur animaux vivants) mais l'incidence de la tuberculose bovine augmenta dans le sud-ouest de l'Angleterre ainsi que dans de nouvelles régions du pays (sud du Pays de Galles et régions centrales) (ANSES, 2011). Un rapport d'experts demanda alors la réalisation de l'essai randomisé d'élimination des blaireaux (« Randomised Badger Culling Trial », RBCT). Cet essai, conduit entre 1998 et 2005, devait déterminer le rôle des blaireaux dans l'épidémiologie de la maladie et l'efficacité de mesures d'abattage sur l'incidence de la tuberculose bovine. Parmi ces mesures d'abattage se distinguent l'abattage « réactif » (abattage ciblé des blaireaux localisés sur et à proximité des exploitations identifiées comme foyer de tuberculose), l'abattage « proactif » (abattage massif des blaireaux dans toute une zone de 100 km²) et la zone témoin (aucun abattage n'est pratiqué mais une surveillance est réalisée) (ANSES, 2011 ; PALMER *et al.*, 2012). Après cinq ans d'application de ces mesures, l'incidence de la tuberculose bovine à l'intérieur des zones d'abattage proactif a baissé de 23,2% en moyenne par rapport aux zones témoins ; elle a cependant augmenté de 25% en marge des zones d'abattage, et de 20% dans les zones d'abattage réactif (ROBINSON *et al.*, 2012). Ceci a été expliqué par un phénomène de perturbation de la structure des groupes de blaireaux, avec une augmentation des mouvements d'animaux potentiellement infectés entre groupes et, par conséquent, un risque accru d'exposition des bovins et des blaireaux. Les taux de prévalence dans les populations de blaireaux n'ont pas diminué suite aux abattages, ce qui a pour conséquence la persistance de blaireaux infectés, potentiellement excréteurs, à proximité des élevages (ANSES, 2011 ; FITZGERALD et KANEENE, 2013). En Irlande, deux études ont montré que le blaireau représentait un risque majeur pour les bovins, en termes de transmission de la maladie : la « East Offaly study » (1988) et la « Four Areas study » (1997-2002). Cette dernière montre une baisse de l'incidence de la tuberculose bovine suite à l'abattage proactif de blaireaux, de 26% par rapport à la zone de référence (abattage réactif). La prévalence de l'infection chez les blaireaux n'a pas baissé de manière significative à la suite des abattages. Ainsi, en Grande-Bretagne et en Irlande, l'abattage des blaireaux ne permet pas à lui seul de contrôler la tuberculose dans ce réservoir sauvage. Une solution consiste à avoir recours à la vaccination.

Actuellement, en Irlande, est pratiqué l'abattage des blaireaux dans et à proximité des fermes, lorsque les blaireaux sont impliqués dans la survenue de l'infection chez les bovins. Cette pratique permet de réduire l'incidence de la maladie dans les troupeaux (ROBINSON *et al.*, 2012). Une autorisation pour cet abattage est cependant nécessaire car le blaireau est protégé par un texte réglementaire irlandais de 1974 (ANSES, 2011). En Grande-Bretagne, suite à la mise en place du RBCT et de ses résultats à la fois positifs et négatifs, l'ISG (Independent Scientific Group) a conclu que l'abattage des blaireaux ne serait pas d'une grande contribution au contrôle de la maladie chez les bovins. Il considéra alors la ségrégation des blaireaux et des bovins comme la meilleure façon de réduire les risques de transmission

de la maladie aux bovins. La vaccination apparaît être une alternative à cette proposition (ROBINSON *et al.*, 2012).

Il existe actuellement un vaccin en Angleterre ayant obtenu une autorisation de mise sur le marché, BadgerVac®. Il est commercialisé depuis mars 2010 et s'administre aux blaireaux par voie intramusculaire. Ce vaccin est un vaccin BCG identique à celui utilisé chez l'Homme ; de plus, étant donné qu'il contient une souche vivante, une seule injection est suffisante pour induire une protection efficace chez l'animal vacciné. Ce vaccin peut être utilisé chez le blaireau quel que soit son âge une fois qu'il est sorti du terrier (ROBINSON *et al.*, 2012). Le BCG apparaît être un bon vaccin chez les blaireaux puisqu'il induit une protection après avoir été administré par voie sous-cutanée, conjonctivale, intranasale et intramusculaire. Il a été montré que les blaireaux vaccinés vivaient plus longtemps et excrétaient moins de bacilles que les blaireaux non-vaccinés. La vaccination par voie orale, *via* des appâts contenant le vaccin, semble être plus pratique que les autres voies d'administration pour vacciner des animaux de la faune sauvage. Dans ce cas, le vaccin est encapsulé dans une matrice lipidique afin de le protéger de l'acidité gastrique (PALMER *et al.*, 2012). Ces appâts vaccinaux représentent néanmoins un risque pour les autres espèces, en particulier pour les bovins : en effet, leur réponse à l'injection de tuberculine lors des tests d'intradermotuberculination serait exacerbée s'ils avaient ingéré le vaccin, menaçant ainsi leur statut et l'utilité de ces tests. Il est néanmoins possible de différencier la réponse vaccinale d'une véritable infection, en utilisant le test à l'interféron gamma et des antigènes spécifiques, mais cela alourdirait considérablement le coût de la lutte contre cette maladie. Nous pourrions attendre de la vaccination des blaireaux qu'elle empêche l'infection mais les résultats des études expérimentales montrent que la vaccination réduit simplement la sévérité de la maladie, ce qui n'est toutefois pas négligeable car de ce fait, l'excrétion des bacilles tuberculeux dans l'environnement est diminuée et la transmission de la maladie aux autres blaireaux et aux bovins l'est également (ROBINSON *et al.*, 2012).

En Grande-Bretagne, la vaccination des blaireaux avec le BadgerVac® a débuté le 5 juillet 2010. Elle est financée par le Defra (Department of Environment, Food and Rural Affairs) pour cinq ans sur une zone de 100 km² dans le Gloucestershire afin de tester la faisabilité de la vaccination sur le terrain. La formation des piégeurs/vaccinateurs est assurée par une agence du Defra, le Food and Environment Research Agency (FERA). Par ailleurs, le vaccin est disponible auprès des vétérinaires praticiens pour les éleveurs qui souhaitent faire effectuer une vaccination autour de leur ferme. L'objectif d'une campagne de vaccination n'est pas de vacciner tous les animaux, mais de mettre en place une immunité de groupe. La vaccination devra être renouvelée tous les ans pour protéger les jeunes de l'année pendant une durée pour l'instant non déterminée.

En Irlande, afin de tester l'efficacité sur le terrain de la vaccination combinée à l'abattage, une campagne par injection a débuté en 2011 dans trois comtés (sur une superficie d'environ 400 km²) dans lesquels un abattage a déjà été mis en œuvre autour de fermes infectées. La densité des blaireaux ciblés par la vaccination est estimée à 0,3 blaireau au km². Les blaireaux seront vaccinés pendant une période de quatre ans, mais la vaccination sera stoppée si l'incidence de la tuberculose devient supérieure à celle des zones où les populations de blaireaux sont maintenues, par abattage, en dessous de 0,5 blaireau au km² (ANSES, 2011).

D'autres espèces sauvages ont été trouvées porteuses de *M. bovis* en Grande-Bretagne. Il s'agit du renard, de l'hermine (*Mustela erminea*), du putois (*Mustela putorius*), de la

musaraigne commune (*Sorex araneus*), du mulot fauve (*Apodemus flavicollis*), du mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*), du campagnol agreste (*Microtus agrestis*), de l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*), du chevreuil (*Capreolus capreolus*), du cerf élaphe, du daim et du Muntjac de Reeve (*Muntiacus reevesi*). Les plus fortes prévalences sont observées chez le putois (4,2%, n=24), l'hermine (3,9%, n=78), le renard (3,2%, n=756), le mulot fauve (2,8%, n=36), la musaraigne commune (2,4%, n=41), le campagnol agreste (1,5%, n=67), le chevreuil (1,0%, n=885), le cerf élaphe (1,0% n=196), le daim (4,4%, n=504) et le muntjac de Reeve (5,2%, n=58). Des études basées sur la prévalence, les densités de populations, la probabilité d'excrétion et la probabilité d'être en contact avec des bovins, montrent que le cerf et le daim représentent un risque quant à la transmission de *M. bovis* aux bovins, en particulier dans les zones où leur densité est élevée. Cependant, avec des prévalences supérieures à 20,5% chez les blaireaux, ces derniers restent l'objet de toutes les attentions afin de contrôler la maladie dans le pays. Un premier cas d'infection à *M. bovis* a récemment été rapporté chez le sanglier, dans le sud de l'Angleterre. Pourtant, les sangliers ont été absents des campagnes anglaises durant plusieurs siècles. Leur présence dans la nature s'explique par le fait qu'ils ont réussi à s'échapper de leurs élevages ou qu'ils ont volontairement été relâchés, constituant ainsi une petite population sauvage (PALMER *et al.*, 2012). Le développement de cette population et son extension pourrait venir compliquer la gestion des maladies des animaux de rente, le sanglier étant un réservoir de plusieurs agents pathogènes (*M. bovis*, *Brucella suis*,...) (PALMER *et al.*, 2012 ; FITZGERALD et KANEENE, 2013).

2.2. En Espagne

Il est vrai que les porcs sont connus de longue date pour leur sensibilité à *M. bovis* mais ils étaient jusque là plutôt considérés comme un réservoir secondaire de la maladie, chez lequel l'infection était inapparente et restreinte aux nœuds lymphatiques de la tête. Cependant, en Espagne, le sanglier (*Sus scrofa*) constitue un réservoir primaire de la maladie, le premier cas ayant été rapporté en 1991. Cette affirmation est basée sur différents éléments : les sangliers et les animaux domestiques sont porteurs des mêmes génotypes de *M. bovis*, la prévalence de la maladie est élevée chez les sangliers même dans les zones où la maladie est absente chez les animaux domestiques, la présence de lésions tuberculeuses diffuses, en particulier dans les poumons et les nœuds lymphatiques thoraciques, suggèrent que les sangliers sont capables d'excréter les bacilles tuberculeux, et enfin, les jeunes présentent le plus souvent une tuberculose généralisée. Bien que les sangliers soient présents sur l'ensemble du territoire, la prévalence de la tuberculose bovine chez les bovins et les sangliers est plus élevée dans le centre et le sud du pays (FITZGERALD et KANEENE, 2013). Par exemple, en 2006 et 2007, la prévalence de la maladie était de 52,4% chez les sangliers du Parc National Doñana (PALMER *et al.*, 2012).

Le mode de transmission interspécifique n'est pas véritablement connu : il est supposé que les sangliers contaminent les pâtures, la nourriture et les sources d'eau, et donc, indirectement les bovins. La transmission intraspécifique serait, quant à elle, renforcée lors de la saison de reproduction. De plus, les jeunes mâles, du fait de confrontations agressives avec les sangliers plus âgés, sont amenés à parcourir de longues distances (plus de 50 km), ce qui contribue à l'extension géographique de la maladie (PALMER *et al.*, 2012). Certains parcs de chasse espagnols sont des grands espaces clos dans lesquels les sangliers sont nourris et des bauges et des souilles sont maintenues artificiellement. Dans ces lieux se concentrent un grand nombre de sangliers, favorisant ainsi la transmission, directe et indirecte, de la maladie.

Dans une étude (MARTIN-HERNANDO *et al.*, 2007), des lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose ont été observées chez 82,68% des sangliers soumis à un examen post-mortem. Une tuberculose localisée a été diagnostiquée chez 42,2% des animaux alors que 57,8% présentaient une tuberculose généralisée, parmi lesquels une majorité de jeunes animaux se distingue. Les nœuds lymphatiques de la tête, en particulier les nœuds lymphatiques mandibulaires, étaient fréquemment lésés. L'examen histopathologique a révélé que 38,1% des poumons, 23% des foies et 13% des rates étaient porteurs de lésions évidentes de tuberculose. Compte-tenu du fort pourcentage d'animaux atteints de tuberculose généralisée et présentant de nombreuses lésions macroscopiques, parfois de taille importante (10 à 15 cm), les auteurs déduisent que ces sangliers ont un potentiel d'excrétion des bacilles tuberculeux non négligeable et ce, *via* différentes voies.

La surveillance de la tuberculose bovine dans les populations de sangliers en Espagne se base notamment sur les examens *post-mortem* pratiqués sur les animaux tués à la chasse. La surveillance de la maladie dans le Parc National Doñana a démontré que la prévalence avait augmenté entre 1998-2003 et 2006-2007, pour atteindre les 100%. Cette augmentation de la prévalence s'observe notamment chez les jeunes sangliers, dans de nombreuses zones. Un programme national de surveillance des maladies dans la faune sauvage a été créé, dans le but d'obtenir davantage d'informations sur la prévalence des maladies dans la faune sauvage d'Espagne (FITZGERALD et KANEENE, 2013). Trois principales options existent pour contrôler la transmission de la maladie : améliorer la biosécurité, le contrôle des populations et la vaccination. Améliorer la biosécurité comprend la protection des points d'eau et de la nourriture du bétail, la gestion des carcasses (pour empêcher que les sangliers ne les consomment) et la gestion des viscères des animaux tués à la chasse, que les chasseurs laissent en général dans la nature et qui sont une source d'infection pour les animaux qui les consomment. Concernant la seconde option, seule la chasse est autorisée en Espagne pour contrôler les densités de populations (l'empoisonnement est interdit). Une réduction significative des densités de sangliers *via* des pratiques de chasse intensives permettrait de réduire la prévalence dans cette espèce et d'avoir des incidences plus faibles chez les bovins (PALMER *et al.*, 2012). Cette hypothèse a été testée par GARCIA-JIMENEZ *et al.* (2013), qui ont mis au point une étude permettant d'évaluer les effets de la réduction des populations de sangliers sur la prévalence de la tuberculose bovine dans cette espèce et dans les populations de daims, dans le centre de l'Espagne, sur une période de cinq ans (2007-2012). Au début de leur étude, la densité des sangliers était faible et la prévalence de la tuberculose bovine dans cette espèce était modérée. Lors de la saison de chasse suivante, la densité a augmenté, tout comme la prévalence, qui a atteint 90%. Au fur et à mesure que la prévalence augmentait chez les sangliers, elle augmentait également, de façon significative, chez les daims (en particulier les mâles), chez lesquels était aussi observée une augmentation du taux de mortalité. Compte-tenu de la situation, il fut alors décidé de réduire significativement le nombre de sangliers en augmentant la pression de chasse. Cette réduction commença au début de la saison 2009-2010 et une baisse de la prévalence de la maladie fut observée dans les populations de daims. Cependant, chez les sangliers restants, une prévalence élevée (87,5%) persistait et chez les daims, la prévalence des lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose ne diminuait pas de façon continue. Durant la dernière saison de chasse, une augmentation de celle-ci se produisit, en particulier chez les mâles. Ceci peut s'expliquer par le fait que seuls les mâles de plus de cinq ans sont chassés et ces derniers ont pu s'infecter plusieurs années auparavant. Cette étude n'a donc pas eu les effets escomptés. Peut-être faudrait-il ajouter à la chasse intensive l'interdiction de l'alimentation artificielle, la réduction du nombre de bauges où les animaux se concentrent et la vaccination orale (ANSES, 2011). La vaccination orale de sangliers élevés en captivité, avec le Bacille de Calmette et Guérin, a

permis d'obtenir des niveaux de protection significatifs suite à un challenge avec une souche virulente de *M. bovis*. Les scores lésionnels étaient plus faibles chez les sangliers vaccinés, de même que le nombre de cultures positives ; en particulier, la réduction du score lésionnel enregistré pour les organes thoraciques était comprise entre 67% et 90%. Les sangliers vaccinés et exposés à des doses faibles ou modérées de *M. bovis* virulent (inoculées par voie oropharyngée) n'ont pas été infectés ou ont développé des lésions très limitées. La vaccination orale avec une souche inactivée de *M. bovis* a conféré aux sangliers une protection similaire à celle obtenue avec le BCG. Ces vaccins pourraient être administrés aux sangliers sauvages *via* des appâts oraux. L'utilisation d'un vaccin inactivé présente l'avantage de ne pas interférer avec le test d'intradermotuberculation chez les bovins, dans l'hypothèse où la souche vaccinale serait excrétée par les sangliers vaccinés (BELTRAN-BECK *et al.*, 2012).

Les blaireaux se rencontrent plus fréquemment, et sont plus nombreux, dans les habitats espagnols atlantiques que méditerranéens. Des cas sporadiques d'infection à *M. bovis* ont été décrits dans plusieurs régions espagnoles, même dans le nord. Les densités de blaireaux seraient en cours d'augmentation.

Dans les habitats méditerranéens semi-arides du centre et du sud de l'Espagne, plusieurs espèces d'ongulés sauvages contribuent au maintien de la tuberculose bovine au sein d'un système multi-hôtes. Il s'agit, en plus du sanglier, du cerf élaphe et du daim européen (*Dama dama*). Parmi les espèces constituant des réservoirs secondaires de la maladie se trouvent le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le lynx ibérique (*Lynx pardinus*), espèce menacée d'extinction. La prévalence de la maladie a été estimée à 27% chez le cerf élaphe, qui est capable d'entretenir l'infection en l'absence de bovins domestiques et d'autres hôtes sauvages. Le rôle du daim en tant que réservoir a été moins étudié, mais il reste possible à une échelle locale (GORTAZAR *et al.*, 2011).

2.3. Au Portugal

La littérature rapporte la présence de *M. bovis* uniquement chez le sanglier et le cerf élaphe.

L'infection par *M. bovis* des espèces sauvages, au Portugal, a attiré peu d'attention jusqu'à ce que la prévalence de la maladie, pourtant quasiment éradiquée des cheptels bovins, y augmente de façon importante durant ces deux dernières années, avec davantage de bovins réagissant au test d'intradermotuberculation et présentant des lésions tuberculeuses à l'abattoir ; en parallèle, les nombres de sangliers et de cerfs infectés par *M. bovis* augmentaient eux aussi. Ces derniers vivaient dans des régions du Portugal où des foyers bovins étaient présents, suggérant ainsi l'existence d'une transmission de la maladie aux espèces sauvages et *vice-versa*. La majorité des spoligotypes de *M. bovis* isolés chez les cerfs et les sangliers l'a aussi été chez les bovins, comme ce fut le cas dans le district Castelo Branco, et plus particulièrement dans la municipalité Idanha-a-Nova. Cependant, la prévalence relative des génotypes de *M. bovis* au sein de ces espèces varie. Chez le cerf, les spoligotypes SB0121 et SB0122 prédominent, alors que chez le sanglier, SB1264 est plus fréquent (suivi par SB0121 et SB0119). Chez les bovins, SB0121 et SB0119 sont les spoligotypes prédominants. Finalement, le problème de la tuberculose bovine dans la faune sauvage au Portugal semble être localisé au centre et au sud du pays, dans la municipalité Idanha-a-Nova (district Castelo Branco) et dans la municipalité Moura-Barrancos (district

Beja). Les densités de sangliers et de cerfs ne sont pas précisément connues : les cerfs semblent être très présents le long de la frontière avec l'Espagne alors que de fortes densités de sangliers sont observées sur l'ensemble du territoire. En se basant sur des données épidémiologiques et microbiologiques, il semblerait que le cerf et le sanglier soient des réservoirs primaires de la tuberculose bovine au Portugal. En se basant sur la bactériologie, la prévalence de la maladie est similaire dans les deux espèces (environ 47%). Des lésions évocatrices de tuberculose ont été trouvées dans la tête et les nœuds lymphatiques trachéobronchiques chez les cerfs et les sangliers, alors que seuls les cerfs présentaient des lésions localisées aux nœuds lymphatiques mésentériques. Ceci suggère que les sangliers se contaminent préférentiellement par voie respiratoire alors que les cerfs se contamineraient par voie respiratoire et par voie orale. La sur-représentation des régions de Idanha-a-Nova et de Beja peut s'expliquer par le fait qu'une inspection vétérinaire officielle des carcasses d'animaux tués à la chasse est systématiquement réalisée (alors qu'elle ne l'est pas forcément dans les autres régions si les carcasses ne sont pas destinées à rentrer dans les circuits commerciaux). Le contrôle de la maladie implique, entre autres, la poursuite d'études épidémiologiques et la mise en place de mesures pour empêcher les contacts entre les bovins et la faune sauvage (CUNHA *et al.*, 2012).

2.4. En Italie

Les sangliers des régions de Ligurie et de Piémont Sardaigne sont porteurs de *M. bovis* dans leurs ganglions lymphatiques céphaliques, avec des prévalences pouvant atteindre 10 à 15 % (HARS *et al.*, 2006 ; ANSES, 2011). Ceci confirme la capacité de cette espèce (également observée en Nouvelle Zélande et en Australie) à constituer une excellente sentinelle révélant la contamination de l'environnement par les mycobactéries et par la même occasion, la présence d'infections dans d'autres espèces (en particulier les bovins). Dans leur étude qui a duré trois ans (de 1993 à 1995), SERRAINO *et al.* (1999) ont mis en évidence une prévalence de la maladie de 37% (n=63) chez les sangliers, à l'ouest de la Ligurie. Ils ont également démontré que bovins et sangliers avaient un spoligotype en commun, indiquant une possible transmission interspécifique. Les lésions étaient essentiellement localisées aux nœuds lymphatiques mandibulaires et contenaient peu de bacilles. Ceci suggère une certaine résistance des sangliers à l'infection par *M. bovis*, en faisant un réservoir peu efficace de la maladie, voire même un cul-de-sac épidémiologique. Toutefois, des études récentes ont révélé la présence de tuberculose généralisée et de lésions pulmonaires évolutives chez le sanglier, tendant à remettre en question son rôle épidémiologique dans certaines régions d'Italie. Un cas sporadique d'infection à *M. bovis* a par ailleurs été observé chez un chevreuil, dans la vallée d'Aoste, au nord de l'Italie, et chez des cervidés importés (GORTAZAR *et al.*, 2012).

En Sicile, région autonome d'Italie, des lésions évocatrices de tuberculose ont été observées récemment chez les porcs noirs, une variété autochtone du porc domestique. Ces animaux vivent dans les bois des Parcs Naturels de Nebrodi et de Madonie, au nord-est de la Sicile, et sont élevés en liberté ou semi-liberté, partageant fréquemment les pâtures avec les bovins. Une première étude a montré que 6,7% des porcs noirs (n=119) présentaient des lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose, et 3,4% (n=119) ont fourni une réponse positive à la culture bactériologique. Dans une deuxième étude, les caractéristiques des lésions (lésions généralisées), leur localisation et le profil génétique des souches de *M. bovis* isolées permettent de suggérer que, dans ce contexte écologique particulier, les porcs noirs pourraient être un réservoir de tuberculose bovine. Parmi les organes porteurs de lésions tuberculeuses, localisées ou généralisées, les nœuds lymphatiques mandibulaires et

rétropharyngiens prédominant, suggérant que les porcs se contaminent par voie orale et respiratoire (*via* la nourriture, l'eau, l'air). Il est admis que les porcs noirs se sont initialement contaminés à partir des bovins, hôtes naturels de *M. bovis*, *via* le partage des pâtures. Il est également admis qu'une transmission horizontale s'effectue des porcs aux bovins. Il a été montré récemment que des souches de *M. bovis* isolées chez des porcs noirs peuvent être pathogènes pour les bovins, générant des lésions tuberculeuses.

La présence de tuberculose bovine chez les porcs noirs de Sicile, ainsi que la découverte de nouveaux profils génétiques de *M. bovis*, suggèrent que cette espèce est capable d'auto-entretenir la maladie (DI MARCO *et al.*, 2012).

2.5. En Suisse et dans la Principauté du Liechtenstein

Les derniers cas documentés de tuberculose bovine dans la faune sauvage suisse datent des années 1950, avant que le pays ne devienne officiellement indemne de tuberculose bovine en 1960. Étaient impliqués des blaireaux, des chevreuils, des chamois (*Rupicapra rupicapra rupicapra*) et des cerfs élaphe. Une étude menée en 2002-2003 chez 69 sangliers du canton de Ticino (au Sud de la Suisse), a montré que *M. bovis* était absent de cette région. Une étude menée entre 2009 et 2011 sur 434 ongulés tués à la chasse (165 sangliers et 269 cerfs élaphe) a permis de constater qu'aucun d'entre eux n'était porteur de *M. bovis*. La présence d'un réservoir sauvage de tuberculose bovine dans ce pays est donc improbable. Il est vrai que ces deux pays ne possèdent pas certains facteurs de risque majeurs tels que le maintien de densités élevées d'ongulés à des fins de chasse ou le nourrissage des animaux sauvages qui conduit à des concentrations importantes d'animaux dans certaines zones. Cependant, les statistiques portant sur le nombre d'animaux tués à la chasse ou retrouvés morts sur les routes, montrent que les populations de cerfs et de sangliers sont en cours d'accroissement. Des cerfs ont été observés près des aires d'alimentation des bovins durant l'hiver. La vigilance doit donc être maintenue (SCHONING *et al.*, 2013).

2.6. En Belgique, aux Pays-Bas et au Luxembourg

Ces trois pays sont officiellement indemnes de tuberculose bovine chez les bovins et aucun cas concernant la faune sauvage n'est rapporté dans la littérature.

En Belgique, des cas sporadiques ont été détectés récemment chez les bovins mais une évaluation des facteurs de risque a révélé que la faune sauvage n'avait joué aucun rôle dans la survenue de ces cas.

Cependant, la surveillance épidémiologique de la faune sauvage dans ces pays est considérée comme cruciale compte-tenu de la situation en France, pays voisin, et du commerce de bovins avec le Royaume-Uni.

2.7. Au Danemark, en Finlande, en Norvège et en Suède

Ces quatre pays sont officiellement indemnes de tuberculose bovine chez les bovins, et aucun cas n'a été rapporté dans la faune sauvage, malgré l'existence d'une surveillance renforcée.

En Suède, plusieurs foyers parmi les cervidés élevés en captivité ont été recensés en 1991, mais il s'agissait soit d'animaux importés du Royaume-Uni en 1987, soit d'animaux ayant eu des contacts rapprochés avec ces derniers (GORTAZAR *et al.*, 2012).

2.8. En Allemagne et en Autriche

Ces deux pays sont officiellement indemnes de tuberculose bovine chez les bovins mais quelques cas dans la faune sauvage ont été rapportés récemment. Durant ces dix dernières années, des animaux captifs ont été trouvés tuberculeux en Allemagne. Entre 1982 et 1998, 1,4% (n=7419) des sangliers examinés avaient des lésions évocatrices de tuberculose et 0,8% étaient porteurs de *M. bovis* (confirmé par culture bactériologique). En Bavière (Sud de l'Allemagne), des cultures négatives ont été obtenues à partir de nœuds lymphatiques prélevés sur 92 sangliers tués à la chasse mais 21% d'entre eux ont fourni une réponse positive à la PCR pour des bactéries du Complexe *M. tuberculosis*. En Autriche, des lésions évocatrices de tuberculose ont été observées chez 7 cerfs élaphe dans les Alpes du Nord ; la culture et la PCR ont confirmé la présence de *M. caprae* (Complexe *M. tuberculosis*) (GORTAZAR *et al.*, 2012).

2.9. En Europe de l'Est

Des infections par des bactéries du Complexe *M. tuberculosis* chez des sangliers de l'Europe de l'Est, entre 1983 et 2000, sont répertoriées par MACHACKOVA *et al.* (2003). Les auteurs rapportent un cas suspect en Bosnie-Herzégovine, un cas confirmé en Croatie, aucun cas en République Tchèque, six en Hongrie, sept en Bulgarie, une prévalence de 19,6% (n=46) en Slovaquie et une probable prévalence de lésions tuberculeuses de 5% (n=indéterminé) chez les sangliers en Russie. Des cas de tuberculose ont été diagnostiqués chez le sanglier (n=14) et le cerf élaphe (n=6) en Hongrie, chez le sanglier (n=1) en Croatie, chez le bison d'Europe (*Bison bonasus*) (n=13), le chevreuil (n=2) et le blaireau en Pologne. Cependant, en Hongrie, certaines souches isolées se sont révélées être *M. caprae*. Entre 2000 et 2004, aucun cas d'infection des mammifères sauvages n'a été rapporté en République Tchèque, Slovaquie et Slovénie, et les deux premiers pays ont été déclarés officiellement indemnes de tuberculose bovine (GORTAZAR *et al.*, 2012).

2.10. Tableau récapitulatif

Les différentes situations épidémiologiques et les données décrites à ce jour sur les mesures de lutte mises en œuvre sont regroupées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Situation épidémiologique de la faune sauvage en Europe (hors France) vis-à-vis de la tuberculose bovine et mesures de lutte mises en œuvre

Espèce	Pays	Rôle épidémiologique	Transmission retour aux bovins	Mesures de lutte
CERVIDES				
Cerf élaphe	Espagne	Réservoir primaire	*	*
	Portugal	Réservoir primaire	Oui	*
SUIDES				
Sanglier	Espagne	Réservoir primaire	Oui	Améliorer la biosécurité (gestion des carcasses, des viscères,...), réduction des populations, développement d'un vaccin de type BCG administrable par voie orale
	Portugal	Réservoir primaire	Oui	*
	Italie	Réservoir secondaire ou cul-de-sac épidémiologique Excellente sentinelle	Probable dans certaines zones	*
MUSTELIDES				
Blaireau	Grande-Bretagne	Réservoir primaire	Oui	1) Abattage (gazage, cage-piège et tir) 2) RBCT (1998-2005) : abattage réactif, abattage proactif, zone témoin + culture bactériologique et histologie 3) Poursuite de l'abattage et vaccination par voie IM des blaireaux pendant 5 ans dans une zone donnée
	Irlande	Réservoir primaire	Oui	1) FAS (1997-2002) : Piégeage des blaireaux aux collets, abattage + culture bactériologique et histologie 2) Abattage et vaccination pendant 4 ans

* absence de données

3. En France

3.1. Biologie et densités des populations sauvages

3.1.1. Cerf élaphe (*Cervus elaphus*)

- Éléments de biologie (ONCFS, 2013a et PFAFF *et al.*, 2008)

Le cerf élaphe est un mammifère appartenant à l'ordre des Artiodactyles et à la famille des Cervidés.

Il est aujourd'hui présent dans 80 départements et occupe près de 14 millions d'hectares dont la moitié en territoire boisé.

L'aire occupée par le cerf recouvre pratiquement tous les types de milieux naturels rencontrés en France. Une zone à cerf se compose généralement de deux parties : une forestière (pour 43% de la superficie en moyenne) à laquelle les cerfs sont inféodés, et une périphérique majoritairement agricole (pour 57 % en moyenne) qui est plus ou moins fréquentée par les animaux. Les forêts de feuillus et les terres arables sont les milieux les plus représentés (respectivement 23 % et 21 % de la superficie totale occupée par le cerf en 2005). En-dessous de 600 m d'altitude, le cerf est nettement inféodé aux forêts de feuillus ou de résineux. En moyenne et haute montagne, il sélectionne moins les habitats et les utilise proportionnellement aux disponibilités.

Espèce de milieu ouvert, le cerf recherche des végétaux poussant à la lumière. Son alimentation s'adapte à la disponibilité, déterminée par le milieu et la saison. Sur une année, son régime est majoritairement composé de plantes herbacées, parmi lesquelles les graminées représentent entre le tiers et la moitié de la consommation totale annuelle.

L'organisation sociale de cette espèce sociable est matriarcale. Mâles et femelles adultes vivent séparés la majeure partie de l'année. La taille des groupes matriarcaux est plus forte en milieux ouverts qu'en forêt. En hiver, le regroupement de plusieurs hardes peut conduire à la formation de groupes de plusieurs dizaines d'individus. Les mâles de deux ans et plus vivent en hardes dont la cohésion varie au cours des saisons. Au printemps, durant la repousse des bois, ils forment des groupes très importants qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de têtes. En été, à l'approche du rut, les groupes se disloquent et la hiérarchie s'affirme : les adultes sont individualistes et rejoignent les femelles tandis que les plus jeunes forment de petits groupes. Après le rut, à partir de novembre, les mâles se regroupent progressivement.

En moyenne, le domaine vital d'une biche couvre 500 à 2000 hectares : sa superficie est déterminée par la distribution des sources d'alimentation et des zones de protection. Le domaine vital d'un mâle adulte peut couvrir plusieurs milliers d'hectares, mais ses déplacements montrent de fortes variations saisonnières.

- Statut juridique (ONCFS, 2013a)

L'espèce est classée gibier et est soumise au plan de chasse obligatoire (Journal Officiel de la République Française, 1978). Le cerf figure parmi les espèces dont la régulation des effectifs est indispensable ; le plan de chasse est l'outil de cette régulation.

D'après l'article L425-6 du Code de l'Environnement, « le plan de chasse détermine le nombre minimum et maximum d'animaux à prélever sur les territoires de chasse. Il tend à assurer le développement durable des populations de gibier et à préserver leurs habitats, en conciliant les intérêts agricoles, sylvicoles et cynégétiques. Pour le grand gibier, il est fixé après consultation des représentants des intérêts agricoles et forestiers pour une période qui peut être de trois ans et révisable annuellement ; il est fixé pour une année pour le petit gibier. Pour assurer un équilibre agricole, sylvicole et cynégétique, le plan de chasse est appliqué sur tout le territoire national pour certaines espèces de gibier dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat. Le plan de chasse, qui prend en compte les orientations du schéma départemental de gestion cynégétique, est mis en œuvre après avis de la commission départementale compétente en matière de chasse et de la faune sauvage ».

Les trois modes de chasse traditionnelle sont représentés : vénerie (chasse à courre), chasse individuelle (à l'approche ou à l'affut), chasse collective (battues).

- Méthodes de suivi

Le suivi de la progression de l'espèce en France a été effectué tous les cinq ans depuis 1985 par les enquêtes zoo-géographiques « massifs à cerf ».

L'enquête est réalisée pour chaque département – souvent conjointement – par les deux interlocuteurs techniques ONCFS et FDC du Réseau Ongulés sauvages. Chaque « zone à cerf » correspondant à une entité de gestion départementale de population est répertoriée, cartographiée et décrite par plusieurs variables. Les effectifs sont « estimés » par un minimum et un maximum. L'enquête porte aussi sur les modalités de suivi appliquées sur chaque zone. Jusqu'en 2000, les zones à cerf étaient ensuite agrégées en massifs à cerf, correspondant à une ou plusieurs unités de population interdépartementales indépendantes les unes des autres. Un massif se compose d'une partie forestière entourée d'une périphérie non boisée plus ou moins régulièrement fréquentée par les cerfs. Pour chaque massif, une fiche d'identité rassemble la liste des communes concernées, les superficies totales et forestières, l'estimation des effectifs et le plan de chasse de l'année de l'enquête.

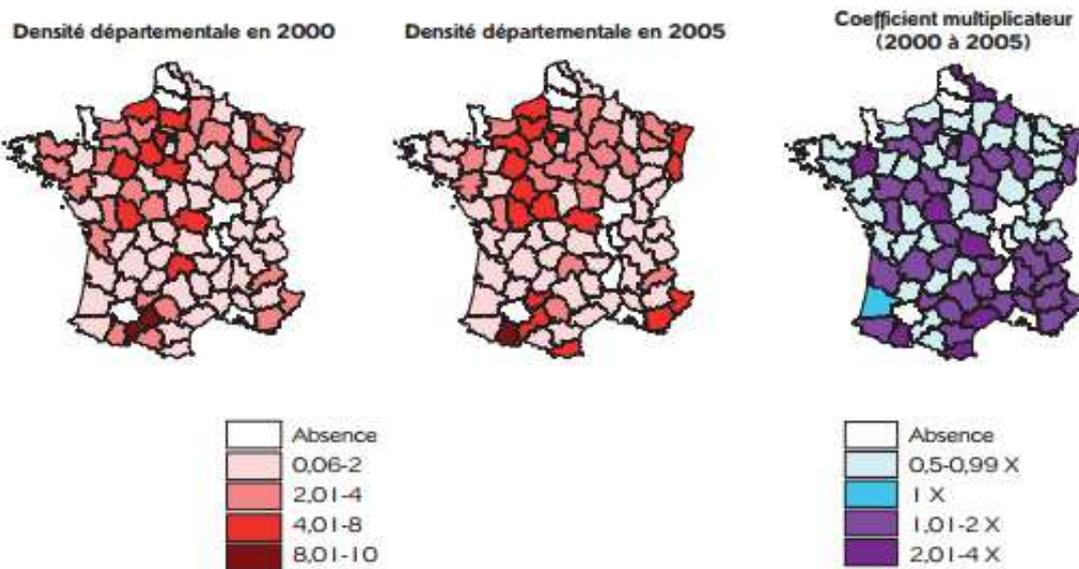
Lors du traitement des données de l'enquête 2005, il est apparu qu'il était difficile voire impossible de continuer à agréger les zones à cerf en massifs distincts. En effet, avec le développement des populations de cerfs, les liaisons entre les massifs sont de plus en plus fréquentes et la séparation des massifs devient une notion très arbitraire (PFAFF *et al.*, 2008).

- Estimation des densités de population

Les densités ont globalement augmenté (Figure 2). En 1985, plus de 60 % des zones à cerfs supportaient une densité moyenne (rapportée à la superficie totale) de moins de 0,5 cerf/km², et seules 4 % des zones comptaient plus de 2 cerfs/km². En 2005, 15 % des zones hébergent plus de 2 cerfs/km². Il faut cependant noter que la situation a peu changé entre 2000 et 2005. Ces données traduisent aussi la progression des densités de cerfs en forêt, qui est particulièrement sensible au-delà de 4 têtes/km² : en 1985, moins de 2 % de la superficie

forestière occupée abritait une densité supérieure à 4 ; en 2005, ce nombre dépasse 14 %. Cette évolution est donc préoccupante pour les forestiers car les fortes densités sont souvent à l'origine de difficultés, surtout si elles sont durablement présentes. L'examen de la variation des densités présentes en 2000 montre que les évolutions récentes ne sont pas uniformes. Les populations présentes à faibles densités en 2000 ont nettement progressé, celles à densité intermédiaires plus faiblement. Enfin, celles à fortes densités (plus de 8 têtes/km²) ont nettement régressé, traduisant la volonté de contrôler efficacement ces situations potentiellement conflictuelles (PFAFF *et al.*, 2008).

Figure 2. Evolution des densités départementales de cerfs sur les surfaces boisées occupées entre 2000 et 2005

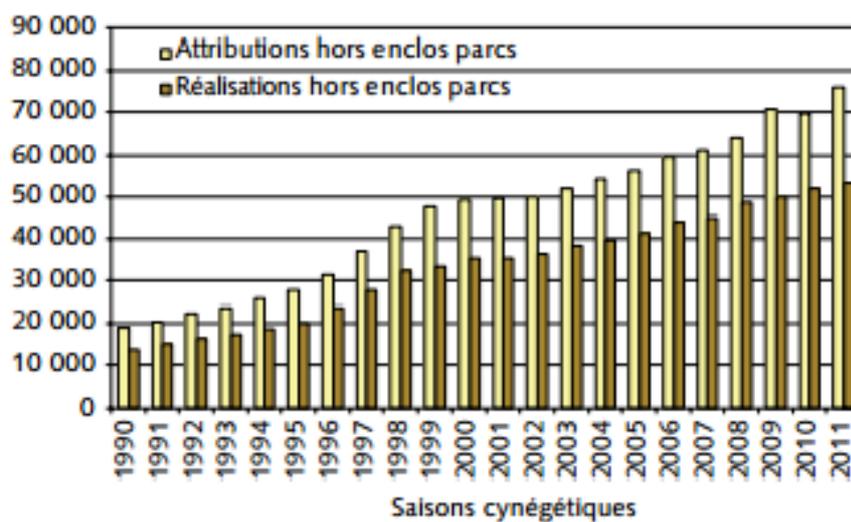


Source : PFAFF *et al.*, 2008

- « Prélèvements » par la chasse

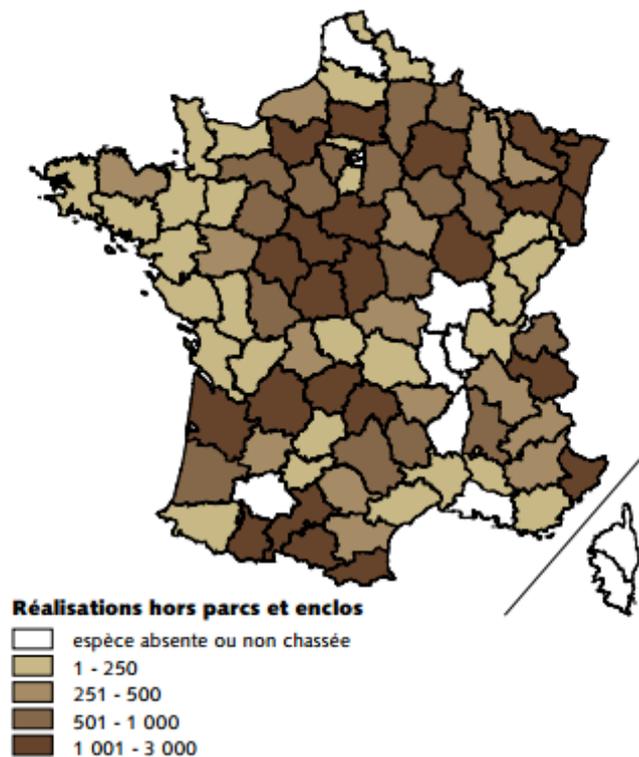
La saison de chasse 2011-2012 montre une augmentation du tableau de chasse de plus de 2,6% par rapport à l'année précédente. En outre, depuis 28 ans, le tableau de chasse du cerf ne cesse de s'accroître (Figure 3). Les tableaux de chasse sont supérieurs à 1 500 cerfs dans dix départements (Loiret, Dordogne, Loir-et-Cher, Indre-et-Loire, Côte-d'Or, Indre, Hautes-Pyrénées, Cantal, Haute-Garonne, Bas-Rhin) (Figure 4). Le prélèvement national aux 100 hectares boisés est de 0,37 cerf lorsque le calcul est fait sur les départements où l'espèce est chassée, et de 0,35 cerf lorsque le prélèvement est évalué sur l'ensemble des départements français. Dans neuf départements, les prélèvements dépassent 1 cerf aux 100 hectares boisés (Indre-et-Loire, Loiret, Eure-et-Loir, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Vienne, Orne, Yvelines) (RESEAU ONGULES SAUVAGES ONCFS/FNC/FDC, 2012).

Figure 3. Évolution annuelle du tableau de chasse national cerf



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

Figure 4. Tableaux de chasse départementaux cerf, saison 2011-2012



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

3.1.2. Chevreuil (*Capreolus capreolus*)

- Éléments de biologie (ONCFS, 2013b)

Le chevreuil est un mammifère appartenant à l'ordre des Artiodactyles et à la famille des Cervidés.

Espèce de lisière dotée d'une forte plasticité écologique, le chevreuil occupe dorénavant tous les milieux. La forêt reste l'habitat privilégié et accueille les plus fortes populations. L'espèce occupe les milieux intermédiaires comme le bocage, les agrosystèmes avec des taux de boisement parfois inférieur à 5% et l'étage montagnard jusqu'à 2500 m. Les exigences du chevreuil par rapport à l'habitat sont essentiellement déterminées par un besoin de ressources alimentaires à haute valeur nutritionnelle.

Le chevreuil est très sélectif et recherche une alimentation riche et diversifiée. En milieu forestier, la plus grande partie de son alimentation est fournie par les semi-ligneux et en particulier le lierre et la ronce ainsi que la callune, la myrtille, l'airelle et le framboisier. En milieu agricole, le chevreuil de plaine se nourrit surtout de céréales d'hiver, colza, luzerne et betteraves. La recherche de nourriture dans les milieux boisés subsistants reste marquée.

L'organisation sociale est basée sur la cellule familiale : chevrette et son (ses) jeune(s) de l'année. En automne-hiver, mâles et femelles utilisent des domaines vitaux de taille similaire de l'ordre de 20 ha en milieu forestier et de 100 à 150 ha en milieu agricole. Au printemps et en été, le déterminisme de l'occupation de l'espace est plutôt dicté par des facteurs sociaux.

- Statut juridique (ONCFS, 2013b)

L'espèce est classée gibier et est soumise à un plan de chasse obligatoire (Article 17 de la loi du 29 décembre 1978 – J.O du 30 décembre 1978).

- Méthodes de suivi

Le suivi annuel des tableaux de chasse départementaux depuis 1973, et communaux tous les cinq ans depuis 1985 sur l'ensemble du territoire national, permet de suivre l'évolution de l'espèce sur le long terme. Les données sont fournies dans le cadre des enquêtes du réseau «ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC» par les interlocuteurs techniques départementaux ONCFS et FDC (ANSES, 2011).

- Estimation des densités de population

L'interprétation des tableaux de chasse à l'échelle nationale en termes d'effectifs est délicate. Les « prélèvements » cynégétiques sont conditionnés par de nombreux facteurs, dont les attributions, c'est-à-dire les quotas d'animaux à chasser, mais aussi les variations des conditions de chasse (nombre de chasseurs, mode de chasse, climat, *etc.*) (ANSES, 2011).

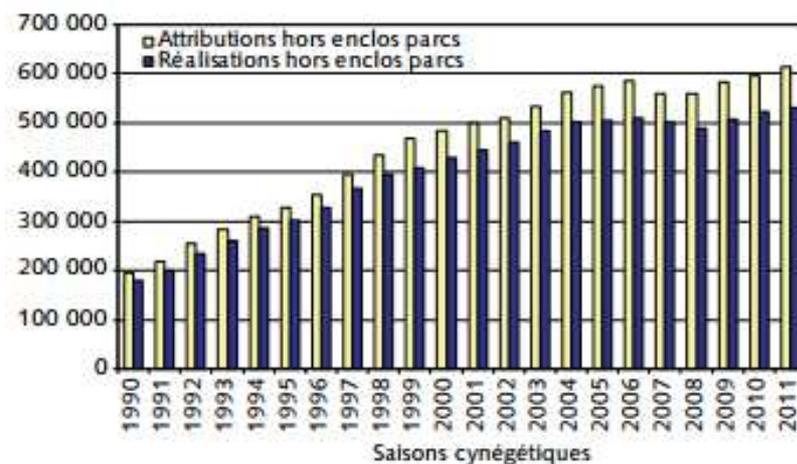
- « Prélèvements » par la chasse

L'effectif de chevreuils au niveau national est de l'ordre de 1.500.000 têtes soit une multiplication de 3,2 au cours des 20 dernières années.

La saison de chasse 2011-2012 montre une augmentation du tableau de chasse de 1,7% par rapport à l'année précédente (Figure 5). Dix départements ont plus de 10 000 chevreuils à leur tableau de chasse (Dordogne, Bas-Rhin, Gironde, Landes, Moselle, Haute-Marne, Côte-d'Or, Meuse, Cher, Vosges) (Figure 6).

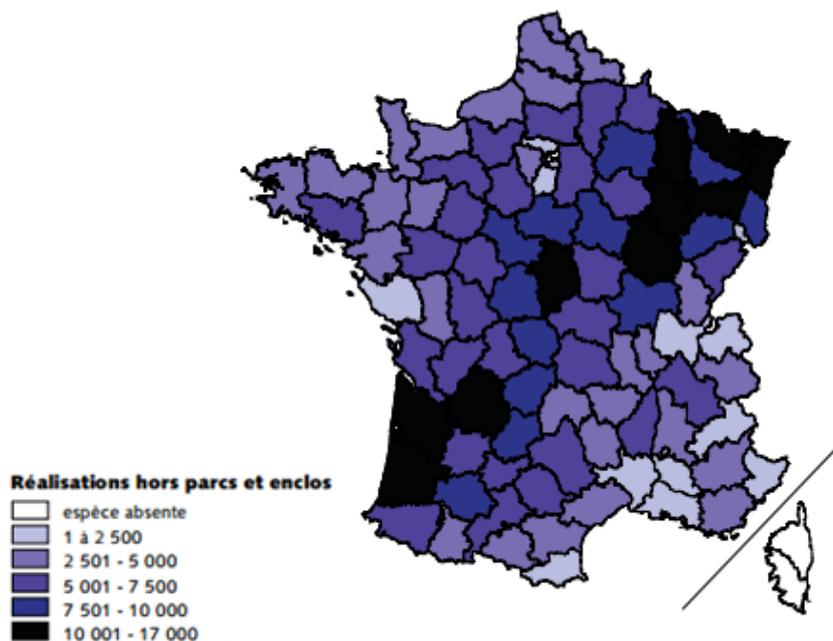
Le prélèvement national est de 0,93 chevreuil aux 100 hectares totaux et de 3,39 chevreuils aux 100 hectares boisés. Les plus fortes densités de prélèvements aux 100 hectares totaux s'observent dans le Bas-Rhin, Haut-Rhin, Moselle, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle. Les prélèvements sont inférieurs à 0,3 chevreuil aux 100 hectares totaux dans le Vaucluse et dans les Bouches-du-Rhône (RESEAU ONGULES SAUVAGES ONCFS/FNC/FDC, 2012).

Figure 5. Évolution annuelle du tableau de chasse national chevreuil



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

Figure 6. Tableaux de chasse départementaux chevreuil, saison 2011-2012



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

3.1.3. Sanglier (*Sus scrofa*)

- Éléments de biologie (ONCFS, 2013c)

Le sanglier est un mammifère appartenant à l'ordre des Artiodactyles et à la famille des Suidés.

En France, le sanglier se rencontre dans tous les types de formation, depuis la garrigue méditerranéenne jusqu'aux pelouses alpines. Il s'adapte aussi bien à des milieux marécageux, tels que la Camargue, qu'à des milieux secs, tels que le pourtour Méditerranéen, bien qu'initialement, il soit resté longtemps cantonné dans les grands massifs forestiers de la plaine jusqu'à l'étage collinéen. De nos jours en France, on trouve le sanglier quasiment partout. Les densités les plus fortes se retrouvent dans les départements du quart Nord-Est, et dans les départements du Sud, sur le pourtour Méditerranéen et la Corse.

Le sanglier est un omnivore très opportuniste qui a la faculté de s'adapter à une très vaste diversité de sources alimentaires selon leurs disponibilités au fil des saisons. L'essentiel de son régime alimentaire (95% à 97%) est constitué de matières végétales. Il ingère une multitude de fruits et graines (glands, châtaignes, faines) les plus divers mais également bulbes, racines et rhizomes, partie aérienne d'herbacées (tiges de plantes, feuillages de graminées). La part carnivore de son régime alimentaire (inférieure à 5%) est constituée d'insectes (adulte ou larves), de mollusques, de lombriciens et autres petits animalcules, et occasionnellement, de restes d'animaux plus gros tels que des reptiles, des batraciens, des oiseaux ou des mammifères.

Les sangliers sont sédentaires ; ainsi, le domaine vital des mâles est généralement plus vaste que celui des femelles et, en France, la littérature fournit des estimations variables en fonction des types d'habitats fréquentés, allant de 500 à 3000 hectares quel que soit le sexe de l'animal. Ces valeurs peuvent augmenter sensiblement sous l'effet de la chasse pour atteindre 6000-7000 voire 15 000 hectares. Cette espèce n'est pas considérée comme territoriale (défendant activement son territoire), ainsi de nombreux animaux se partagent un même espace géographique, en particulier ceux génétiquement apparentés.

- Statut juridique (ONCFS, 2013c et ONF, 2013)

Le sanglier est, actuellement, une espèce classée gibier, donc chassable selon les prescriptions édictées par le Préfet dans son arrêté annuel d'ouverture (article R. 224-4 du Code rural). Cependant, depuis la parution du décret du 30 Septembre 1988 n° 88-940 5 article R. 227-5 à R. 227-27, le Préfet décide annuellement du classement nuisible ou non du sanglier, après avis du Conseil départemental de la chasse et de la faune sauvage. Aucune réglementation européenne ou internationale ne s'applique à l'espèce *Sus scrofa*. La directive 92/93/CEE de Mai 1992 et la Convention de Berne n'accordent au sanglier aucune attention particulière.

Le sanglier est chassé à tir, souvent en battue, et à courre, et dans ces deux cas, toujours avec des chiens. Lorsque l'animal est classé nuisible, la période de destruction prolonge celle de la chasse.

- Méthodes de suivi (ONCFS, 2013c et ANSES, 2011)

Pour l'instant, peu d'indicateurs fiables et validés sont disponibles pour le suivi des populations. Souvent, l'appréciation des tendances d'évolution se base sur le tableau de chasse, l'évolution du montant des indemnisations des dégâts agricoles ou l'évolution des indices issus des dénombrements sur place d'affouragement. Mais ces éléments de réflexion sont à utiliser avec précaution.

Il existe un suivi annuel des tableaux de chasse départementaux depuis 1973 et communaux depuis 1987 sur l'ensemble du territoire national. Les sociétés de chasse transmettent donc aux fédérations départementales des chasseurs (FDC) le nombre de sangliers tués à la chasse, sous la forme de simples déclarations en fin de saison de chasse, de carnets de battue régulièrement remplis, ou de déclarations immédiates dès qu'un animal est tué. Ces données permettent de suivre l'évolution de l'espèce sur le long terme. Les données sont fournies dans le cadre des enquêtes du réseau « ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC » par les interlocuteurs techniques départementaux ONCFS et FDC.

- Estimation des densités de population

On ne dispose d'aucune méthode de recensement pour déterminer les effectifs présents, ni à l'échelle de territoire, ni *a fortiori* à l'échelle nationale. Une estimation très sommaire peut être obtenue à partir des « prélèvements » cynégétiques (c'est-à-dire le nombre d'animaux tués à la chasse), en supposant un accroissement annuel entre 1,5 et 1,9, ce qui n'est cependant pas vérifiable (ANSES, 2011).

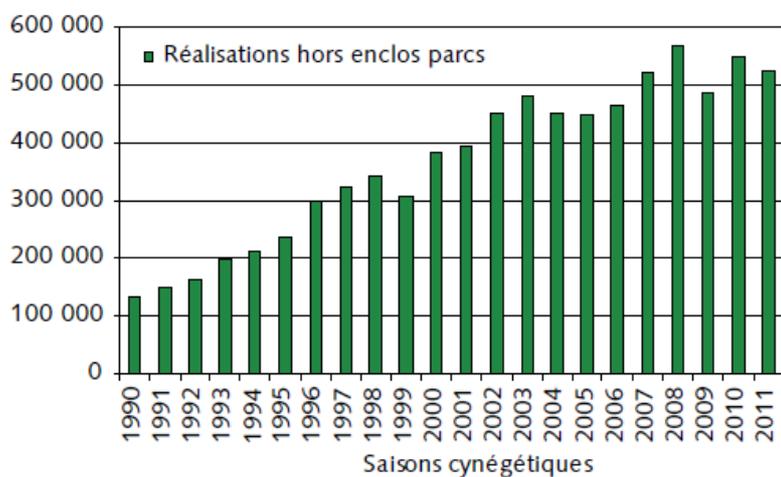
- « Prélèvements » par la chasse

Le tableau de chasse, qui oscille depuis 4 ans, connaît une légère baisse (-4,4 %) pour la saison 2011-2012, par rapport à la saison précédente. La tendance générale sur les trois dernières saisons est à la baisse (-1,9 %) (Figure 7).

Dans six départements, les prélèvements sont supérieurs à 15 000 sangliers (Gard, Haute-Corse, Ardèche, Var, Hérault, Loir-et-Cher) (Figure 8).

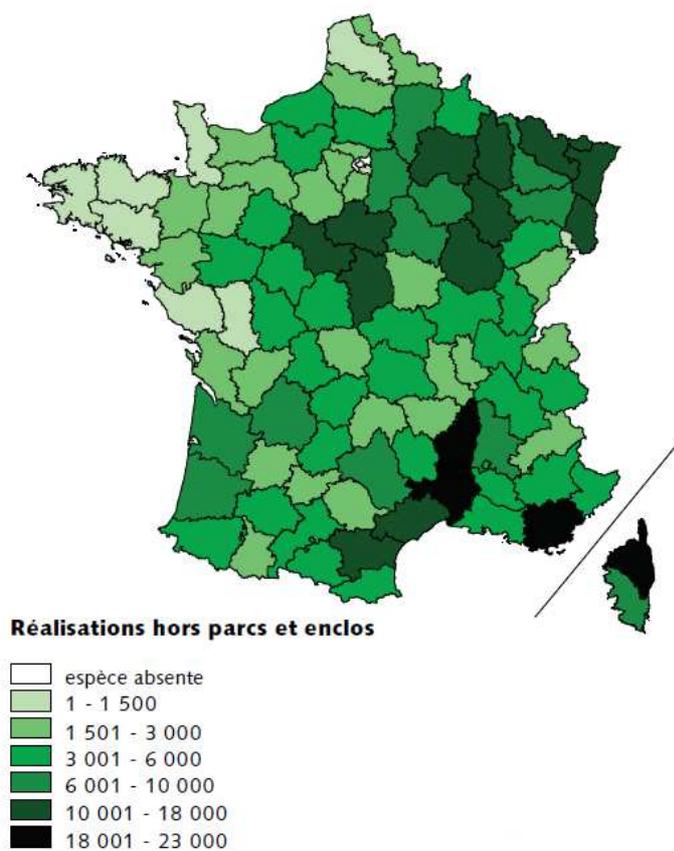
Le prélèvement national est de 0,9 sanglier aux 100 hectares totaux et de 3,28 sangliers aux 100 hectares boisés. Les plus fortes densités de prélèvements aux 100 hectares totaux s'observent en Haute-Corse, Gard, Ardèche et Bas-Rhin (RESEAU ONGULES SAUVAGES ONCFS/FNC/FDC, 2012).

Figure 7. Évolution annuelle du tableau de chasse national sanglier



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

Figure 8. Tableaux de chasse départementaux sanglier, saison 2011-2012



Source : Réseau Ongulés Sauvages ONCFS/FNC/FDC, 2012

3.1.4. Blaireau (*Meles meles*)

- Éléments de biologie (ANSES, 2011)

Le blaireau est le plus gros représentant de la famille des Mustélinés. Il est présent partout en France continentale, et jusqu'à 2 000 m d'altitude.

Le blaireau est un animal nocturne. Il passe sa journée au terrier et sort au crépuscule. Généralement, le blaireau est actif la majeure partie de la nuit et prospecte des zones précises en empruntant des cheminements réguliers dans son domaine. En hiver, l'activité est ralentie voire stoppée pendant plusieurs jours ou semaines lors de grands froids. Ce repos hivernal n'est pas une hibernation.

Son régime alimentaire est varié : vers de terre, insectes, batraciens, petits mammifères, fruits, céréales... Il dépend des ressources alimentaires présentes. Il se nourrit la nuit, le jour étant dédié au repos. Son activité est ralentie en hiver, où il puise dans ses réserves de graisse. La consommation de vers de terre est habituellement prédominante mais varie en fonction de la pluviométrie.

Le blaireau est une espèce qui peut être solitaire ou familiale ou encore communautaire, un nombre plus ou moins important d'individus pouvant cohabiter ensemble. Cette différence d'organisation sociale serait directement liée à la qualité de l'habitat. Le plus souvent, il vit en groupes, les clans familiaux, occupant un terrier principal et fréquentant un territoire commun. Le blaireau fréquente les milieux où il pourra creuser son terrier, s'alimenter et où il sera en sécurité. Si la majorité des terriers est localisée en forêts de feuillus, il peut également élire domicile dans des milieux ouverts ou semi-ouverts tels que le bocage, les landes ou les prairies. La présence humaine n'est pas un facteur dissuasif s'il peut bénéficier de couvert végétal.

Il aménage un terrier principal, vaste et complexe, constitué de plusieurs chambres reliées entre elles par un réseau de galeries, qui peut descendre à plusieurs mètres sous terre et déboucher en surface par trente à quarante sorties appelées les « gueules » du terrier. Le terrier principal est utilisé en quasi permanence et accueille les jeunes. D'autres terriers à vocation secondaire sont également utilisés : les terriers annexes (à proximité du terrier principal et utilisés notamment lors de la période des naissances), les terriers subsidiaires (utilisés occasionnellement) et les terriers périphériques (simples et disséminés en bordure de territoire). Un terrier peut être utilisé par plusieurs générations de blaireaux et faire cohabiter plusieurs espèces de mammifères (renard, lapin, etc). Les blaireaux déposent leurs fèces la plupart du temps dans des latrines, trous creusés dans la terre pouvant être utilisés plusieurs fois. Ces latrines se retrouvent soit à proximité des terriers, soit en périphérie des territoires ; elles servent à la communication olfactive entre animaux, avec un pic d'utilisation en période de rut.

La taille des domaines d'activité varie considérablement d'une région à l'autre, notamment en fonction de l'abondance et de la distribution spatiale des ressources alimentaires.

- Statut juridique

Le blaireau est une espèce chassable (AM du 26 Juin 1987), qui peut être chassée à tir pendant la période d'ouverture de la chasse. Cependant, cette chasse est très peu pratiquée en raison des mœurs nocturnes du blaireau. Il peut également être chassé par déterrage (vénerie sous terre). La période d'exercice de la vénerie sous terre est réglementée par l'Arrêté Ministériel du 18 Mars 1982 : elle débute le 15 Septembre et s'achève au 15 Janvier. Une période complémentaire pour la vénerie peut être autorisée par le préfet au titre de l'article R.424-5 du Code de l'Environnement, du 15 Mai au 15 Septembre.

Le blaireau n'est pas inscrit sur la liste des espèces susceptibles d'être classées nuisibles (AM du 30 Septembre 1988).

Le blaireau est inscrit à l'annexe III (espèce de faune protégée) de la Convention de Berne : ceci implique de maintenir l'existence de ces populations hors de danger (interdiction temporaire ou locale d'exploitation, réglementation du transport ou de la vente, ...).

- Méthodes de suivi (ANSES, 2011)

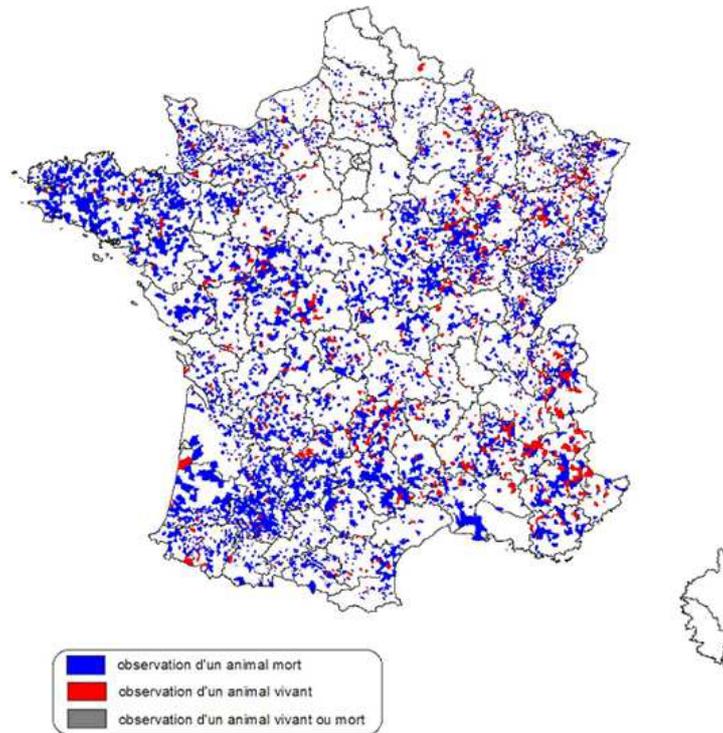
Le dénombrement des populations de blaireaux n'est pas aisé en raison du comportement nocturne et grégaire de cette espèce, qui vit en groupes familiaux constitués d'un nombre très variable d'individus. Il n'existe pas, à l'échelle nationale, de protocole commun de suivi des populations de blaireaux mais des méthodes indirectes qui restent à valider.

Le plus souvent, la méthode utilisée est le dénombrement de terriers principaux « actifs », c'est-à-dire occupés, avec indices de présence frais. Mais la distinction entre terriers principaux et terriers secondaires n'est pas aisée, le nombre de « gueules » étant un critère insuffisant car fonction de l'ancienneté du terrier et de la facilité à creuser. Plutôt qu'à une densité en individus, l'estimation des densités en terriers principaux est à relier aux densités en groupes familiaux. En effet, il n'y a pas de relation directe simple entre le nombre de terriers principaux et le nombre d'individus : lorsque le milieu est favorable, la taille des groupes familiaux augmente et la taille des territoires des animaux diminue. Pour estimer une densité en individus, il conviendrait donc d'estimer en outre la taille des groupes familiaux (nombre de blaireaux fréquentant un terrier). Cette espèce présentant une grande flexibilité comportementale, ce nombre peut varier du simple au double (en fonction de la quantité de nourriture disponible), et ne dépend pas du nombre de gueules du terrier. Ainsi, les estimations de densités fondées sur les dénombrements de terriers et les comparaisons entre territoires différents doivent être considérées avec précaution, en s'assurant que les méthodologies sont comparables.

Les agents de l'ONCFS utilisent depuis 2001 les carnets de bords « Petits Carnivores » afin d'établir des cartes de répartition de différentes espèces, dont le blaireau, grâce aux observations d'individus morts ou vivants (Figure 9).

Enfin, les prélèvements cynégétiques constituent une autre méthode de suivi des populations de blaireaux. Cependant, le nombre de blaireaux prélevés à la chasse à tir est trop faible pour être interprétable à l'échelle communale (mais possibilité de l'interpréter à l'échelle départementale). La vénerie sous terre n'est pas un bon indicateur de l'état des populations car il n'est pas possible de la pratiquer partout (nature du sol).

Figure 9. Répartition communale des observations de blaireaux collectés dans les carnets de bord petits carnivores par l'ONCFS entre 2001 et 2005



Source : ANSES, 2011

- Estimation des densités de population

Les données disponibles relatives au dénombrement des indices de présence du blaireau concernent en France des études limitées dans le temps et dans l'espace, sans véritable plan d'échantillonnage.

En Lorraine, il a été montré que la densité en terriers principaux est de $0,15/\text{km}^2$ et l'effectif moyen des groupes de blaireaux est de $3,56 \pm 1,48$ adultes. Ainsi, la densité des blaireaux est de $0,53 \pm 0,22$ adulte/ km^2 (LEBECCEL et le Groupe d'Étude des Mammifères de Lorraine, 2010). Les auteurs précisent que la taille des groupes de blaireaux en Lorraine est supérieure à celle observée au Luxembourg ($2,59 \pm 0,51$ adultes/groupe) ou dans les Ardennes françaises ($2,8 \pm 2,2$ adultes/groupe). Elle est comparable à celle observée en Suisse (3 à 4 adultes/groupe) mais reste cependant très inférieure à celle observée en Angleterre où la taille des groupes est en moyenne de 8,8 adultes. La densité des terriers principaux (TP) en Lorraine est sensiblement plus faible que celle de $0,28$ TP/ km^2 trouvée en Alsace, mais comparable à celle de $0,17$ TP/ km^2 trouvée au Luxembourg ; elle reste cependant très inférieure à celle trouvée en Angleterre (jusqu'à $4,61$ TP/ km^2). La densité de la population de blaireaux en Lorraine se situe dans la moyenne de ce qui est observé en Europe continentale, de $0,07$ à $1,9$ adultes/ km^2 . Elle est légèrement plus faible que celle trouvée en Alsace ($0,84$ adultes/ km^2) ; elle reste cependant bien inférieure à celle enregistrée en Grande-Bretagne (20 à 50 individus/ km^2 dans les zones les plus denses) ou en Irlande (2 à 3 animaux/ km^2) (ANSES, 2011).

En Dordogne, REVEILLAUD (2011) a montré que la densité de terriers principaux actifs était comprise entre $0,30$ et $0,45$ dans la zone n°1 et entre $0,21$ et $0,62$ / km^2 dans la zone n°2, les zones étant des territoires d'une centaine de km^2 chacun centrés autour de

cheptels qui sont ou qui ont été infectés depuis 2005 et comprenant des blaireaux piégés qui se sont révélés infectés. La densité de blaireaux adultes dans la zone n°1 serait comprise entre 0,35 et 0,65/km². Pour calculer cette dernière densité, il a fallu estimer le nombre moyen de blaireaux occupant les terriers principaux : pour cela, des pièges photographiques ont été utilisés.

- « Prélèvements » par la chasse et le piégeage

Les « prélèvements » par tir (chasse de jour au fusil) sont rares car l'espèce est nocturne. Il n'existe pas de synthèse nationale des tableaux de chasse pour cette espèce.

3.2. Situation épidémiologique

3.2.1. Forêt de Brotonne (Normandie)

En 2001, le premier foyer de tuberculose bovine dans la faune sauvage non captive a été découvert en France sur des cerfs élaphe tués à la chasse en forêt de Brotonne (Seine-Maritime et Eure). Trois cerfs étaient porteurs de lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose et l'infection par *M. bovis* fut confirmée par culture bactériologique. Le massif forestier de Brotonne-Mauny peut être considéré comme une entité épidémiologique autonome, dont les populations sauvages n'ont pas (ou très peu) de relations avec celles des autres territoires boisés de la Seine-Maritime et de l'Eure. En effet, il s'agit d'un massif enserré (et donc délimité) par une boucle de la Seine au nord, à l'est et à l'ouest, et par l'autoroute A13 au sud (AFSSA, 2009).

L'enquête épidémiologique conduite après cette découverte a révélé des prévalences d'infection très élevées chez les sangliers et les cerfs (Tableau 4), dans la forêt de Brotonne et la forêt voisine de Mauny, avec des lésions le plus souvent limitées aux ganglions mésentériques chez le cerf et aux ganglions céphaliques chez le sanglier. La même souche bactérienne (spoligotype SB0134 - VNTR7454) a été isolée chez les ongulés sauvages et les bovins infectés proches de cette forêt (une dizaine entre 1986 et 2006), laissant ainsi supposer qu'il existe un lien épidémiologique entre les cas domestiques et sauvages. Un programme de lutte a alors été mis en œuvre par les services vétérinaires à partir de 2002 : réduction des densités d'ongulés sauvages, ramassage et destruction des viscères d'animaux chassés afin de limiter le recyclage du bacille par des espèces omnivores et carnivores charognards, interdiction de l'agrillage à poste fixe pour éviter les concentrations artificielles d'animaux. Malgré ces mesures, les prévalences apparentes n'ont pas diminué entre 2001 et 2005, à la fois chez les cerfs et les sangliers (Tableau 4), et le tableau lésionnel s'est aggravé, en particulier chez le sanglier, chez lequel des lésions pulmonaires ouvertes ont été observées chez trois animaux. Suite à l'enquête de 2005-2006, il a été constaté que, chez le cerf, le tableau nécropsique était dominé par des lésions abcédées purulentes, donc évolutives, touchant préférentiellement les ganglions mésentériques et secondairement la plèvre, le poumon ou la rate. Chez le sanglier, les lésions étaient, le plus souvent, caséo-calcaires et calcifiées, donc stabilisées, et concernaient très majoritairement les ganglions rétropharyngiens (AFSSA, 2009). Face à cette situation, un abattage total de la population de cerfs, considérée comme le réservoir primaire de l'infection, a été décidé, ainsi qu'une réduction drastique de la population de sangliers, *a priori* réservoir secondaire. En 2010, il ne reste probablement en forêt de Brotonne qu'une vingtaine de cerfs. Les effectifs de sangliers ont été significativement réduits et la prévalence d'infection chez cette espèce diminue

régulièrement (Tableau 4). Aucun foyer bovin n'a été observé depuis 2006. Enfin, depuis 2001, seulement un blaireau, un chevreuil et un renard, parmi plusieurs dizaines d'animaux testés pour chaque espèce, ont été trouvés infectés par *M. bovis* dans cette forêt, toutefois sans présenter de lésions visibles pouvant laisser craindre une excrétion bactérienne (HARS *et al.*, 2010 ; HARS *et al.*, 2011).

Tableau 4. Évolution des prévalences apparentes d'infection (bactériologie) de tuberculose bovine chez les cerfs et les sangliers en forêt de Brotonne (Normandie), France

	Cerfs	Sangliers
2001-2002	14% [\pm 8%] (77)	28% [\pm 10%] (85)
2005-2006	23% [\pm 7%] (145)	37% [\pm 8%] (155)
2006-2007	10 % [\pm 5%] (149)	31% [\pm 5%] (255)
2007-2008	23% [\pm 13%] (44)	19% [\pm 5%] (199)
2008-2009	1 infecté (19)	11% [\pm 6%] (200)
2009-2010	2 infectés (19)	0,66% [0,017-3,63%] (150)

[] : intervalle de confiance à 95%

() : nombre d'individus analysés en bactériologie

Source : ANSES, 2011

ZANELLA *et al.* (2012) ont mis au point un modèle mathématique pour étudier la transmission, intraspécifique et interspécifique, de *M. bovis* dans les populations de cerfs et de sangliers du massif forestier de Brotonne-Mauny. Ce modèle distingue également la transmission directe (horizontale et pseudo-verticale) et la transmission indirecte *via* les viscères contaminés laissés sur place par les chasseurs. Les résultats des différentes enquêtes épidémiologiques menées dans ce massif forestier de 2001 à 2007 ont été utilisés pour estimer les paramètres de transmission. Ces derniers indiquent une plus forte contagiosité chez le cerf, et une plus forte exposition du sanglier à *M. bovis*. Chez le sanglier, la transmission de la maladie à partir des viscères contaminés semble prédominer, suivie par la transmission pseudo-verticale et la transmission horizontale. Les sangliers se contamineraient à partir des viscères infectés plus facilement que les cerfs, en raison de leur caractère nécrophage.

Ce modèle suggère que les cerfs sont capables de propager l'infection beaucoup plus facilement que les sangliers, ce qui semble pertinent puisque les cerfs examinés présentaient des lésions évolutives alors que les sangliers présentaient des lésions stabilisées. Ainsi, la transmission intraspécifique par contact direct semble être le mode de transmission prédominant chez les cerfs de ce massif forestier. Pour les mêmes raisons, la transmission indirecte à partir des viscères infectés se produirait plus fréquemment à partir des viscères de cerfs que des viscères de sangliers.

Ainsi, d'après le modèle, les sangliers et les cerfs du massif forestier de Brotonne-Mauny se contamineraient essentiellement à partir des viscères infectés. C'est la première fois qu'un modèle mathématique fait apparaître ce mode de transmission en tête de liste. Une transmission indirecte, *via* la nourriture contaminée, a été décrite chez le cerf de Virginie, dans le Michigan (Etats-Unis). Cette source de contamination n'a pas été prise en compte dans le modèle mathématique mais il est possible qu'elle ait pu contribuer à une transmission intraspécifique dans les populations de cerfs avant que le nourrissage des animaux ait été interdit en 2002.

Les auteurs concluent de leur modèle que les viscères infectés, laissés sur place par les chasseurs, jouent un rôle majeur dans le contrôle de la maladie. Si tous les viscères sont ramassés, l'infection peut toujours être contrôlée. Ce n'est pas le cas si ce ramassage n'est pas complètement mis en œuvre ou imposé aux chasseurs. L'abattage total des cerfs a lui aussi un rôle dans le contrôle de la maladie : s'il est appliqué, la maladie peut être éradiquée, même si le ramassage des viscères n'est pas systématiquement mis en œuvre (cette seconde possibilité étant plus en accord avec la réalité de terrain). Nous avons vu précédemment que l'application de ces mesures avait permis de réduire la prévalence chez les sangliers. Un effort devra néanmoins être fourni sur le long terme pour faire respecter le ramassage des viscères. Il faut cependant avoir conscience que l'éradication de la maladie dans les populations de sangliers prendra de nombreuses années, même si ce ramassage est fait systématiquement.

Les résultats obtenus lors de la première année de fonctionnement du dispositif Sylvatub, c'est-à-dire lors de la saison cynégétique 2011-2012 pour le grand gibier et l'année civile 2012 pour les blaireaux, sont résumés dans le Tableau 5. Nous rappelons que ce dispositif classe les départements de la Seine-Maritime et de l'Eure au niveau 3 de surveillance.

Tableau 5. Résultats de la surveillance programmée dans la forêt de Brotonne-Mauny en 2011-2012

Espèce	Nombre d'analysés / Nombre prévisionnel	Nombre de cas infectés (culture +)	Prévalence apparente d'infection	Spoligotypes
Sangliers	200/200	2	1 % [0,4- 3,6]	GB35
Cerfs	5	0*	0% [0 - 45,1]	-
Chevreaux	3	0	0% [0 - 63]	-

[] : intervalle de confiance à 95%

* : seule une analyse PCR a été effectuée de manière systématique sur un pool de nœuds lymphatiques

- : sans objet

Source : Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Animale (2013) et RIVIERE *et al.*, 2013

Les deux sangliers trouvés infectés sont des sub-adultes ; ils laissent supposer la persistance d'une source d'infection et justifie le prolongement de la surveillance programmée pour la saison 2012-2013.

Trois blaireaux, trouvés morts ou prélevés à la chasse (surveillance événementielle), ont été analysés mais n'étaient pas infectés (RIVIERE *et al.*, 2013).

3.2.2. Bourgogne

(AFSSA, 2009 ; HARS *et al.*, 2010 ; HARS *et al.*, 2011 ; ANSES, 2011)

Une épizootie de tuberculose bovine (souche GB35, spoligotype SB0134, profil VNTR 5355) est apparue, en 2002, dans le massif de l'Ouche (région autour de Pouilly-en-Auxois), puis en 2003, dans la région de Vénarey-Vitteaux (souche BCG-like, spoligotype SB0120, profil VNTR 5544), entraînant l'abattage de plus de 1600 bovins.

L'examen d'une trentaine de cerfs, tués à la chasse dans ce secteur au cours de la saison 2002-2003, a révélé la présence d'un seul animal infecté (une biche cachectique présentant une tuberculose généralisée s'exprimant par de multiples abcès purulents).

A partir de 2003, des contrôles et des analyses ont été réalisés de manière systématique, conformément au protocole suivi en forêt de Brotonne, sur un échantillon de cerfs et de sangliers tués durant chaque saison de chasse dans la zone à risque. Au total, des prélèvements provenant de 284 cerfs, 160 sangliers, 56 chevreuils et une cinquantaine de blaireaux ont été analysés entre 2003 et 2006. Aucun cerf, ni chevreuil, ni blaireau n'a été trouvé porteur de *M. bovis* ; la bactérie n'a été détectée que dans les ganglions céphaliques de deux sangliers tués, l'un en 2003 et l'autre en 2004, dans une zone où trois nouveaux foyers bovins avaient été déclarés. La même souche bactérienne (spoligotype SB0134 et même profil VNTR) a été isolée chez les bovins, le cerf et les sangliers.

Lors de la saison de chasse 2007-2008, les 60 cerfs testés étaient négatifs, mais sur 99 sangliers prélevés dans deux zones où une recrudescence de foyers bovins a été observée, 7 animaux étaient porteurs de *M. bovis*, dont un jeune sanglier présentant une tuberculose étendue et évolutive.

Durant la saison de chasse 2008-2009, alors que de nouveaux foyers bovins ont été déclarés, 23 sangliers sur 150 testés étaient infectés par *M. bovis*, dont 6 jeunes présentaient des lésions évolutives. À noter que la prévalence apparente semblait plus élevée dans la zone de Pouilly-en-Auxois (16,5 % ; n=103) que dans la zone de Vénarey-Vitteaux (6,4 % ; n=47), la première zone étant beaucoup plus dense en sangliers que la seconde.

De plus, au printemps 2009, une campagne de piégeage de blaireaux a permis, sur 274 animaux, de découvrir 19 cas de bactériologie et/ou PCR positives, principalement dans la région de Vénarey-Vitteaux. Tous ces blaireaux infectés vivaient à proximité d'exploitations bovines infectées et hébergeaient la même souche bactérienne. Ces résultats nouveaux (premiers cas multiples de tuberculose décrits en France chez cette espèce) ont amené les autorités préfectorales à envisager un plan de surveillance dans tout le département, et un plan de régulation du blaireau en zone d'infection des troupeaux bovins (massif de l'Ouche et région de Vénarey-Vitteaux). Au printemps 2010, une nouvelle campagne de capture de 300 blaireaux a permis de détecter 19 blaireaux positifs (bactériologie et/ou PCR). Ces résultats indiquent une relative stabilité de l'évolution de la maladie dans les populations de blaireaux de cette zone (prévalences apparentes quasi-identiques (6 %) et peu de lésions observées, se limitant aux nœuds lymphatiques céphaliques ou pulmonaires). Par ailleurs, bien qu'à ce jour on observe peu de lésions macroscopiques chez ces blaireaux (seuls 7 blaireaux, sur les 38 animaux trouvés infectés, présentaient des lésions ganglionnaires, peu évolutives), l'excrétion de *M. bovis* par ces animaux ne peut être exclue. Il est important de noter qu'aucun blaireau n'a été trouvé infecté dans le reste du département hors de la zone d'infection des troupeaux bovins, ce qui tend à montrer que les cas de tuberculose chez cette espèce sont directement corrélés à la présence d'infections bovines. Par précaution, une forte réduction des densités de blaireaux et de sangliers est entreprise dans les zones infectées du département, afin de diminuer les risques de recontamination des troupeaux.

Enfin, deux renards (n=21), piégés accidentellement lors de la campagne de capture de blaireaux autour des foyers bovins, ont aussi été trouvés infectés (bactériologie) dans la zone de Vénarey-Vitteaux. Toutes les souches bactériennes isolées chez les animaux sauvages infectés (sangliers, blaireaux, renards) étaient identiques à celles des foyers bovins à proximité.

Les résultats obtenus lors de la première année de fonctionnement du dispositif Sylvatub, c'est-à-dire lors de la saison cynégétique 2011-2012 pour le grand gibier et l'année civile 2012 pour les blaireaux, sont résumés dans le Tableau 6. Nous rappelons que ce dispositif classe le département de la Côte-d'Or au niveau 3 de surveillance.

Tableau 6. Résultats de la surveillance programmée en Côte-d'Or en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux

Espèce	Zone	Nombre d'analysés / Nombre prévisionnel	Nombre de cas infectés (culture +)	Prévalence apparente d'infection	Spoligotypes
Sangliers	Infectée globale	210/260	17	8,1% [4,4 - 11,8]	BCG et GB35
	Indemne	207/200	0	-	-
Cerfs	Infectée globale	149/50	1	0,7% [0,2 - 3,7]	GB35
	Indemne	90/20	0	-	-
Blaireaux	Infectée	306/200	9*	2,9 % [1- 4,8]	BCG et GB35
	Tampon	448/800	1**	0,2 % [0,1-1,2]	BCG

[] : intervalle de confiance à 95%

* : dont 8 qui ne présentaient pas de lésion évocatrice de tuberculose

** : ne présentait pas de lésion évocatrice de tuberculose

- : sans objet

Source : Plateforme d'Épidémiologie en Santé Animale (2013) et RIVIERE *et al.*, 2013

Les prélèvements étaient répartis dans une zone où les cas bovins et sauvages ont été observés, qualifiée d'infectée, située dans la moitié ouest de la Côte-d'Or. Ils sont complétés, pour le grand gibier, par des prélèvements dans le reste de la Côte-d'Or qualifié de zone indemne, et pour les blaireaux dans une zone périphérique de la zone infectée, qualifiée de zone tampon.

La surveillance événementielle (examen de carcasse) a permis de détecter la présence de *M. bovis* chez un sanglier (souche GB35) dans le secteur de la vallée de l'Ouche.

Pour les cerfs, l'objectif initial de prélèvement était de 70 cerfs, mais suite à la découverte de trois cerfs possiblement infectés (présentant une PCR positive au LDA) et d'un cerf infecté (présentant une culture positive au LDA confirmée par le LNR), les acteurs départementaux ont augmenté la taille de l'échantillon et ont triplé les effectifs cibles.

La détection d'un blaireau porteur de *M. bovis* spoligotype BCG, dans une zone de Côte-d'Or historiquement infectée par le spoligotype GB35, tant chez les bovins que chez les animaux sauvages, suscite des questions quant à la diffusion de ce spoligotype dans ce département (également présent en élevage bovin, mais dans une zone située plus au nord du département) (RIVIERE *et al.*, 2013).

3.2.3. Dordogne

Une recrudescence de la tuberculose a aussi été observée dans des cheptels bovins de ce département depuis 2004. *M. bovis* n'a jamais été isolé sur les 500 cerfs, chevreuils et sangliers analysés dans les zones à risque, jusqu'en janvier 2010 où un cerf a été trouvé infecté, avec des lésions pleurales et mésentériques. De plus, depuis le printemps 2010, 24 blaireaux sur environ 250 échantillonnés ont été découverts positifs à proximité de cheptels bovins infectés par la même souche bactérienne, BCG-like. Parmi ces blaireaux infectés, plusieurs présentaient un tableau nécropsique différent de celui observé en Côte-d'Or, avec des lésions évolutives de tuberculose, parfois étendues à plusieurs organes et sites ganglionnaires (HARS *et al.*, 2011). Ce tableau nécropsique induit quelques questionnements : les contaminations des blaireaux en Dordogne sont-elles plus anciennes qu'en Côte-d'Or ? Les lésions « ouvertes » observées en Dordogne augmentent-elles le risque de recontamination des bovins ? Ces observations pourraient-elles être liées aux blaireaux (en raison de différences de sensibilité) ou à la souche bactérienne (ANSES, 2011) ?

Les résultats obtenus lors de la première année de fonctionnement du dispositif Sylvatub, c'est-à-dire lors de la saison cynégétique 2011-2012 pour le grand gibier et l'année civile 2012 pour les blaireaux, sont résumés dans le Tableau 7. Nous rappelons que ce dispositif classe le département de la Dordogne au niveau 3 de surveillance.

Tableau 7. Résultats de la surveillance programmée en Dordogne en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux

Espèce	Zone	Nombre d'analysés / Nombre prévisionnel	Nombre de cas infectés (culture +)	Prévalence apparente d'infection	Spoligotypes
Sangliers	Infectée globale	261/260	2	0,8 % [0,3 - 2,7]	BCG
Chevreaux	Infectée	41	0	-	-
Blaireaux	Infectée globale	446/515	17	3,8 % [2,0 - 5,6]	BCG
	Indemne	103/200	0	-	-

[] : intervalle de confiance à 95%

- : sans objet

Source : Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Animale (2013) et RIVIERE *et al.*, 2013

Les prélèvements étaient répartis dans plusieurs zones où les cas bovins et sauvages ont été observés, qualifiés d'infectées, situées au nord et dans le sud-est du département, et étaient complétés, pour les blaireaux, par des prélèvements dans une petite zone infectée centrale autour des communes de Bars et Fanlac ainsi que dans le reste du département, qualifié de zone indemne.

Un sanglier infecté a été détecté grâce à la surveillance événementielle (examen de la venaison), dans une commune limitrophe de la zone infectée.

À la suite de la découverte par surveillance événementielle d'un chevreuil tuberculeux en Janvier 2012 dans la zone infectée nord, une surveillance programmée a été mise en œuvre sur quelques communes alentour, mais aucun autre chevreuil infecté n'a été détecté (n=41).

Trente-deux blaireaux trouvés morts ont été analysés dans le cadre de la surveillance événementielle, dont trois étaient infectés et provenaient de la zone infectée au nord du département (RIVIERE *et al.*, 2013).

3.2.4. Autres départements français

- La Charente

Quatre blaireaux (n=10 sujets analysés) ont été trouvés infectés en 2010 autour d'un foyer bovin (HARS *et al.*, 2011).

Les 7 blaireaux prélevés lors de l'année civile 2012, dans le cadre de la surveillance programmée, ont fourni une réponse négative à la culture bactérienne. Cependant, la surveillance événementielle a permis de détecter l'infection chez un blaireau collecté sur le bord de la route (Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Animale, 2013).

- La Corse

Des cas de tuberculose ont été observés chez des sangliers depuis 2003 (10 cas) (HARS *et al.*, 2011). Les souches bactériennes qu'ils présentaient (SB0120-VNTR 4654 et SB0840) étaient identiques à celles isolées dans les foyers domestiques bovins et porcins des mêmes zones. À noter que sur l'île, un cas de tuberculose bovine chez un caprin a été identifié (HARS *et al.*, 2010).

Un sanglier a fourni une réponse positive à la culture bactérienne durant la saison cynégétique 2011-2012. Il a été détecté grâce à la surveillance événementielle et a été prélevé dans une commune faisant partie de la zone d'infection bovine (Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Animale, 2013).

- Les Pyrénées-Atlantiques

Des sangliers ont été trouvés porteurs de *M. bovis* depuis 2005 (8 cas sur 327 sangliers examinés) (HARS *et al.*, 2011). Les souches bactériennes affectant les sangliers sont toujours identiques à celles isolées chez les bovins (SB1005 et SB0821) (HARS *et al.*, 2010).

Les résultats obtenus lors de la première année de fonctionnement du dispositif Sylvatub, c'est-à-dire lors de la saison cynégétique 2011-2012 pour le grand gibier et l'année civile 2012 pour les blaireaux, sont résumés dans le Tableau 8. Nous rappelons que ce dispositif classe les départements des Pyrénées-Atlantiques et des Landes au niveau 3 de surveillance.

Tableau 8. Résultats de la surveillance programmée dans les Pyrénées-Atlantiques et les Landes en 2011-2012 pour le grand gibier et en 2012 pour les blaireaux

Espèce	Zone	Nombre d'analyses / Nombre prévisionnel	Nombre de cas infectés (culture +)	Prévalence apparente d'infection	Spoligotypes
Sangliers*	Infectée globale	87/125	6	6,9 % [1,2 - 12,2]	F7
	Indemne	10	0		
Blaireaux	Infectée globale	91/150	1	1,9 % [0,5 - 9,9]	F7
	Tampon : périphérie de la zone infectée des Pyrénées- Atlantiques	110/50	0	-	-
	Tampon : périphérie de la zone infectée des Landes	30/50	0	-	-
	Indéterminée	11	0	-	-

[] : intervalle de confiance à 95%

* : aucun prélèvement, ni analyse, n'a été effectué dans les Landes en 2011-2012 sur les sangliers

- : sans objet

Source : Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Animale (2013) et RIVIERE *et al.*, 2013

La surveillance programmée prévoyait la réalisation de prélèvements dans une zone où des cas bovins et sauvages ont été observés, qualifiée d'infectée, couvrant le quart nord-est des Pyrénées-Atlantiques et le quart sud des Landes, ainsi que dans une zone tampon périphérique à la zone infectée.

Un blaireau infecté a été détecté pour la première fois dans les Pyrénées-Atlantiques, dans une commune où des sangliers infectés avaient par ailleurs été découverts et où l'infection chez les bovins a été aussi mise en évidence (RIVIERE *et al.*, 2013).

- La Marne

En février 2012, un sanglier, inspecté dans un atelier de découpe de viande de gibier dans l'Aisne et provenant d'un parc de chasse situé dans le département de la Marne, se révélait infecté par une souche de *Mycobacterium bovis*. Afin de prévenir la diffusion de la tuberculose bovine hors du parc de chasse, situé par ailleurs dans un département indemne de cette maladie en élevage bovin, un arrêté préfectoral portant déclaration d'infection a ordonné l'abattage total des animaux du parc (APDI du 23 mars 2012). Dans ce contexte, une étude a été menée afin d'évaluer l'ampleur de la contamination par la tuberculose bovine des ongulés de ce parc de chasse, et donc le risque d'introduction de la maladie dans la Marne, dans la mesure où la stricte étanchéité du parc n'est pas garantie (RICHOMME *et al.*, 2013).

L'opération d'assainissement, étalée sur un mois et demi en avril-mai 2012, a conduit à l'abattage des 521 ongulés présents (241 cervidés (cerfs, daims et chevreuils) et 280 sangliers). Tous les cadavres ont été détruits à l'équarrissage où préalablement des prélèvements systématiques de nœuds lymphatiques et des lésions évocatrices de tuberculose bovine ont été réalisés sur une partie des ongulés abattus. Parmi les 102 cervidés et 82 suidés analysés, 6 sangliers se sont révélés infectés par *M. bovis* (PCR et/ou culture bactérienne

positives). Ces résultats indiquent une prévalence apparente en tuberculose bovine nulle chez les cervidés [IC95 %: 0-2,4], mais de 7,3 % chez les sangliers du parc de chasse [IC95 %: 2,7-15,3].

Pour la première fois en France, un parc de chasse a été soumis à un abattage total suite à une infection par la tuberculose bovine, révélant en amont la probable contamination de la filière de gibier d'élevage qu'il conviendrait désormais d'évaluer sur le territoire national (RICHOMME *et al.*, 2013).

SYNTHESE

La tuberculose dans la faune sauvage a toujours eu au départ une origine bovine. Elle peut mettre du temps à se développer dans de telles populations mais une fois qu'elle est installée, elle est très difficile, voire dans certains cas impossible, à éradiquer. Les situations épidémiologiques sont très différentes suivant les pays ou les régions d'un même pays car elles dépendent de multiples facteurs populationnels, environnementaux et intrinsèques aux espèces suivant leur comportement et leur régime alimentaire. Les ongulés sauvages sont davantage susceptibles d'être des réservoirs primaires de tuberculose bovine, et les omnivores et carnivores des réservoirs secondaires ou des culs-de-sac épidémiologiques (à l'exception du blaireau dans les îles britanniques). Bien qu'il n'existe que très peu de chiffres reflétant les densités d'espèces sauvages, car ils sont très difficiles à obtenir, il est démontré que les fortes densités et les concentrations artificielles (par agrainage, affouragement, abreuvement) d'animaux sauvages augmentent les risques d'émergence puis de persistance de la maladie au sein des populations.

Les mesures de lutte passent par :

- la réduction des densités, qui peut aller jusqu'à l'éradication de la population réservoir lorsque cela est possible ;
- la suppression ou la réduction de l'alimentation artificielle des animaux sauvages ;
- l'isolement des populations sauvages infectées par des clôtures ;
- la mise au point de vaccins administrables par voie orale, notamment dans les pays où la tuberculose dans la faune sauvage est enzootique et semble incontrôlable.

En Europe, le blaireau est connu pour son rôle de réservoir primaire de la tuberculose bovine en Grande-Bretagne et en Irlande. Les blaireaux infectés peuvent survivre et excréter *M. bovis* dans l'environnement pendant plusieurs années ; la plupart d'entre eux ne présente pas de lésions macroscopiques. Actuellement, la réduction des densités par abattage est toujours en œuvre. En 2010, un vaccin destiné aux blaireaux, contenant la souche BCG et injectable par voie intramusculaire, a été commercialisé et est utilisé actuellement en Angleterre et en Irlande. Associée à l'abattage localisé, la vaccination permettrait probablement un contrôle efficace de l'infection à *M. bovis* dans la faune sauvage sur le long terme.

En France, la tuberculose à *M. bovis* n'a été observée dans la faune sauvage que dans des secteurs où la maladie sévit dans des cheptels bovins (à l'exception du parc de chasse dans le département de la Marne dans lequel des sangliers ont été trouvés infectés en 2012). La forêt de Brotonne, en Normandie, est le seul site où, à ce jour, la présence d'un véritable réservoir sauvage de *M. bovis* a été démontrée en France. La population de cerfs, considérée comme réservoir primaire de la maladie, a été éradiquée du fait qu'elle présentait souvent des lésions évolutives laissant supposer une forte excrétion bactérienne. La présence de sangliers infectés en Côte-d'Or, dans les Pyrénées-Atlantiques, en Dordogne et en Corse, confirme la capacité de cette espèce à constituer une sentinelle épidémiologique des infections bovines et de la contamination de l'environnement par *M. bovis*. La présence de blaireaux tuberculeux, notamment en Côte-d'Or et en Dordogne, complique les stratégies de lutte de par la capacité de cette espèce à entretenir l'infection.

III- Épidémiologie analytique : les facteurs de risque de transmission de *Mycobacterium bovis* entre bovins et faune sauvage

Les populations d'hôtes sauvages et domestiques sont liées épidémiologiquement à partir du moment où elles fréquentent, même partiellement, les mêmes milieux. Elles forment un système multi-hôtes au sein duquel *M. bovis* circule. Les mécanismes précis de transmission entre les différentes populations hôtes sont méconnus. Cependant, comme pour d'autres agents infectieux, la transmission de *M. bovis* dépend des paramètres suivants (ANSES, 2011) :

- le taux d'infection dans les populations sensibles ;
- le niveau d'excrétion des populations infectées ;
- la survie de l'agent pathogène dans l'environnement ;
- le niveau d'interaction potentiellement contaminant entre hôtes sensibles et hôtes excréteurs.

Dans un système multi-hôtes complexe, comme c'est le cas pour *M. bovis* en France, il est difficile de quantifier les niveaux d'infection, d'excrétion et d'interaction pouvant conduire à l'émergence et à la pérennisation de l'infection. Dans un premier temps, il faut donc s'attarder à mieux connaître et caractériser ces paramètres, et à identifier les facteurs de risque qui pourraient les influencer (ANSES, 2011).

1. Le taux d'infection dans les populations sensibles

Le taux d'infection est le premier indicateur de la présence de la maladie dans une population. Il doit cependant être interprété en fonction de la sensibilité de la méthode de détection de l'infection, qui tient compte de l'échantillonnage et du test diagnostique. Mais, si le taux d'infection dans une population peut être un indicateur du risque de transmission à une autre population, avec une augmentation du risque associée à une augmentation de la prévalence, cette condition n'est pas suffisante. En effet, si les populations sont infectées mais non excrétrices (ce sont donc des culs-de-sac épidémiologiques), elles seront incapables de transmettre le bacille et ne représenteront pas un risque majeur, sauf si des pratiques cynégétiques permettent la transmission de la bactérie (comme le non-ramassage et la non-élimination des viscères).

En résumé, le risque pour les bovins d'être contaminés par des populations sauvages n'est envisageable que si ces dernières excrètent *M. bovis* et que ces deux populations interagissent de façon efficace pour la transmission de la bactérie.

2. Le niveau d'excrétion des populations infectées

2.1. Excrétion des animaux présentant des lésions

M. bovis a rarement été mis en évidence dans les excréta des animaux sauvages, sauf en conditions expérimentales (WALTER *et al.*, 2012) ; de plus, sa recherche dans l'environnement est difficile. Les voies et les niveaux d'excrétion chez les espèces sauvages se déduisent donc du tableau lésionnel : plus les lésions sont étendues et généralisées et plus

elles sont ouvertes et non stabilisées (lésions caséuses), plus les niveaux d'excrétion sont considérés comme élevés.

2.1.1. Chez le cerf

En France, et plus particulièrement en forêt de Brotonne, les lésions macroscopiques observées chez le cerf étaient essentiellement localisées aux appareils respiratoire et digestif et étaient de type purulent et caséux. De plus, la forme généralisée de la maladie a été observée chez de nombreux animaux, dont des jeunes (ZANELLA *et al.*, 2008b). Ceci laisse suggérer une excrétion importante de *M. bovis* par voie respiratoire ou fécale (ZANELLA *et al.*, 2008a).

2.1.2. Chez le sanglier

Les lésions observées en France sont davantage localisées aux nœuds lymphatiques céphaliques et plus stabilisées que chez le cerf (donc plutôt de type caséo-calcaire et calcifiées). Ceci indique une infection prolongée et chronique, ce qui suggère une réponse immunitaire appropriée et très peu de bacilles viables (ZANELLA *et al.*, 2008b). Ainsi, l'excrétion de *M. bovis* serait limitée chez les populations de sangliers étudiées en France.

Cependant, en Espagne, dans des conditions de forte densité, le sanglier présente des lésions plus étendues et plus sévères touchant majoritairement les poumons et contenant parfois un nombre élevé de mycobactéries. Ces dernières peuvent alors être excrétées dans les aérosols ou être dégluties et excrétées dans les fèces. De par la forte proportion de lésions localisées aux nœuds lymphatiques mandibulaires, l'excrétion *via* la salive est possible : *M. bovis* a été isolée dans les canaux des glandes salivaires. L'excrétion dans les urines est peu probable car aucune lésion tuberculeuse ni mycobactérie n'a été observée dans les reins. La transmission de la maladie aux marçassins *via* le lait est possible car des lésions ont été retrouvées dans les mamelles de quelques laies (NARANJO *et al.*, 2008).

2.1.3. Chez le blaireau

Les blaireaux étudiés au Royaume-Uni peuvent excréter *via* les aérosols, les fèces, la salive, les urines ou *via* le pus de blessures infectées. L'excrétion *via* les urines et les fèces se produit seulement chez les blaireaux ayant une forme généralisée de la maladie, ceux-ci étant par ailleurs minoritaires (PALMER *et al.*, 2012).

LITTLE *et al.* (1982) rapportent que des blaireaux infectés naturellement peuvent excréter *M. bovis* dans leurs fèces durant des périodes allant de 165 à 1305 jours avant leur mort. Les fèces de blaireaux peuvent contenir jusqu'à 75 000 bacilles/gramme (GARNETT *et al.*, 2002), voire même jusqu'à $5,4 \times 10^6$ bacilles/gramme (SWEENEY *et al.*, 2007). Ces derniers auteurs ont mis en évidence *M. bovis* par PCR en temps réel dans tous les échantillons de fèces prélevées dans 5 latrines de blaireaux vivant dans une région du Royaume-Uni où la tuberculose bovine est enzootique. A la suite de leur étude, CORNER *et al.* (2012) ont déduit que les bactéries présentes dans les fèces de blaireaux ont probablement une origine respiratoire puisqu'aucune lésion gastro-intestinale n'avait été mise en évidence (ces lésions étant par ailleurs extrêmement rares).

Ces derniers auteurs rapportent des concentrations urinaires de *M. bovis* faibles (inférieures à 100 CFU/mL) alors que d'autres avaient mis en évidence des concentrations plus élevées chez des blaireaux en phase terminale de la maladie (10^5 à 10^6 CFU/mL). Des blaireaux présentant des lésions miliaires peuvent excréter 200 000 bactéries par mL de sécrétions bronchiques et jusqu'à 250 000 bactéries par mL d'urines quand les reins sont touchés. Lorsque les lésions ont atteint ce stade, l'excrétion est continue et intense, et les blaireaux sont qualifiés de « super excréteurs » (GALLAGHER et CLIFTON-HADLEY, 2000).

2.2. Excrétion des animaux ne présentant pas de lésions

Chez les blaireaux, au Royaume-Uni, la propagation de la tuberculose ne peut pas s'expliquer uniquement par les individus « super excréteurs » présentant une tuberculose généralisée car ils sont minoritaires. Les blaireaux ne présentant pas de lésions macroscopiques excrètent aussi, plus faiblement, mais sont plus nombreux.

Nous devons admettre que les animaux infectés sans lésions visibles peuvent excréter *M. bovis* (ANSES, 2011).

3. Survie de *M. bovis* dans l'environnement

3.1. Survie dans le sol, la nourriture, l'eau

Des études menées dans le Michigan (FINE *et al.*, 2011) ont montré que la survie de *M. bovis* est significativement plus courte durant la période printemps/été que durant la période automne/hiver et la période hiver/printemps. En effet, la période printemps/été est associée à des températures journalières moyennes plus élevées, une irradiation solaire plus importante et à une moindre humidité. Cependant, même si les températures sont élevées et l'irradiation solaire importante, *M. bovis* peut survivre à condition qu'il y ait de l'humidité. Les auteurs rapportent que des études précédentes, réalisées en laboratoire, ont montré que les souches de *M. bovis* présentes dans le Michigan pouvaient survivre jusqu'à 12 semaines dans la nourriture (foin, maïs, betteraves sucrières, pommes, carottes, pommes de terre) conservée à 8°C et à -18°C.

Dans une ferme irlandaise avec des antécédents de tuberculose à *M. bovis*, et où la population de blaireaux avait été supprimée, *M. bovis* a été détecté par PCR dans la terre à proximité des terriers de blaireaux près d'un an après l'épisode infectieux et dans les champs avoisinants jusqu'à 21 mois après cet épisode (YOUNG *et al.*, 2005).

Mycobacterium bovis peut survivre jusqu'à 400 jours dans l'eau courante. Cependant, la dilution conduit à une réduction du nombre de bactéries et donc à un moindre pouvoir infectant (PHILLIPS *et al.*, 2003).

3.2. Survie dans les fèces

Dans les fèces de bovins contaminés, *M. bovis* peut survivre jusqu'à 6 mois pendant l'hiver et 1 à 2 mois pendant l'été, selon la température et la concentration initiale en agents pathogènes.

La durée de survie dans le lisier est variable, pouvant aller de 10 semaines jusqu'à 6 mois. Elle dépend fortement de la température de stockage : si celle-ci est de 40-45°C, la durée de survie est de 17 mois, alors qu'à 54°C, elle n'est plus que de 30 jours (PHILLIPS *et al.*, 2003).

3.3. Survie à l'intérieur des terriers

MOORE et ROPER (2003) ont montré qu'à l'échelle d'une journée, d'un mois ou d'une année, les variations de température à l'intérieur des terriers de blaireaux sont faibles (respectivement 0,37°C, 1,5°C et 10,7°C). Ces faibles variations de température, associées à un taux constant d'humidité relative de 100% et à une obscurité quasi-totale, font des terriers de blaireaux un milieu propice à la survie de *M. bovis*.

SWEENEY *et al.* (2007) rapportent la détection de *M. bovis* par PCR en temps réel dans tous les échantillons de terre prélevée dans 7 terriers de blaireaux, se trouvant dans une région du Royaume-Uni où la tuberculose bovine est enzootique. Ils évaluent la concentration à au moins $6,8 \times 10^4$ bacilles par gramme de terre.

Ainsi, ces terriers constituent un relais épidémiologique dans la transmission de la tuberculose chez les blaireaux, mais aussi chez toutes les autres espèces sensibles à la tuberculose et susceptibles de les utiliser (telles que les renards, autres mustélidés).

3.4. Survie dans les carcasses d'animaux infectés

BARRON *et al.* (2011) ont montré que la survie de *M. bovis* dans des morceaux de rate, dans lesquels ils ont d'abord injecté la bactérie puis qu'ils ont placés dans des carcasses de possums (*Trichosurus vulpecula*) non porteurs de tuberculose bovine, dépendait fortement de la saison et du lieu dans lequel se trouvaient les carcasses. Concernant les carcasses de possums laissées dans une prairie, aucune n'était porteuse du bacille trois jours après leur exposition au soleil en été, alors que toutes ont fourni une réponse positive à la culture bactériologique vingt jours après exposition aux conditions hivernales et une a fourni une culture positive vingt-sept jours post-exposition. Concernant les carcasses laissées en forêt, aucune n'était porteuse de *M. bovis* neuf jours après exposition au soleil et vingt-sept jours après exposition au froid.

L'isolement de *M. bovis* à partir de carcasses de blaireaux tuberculeux est encore possible à deux semaines *post-mortem* (mais ne l'est plus à quatre), lorsque la carcasse est restée sur la pâture, voire jusqu'à six semaines *post-mortem* lorsque la carcasse est enterrée (LITTLE *et al.*, 1982).

4. Le niveau d'interaction potentiellement contaminant entre hôtes excréteurs et hôtes sensibles

Pour que la transmission directe ou indirecte ait lieu entre hôtes sauvages et domestiques, il faut qu'il y ait un recouvrement des domaines vitaux des deux populations. Ce recouvrement est déterminé par l'écologie des espèces sauvages réceptives et excrétrices et par les pratiques d'élevage des espèces domestiques. De plus, tout facteur augmentant la

durée et la fréquence d'utilisation commune des domaines vitaux, favorisant et multipliant ainsi les contacts contaminants, pourra accroître le risque de transmission et donc de développement de la maladie (ANSES, 2011). En effet, il faut savoir que de faibles doses de bacilles tuberculeux répétées dans le temps favorisent le développement d'une tuberculose évolutive, contrairement à une dose unique qui n'entraîne que des lésions bénignes évoluant vers la stabilisation (BENET et PRAUD, 2012).

4.1. Influence de la présence et de la densité

En premier lieu, le recouvrement des domaines vitaux dépend des différentes populations hôtes présentes au sein d'une même unité géographique.

Ensuite, la capacité d'une population à maintenir et à transmettre l'infection dépend de l'abondance d'hôtes réservoirs constituant cette population : en effet, plus la densité d'hôtes est élevée, plus les taux de contacts intra et interspécifiques seront importants. Les contacts intraspécifiques favorisent la persistance de la tuberculose chez une espèce sauvage qui peut alors devenir réservoir primaire. Les contacts interspécifiques contribuent à la transmission de la maladie entre espèces.

Les densités de blaireaux les plus élevées sont observées dans le sud-ouest de l'Angleterre : elles peuvent atteindre 25,3 adultes par km². En Irlande, les densités sont de l'ordre de 1 à 2 blaireaux adultes par km². Il apparaît qu'il n'y a pas de corrélation directe entre la densité de blaireaux et la prévalence de la tuberculose bovine au sein de cette espèce (PALMER *et al.*, 2012). En effet, dans l'étude menée par CHEESEMAN *et al.* (1989), les courbes montrant l'évolution du nombre de blaireaux et l'évolution de la prévalence de la tuberculose bovine dans cette espèce, dans la région du Gloucestershire, ne sont absolument pas superposables. De plus, pour une densité de 19,7 blaireaux/km² dans le Gloucestershire, la prévalence de la maladie est de 6,9%, alors que pour une densité 4,9 blaireaux/km² dans le Avon, la prévalence est de 20%. Ces données sont bien sûr à mettre en relation avec la prévalence d'infection et la densité des bovins présents sur les mêmes zones mais il est vrai que, dans un contexte de faible densité ou de perturbation de l'organisation sociale du groupe, les mouvements entre groupes de blaireaux peuvent s'intensifier, renforçant ainsi le risque de transmission de *M. bovis* au sein de cette espèce (ROGERS *et al.*, 1998). REILLY et COURTENAY (2007) rapportent que des densités élevées de terriers actifs de blaireaux (>3 par km²) augmentent le risque de persistance de la maladie au sein d'un élevage de bovins.

Concernant le cerf élaphe, VICENTE *et al.* (2007) ont montré que la présence de la tuberculose est positivement associée à la densité d'hôtes.

4.2. Influence de l'éco-éthologie des espèces

Le blaireau est présent en forêt et en milieu ouvert ou semi-ouvert tel que le bocage, les landes ou les prairies, avec un domaine vital de 0,5 à 1 km². Le grégarisme de cette espèce vivant en groupes familiaux partageant un même terrier et les comportements sociaux (léchage et épouillage mutuels, jeux) favorisent les contacts directs et ainsi la transmission intraspécifique.

Les pâtures de bovins peuvent constituer une partie, voire la majorité de son domaine vital (HUTCHINGS et HARRIS, 1999) et certains de ses comportements peuvent y entraîner une excrétion de *M. bovis*. La défécation se fait dans des latrines qui se trouvent fréquemment en prairie. Espèce territoriale, le blaireau délimite son territoire par du marquage fécal et urinaire, qu'il dépose préférentiellement au niveau de bordures et frontières naturelles ou artificielles. Les clôtures, les limites entre champs sont ainsi des sites particulièrement propices au marquage (WHITE *et al.*, 1993). Enfin, le régime alimentaire du blaireau est largement constitué de lombrics, qu'il prélève majoritairement dans les pâtures (TOLHURST *et al.*, 2009). L'investigation par l'odorat et la consommation par les bovins de l'herbe contaminée par les fèces, l'urine ou la salive de blaireau sont considérées comme les modes de contamination dominants, en pâture, entre blaireaux et bovins (HUTCHINGS et HARRIS, 1999).

Les ongulés occupent des milieux très divers, privilégiant les couverts forestiers pendant la journée et fréquentant les milieux ouverts pendant la nuit. Leurs domaines vitaux sont plus ou moins étendus (environ 30 km² pour le sanglier selon le sexe, l'âge et la pression de chasse et 0,5 à 2 km² pour le cerf). Les champs et les pâtures sont régulièrement fréquentés par ces espèces pour la recherche de nourriture, particulièrement pendant la nuit. Les sangliers ont la capacité de migrer sur de longues distances. Ils peuvent parcourir 20 km au sein de leur territoire en dehors de la période de chasse et plus de 50 km par jour en pleine période de chasse (MACHACKOVA *et al.*, 2003). Nous comprenons que ces déplacements peuvent être à l'origine de la progression d'une maladie telle que la tuberculose sur un territoire donné. De plus, la période de reproduction peut être considérée comme une période à risque en ce qui concerne la transmission de la tuberculose. Lors du rut, les jeunes mâles nés au printemps deviennent pubères et sont évincés de la compagnie qui les avait vus naître. Ces jeunes prétendants vont alors errer par petits groupes de 3 à 4 individus avant de se fixer définitivement. Lors de ce vagabondage, le jeune sanglier effectue de grands déplacements (plusieurs dizaines de kilomètres) et change très fréquemment de bauge (endroit plus ou moins aménagé où se repose le sanglier). La laie meneuse, suivie des autres femelles pubères de la compagnie, annonce le début de la période de rut en disposant de la bave sur certains arbres et en se frottant contre les écorces afin de déposer les sécrétions de ces glandes lacrymales. Les mâles, durant cette période, déposent le plus haut possible, sur les écorces des arbres ou sur des buissons, des amas floconneux de baves épaisses pour décourager et faire fuir tout autre sanglier mâle pubère présent dans les parages (MAEDER, 2008). Ces amas de bave peuvent donc être source de contamination s'ils contiennent des bacilles tuberculeux.

4.3. Influence des pratiques d'élevage

La transmission de *M. bovis* entre bovins se ferait préférentiellement à l'intérieur des bâtiments plutôt qu'au pâturage. En effet, les bâtiments mal ventilés, peu lumineux, humides et abritant un grand nombre de bovins, constituent un milieu propice à la survie de *M. bovis* et sont en cela une source de contamination (WALTER *et al.*, 2012).

De nombreux contacts avec les espèces sauvages sont possibles lorsque les bovins sont à l'herbe, en fonction du recouvrement des domaines vitaux des différentes espèces. La durée de mise à l'herbe peut donc être un facteur influençant l'intensité des contacts entre la faune sauvage et les bovins. Plus la durée de mise à l'herbe est longue, plus le risque de contact est élevé. En cela, l'élevage allaitant, caractérisé par le fait que les bovins sont laissés huit mois

en pâture, voire même toute l'année pour certaines races, est à risque vis-à-vis de la transmission de *M. bovis* entre espèces sauvages et domestiques.

La charge de bovins à l'hectare et l'utilisation alternée des pâtures peuvent également jouer un rôle vis-à-vis des contacts potentiellement contaminants avec les blaireaux. Il a en effet été montré que les latrines actives étaient évitées le plus possible par les bovins et que ceux-ci n'y broutaient l'herbe que lorsqu'ils n'avaient pas d'autre alternative. En cas de surpâturage, soit pour cause de surdensité, soit pour cause de manque de rotation entre pâtures, la consommation d'herbe souillée par les déjections de blaireaux va ainsi augmenter. De plus, lorsque l'herbe est rase, les bovins vont ingérer plus de terre dans laquelle les bacilles résistants sont susceptibles de se trouver. La hiérarchie dans le troupeau intervient aussi car ce sont souvent les vaches de plus bas rang hiérarchique qui vont consommer les parties de pâtures rejetées par leurs congénères (HUTCHINGS et HARRIS, 1997).

Enfin, l'accessibilité aux espèces sauvages, et particulièrement aux blaireaux, des points d'alimentation et d'abreuvement des bovins, contribue au renforcement du risque. Différentes études conduites en Angleterre ont montré que les blaireaux fréquentaient les mangeoires dans les pâtures et les bâtiments d'élevage. Les réserves d'aliments comme les silos, l'ensilage ou les granges à foin sont particulièrement visitées pendant la nuit (et deux fois plus que les bâtiments des bovins) pour la recherche de nourriture, et les blaireaux peuvent y déféquer ou y uriner. Des contacts directs entre blaireaux et bovins ont également été observés en pâture comme dans les bâtiments (WARD *et al.*, 2008 ; WARD *et al.*, 2010 ; JUDGE *et al.*, 2011). Aux Etats-Unis, dans le Michigan, il a été montré que les cerfs de Virginie, qui constituent un réservoir sauvage de la tuberculose à *M. bovis*, fréquentent également les bâtiments d'élevage. Cependant, ces introductions dans les fermes sont peu fréquentes et ce sont souvent les mêmes cerfs qui viennent visiter les fermes (dans une étude, deux cerfs étaient responsables de 80% des visites) (WALTER *et al.*, 2012). Au Canada, BROOK *et al.* (2013) ont montré que les cerfs de Virginie et les élans se mêlent aux troupeaux de bovins, aux alentours du Parc National du Mont Riding, dans le sud-ouest du Manitoba. Cerfs et élans fréquentent les aires de nourrissage des bovins durant l'hiver (les cerfs le faisant beaucoup plus fréquemment que les élans). Ils ont également constaté que les cerfs et les élans préféraient les aires de nourrissage contenant des fourrages à celles contenant une alimentation à base de granulés. Il a été observé des contacts directs et indirects entre ces deux espèces et les bovins.

4.4. Influence des pratiques cynégétiques

Les pratiques d'affouragement, d'agrainage ou d'abreuvement de populations d'animaux sauvages qui entraînent des concentrations artificielles d'animaux sur les lieux de nourrissage et d'abreuvement, interviennent fortement dans le développement et la persistance de maladies contagieuses telle que la tuberculose (HARS *et al.*, 2011 ; PALMER *et al.*, 2012). L'abandon des viscères des animaux tués à la chasse est une pratique qui joue en défaveur d'une éradication de la tuberculose dans la faune sauvage, du fait du comportement nécrophage de certaines espèces, en particulier des sangliers.

4.5. Influence de la saison

La saison intervient sur la disponibilité alimentaire et va ainsi influencer l'utilisation par les espèces sauvages des sources de nourriture disponibles dans les exploitations.

Concernant les blaireaux, il a été montré que ceux-ci s'introduisent dans les fermes quelle que soit la période de l'année mais la fréquence des visites varie significativement en fonction du mois : les plus grands nombres de visites sont enregistrés à la fin du printemps/début de l'été (avril, mai, juin) alors que les plus faibles sont enregistrés en décembre et janvier, période à laquelle l'activité des blaireaux est ralentie (JUDGE *et al.*, 2011). La fréquentation des pâtures augmente en période de pluie car les lombrics sont plus facilement accessibles : ils remontent en surface suite à une averse et pour des températures supérieures à 2°C (TOLHURST *et al.*, 2009). Par temps sec, les blaireaux se tournent vers les aliments destinés aux bovins et fréquentent davantage les bâtiments agricoles et les mangeoires (WARD *et al.*, 2010).

L'hiver est une période critique pour les élans et les cerfs de Virginie au Canada : ils subissent un stress nutritionnel après que la végétation ait fané, les températures descendent fréquemment en-dessous des -30°C, une épaisse couche de neige limite leurs déplacements. Ainsi, durant cette période, ils sont particulièrement attirés par les balles de foin ; les bovins étant en parallèle concentrés autour des aires d'affouragement, l'hiver constitue une période à risque pour la transmission intra et interspécifique de la tuberculose bovine. Il a également été montré que le pic de fréquentation des aires d'affouragement par les cerfs se produit en mars, du fait, probablement, des températures et de l'accumulation de neige (BROOK *et al.*, 2013).

Le sanglier étant une espèce opportuniste, sa fréquentation des pâtures va dépendre de la présence et de la disponibilité des autres sources alimentaires, comme les glands en forêt ou les céréales des champs cultivés. Différentes études montrent que la fréquentation des prairies et des champs cultivés a lieu principalement au printemps et en été (ANSES, 2011).

Chez les bovins, la période à risque est la période de mise à l'herbe, soit du printemps à l'automne.

De plus, en cas de sécheresse, la disponibilité des points d'eau destinés aux bovins les rend attractifs pour toutes les espèces sauvages (ANSES, 2011).

4.6. Influence de la structure paysagère

Selon les régions, les habitats des populations sauvages se superposent plus ou moins aux zones d'élevage. Les paysages de type bocager avec des mosaïques de prairies et de forêts, comme c'est le cas en Côte-d'Or où les pâtures se trouvent très souvent en lisière de forêt, favorisent les contacts entre populations sauvages et domestiques. Ce type de paysage est particulièrement à risque pour l'émergence de pathogènes multi-hôtes (VOURC'H *et al.*, 2008 ; HARS *et al.*, 2011).

D'autre part, l'hétérogénéité de l'habitat et l'abondance des lisières favorisent :

- la présence des cervidés, en augmentant leur sédentarité et leur densité ;
- le comportement de marquage territorial des blaireaux, augmentant ainsi leur excrétion potentielle de bacilles dans les pâtures (ANSES, 2011).

En Angleterre, des études cas-témoins visant à identifier les facteurs de risque de contamination en élevages ont montré que la présence de forêts sur la surface de l'exploitation constituait un facteur de risque (ANSES, 2011).

SYNTHESE

La prise en compte conjointe des différents facteurs démographiques, écologiques, éthologiques, géographiques et des pratiques d'élevage, fournit autant d'éléments de l'évaluation du risque de transmission de la tuberculose à *M. bovis* entre populations domestiques et sauvages. Associés à la connaissance de la prévalence de l'infection, ils peuvent être utilisés pour identifier des zones, des saisons et des pratiques potentiellement à risque pour la transmission de *M. bovis* entre les populations sauvages et domestiques. Cette approche reste cependant qualitative et hypothétique car les types d'interactions entre bovins et populations sauvages les plus propices à transmettre le bacille ne sont pas connus avec précision. Il est d'autre part difficile de hiérarchiser l'importance des facteurs de risque. Pour cela, une meilleure connaissance de l'excrétion bactérienne par les animaux infectés ainsi qu'une caractérisation fine des interactions permettant de quantifier les taux de contact entre animaux d'espèces sensibles seraient nécessaires.

IV- Epidémiologie opérationnelle : mesures de maîtrise des facteurs de risque les plus efficaces pour réduire les risques d'interaction entre faune sauvage et animaux domestiques

A terme, l'objectif est d'éradiquer la tuberculose chez les bovins et de la maîtriser dans la faune sauvage. Lorsque les espèces sauvages constituent un réservoir, une action de lutte doit être entreprise.

En France, comme dans tous les pays où sévit la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage, il semble que les populations sauvages aient été, au départ, contaminées par des bovins.

Afin de rompre le cycle épidémiologique de la tuberculose bovine entre les populations hôtes sauvages et domestiques, les méthodes de lutte doivent comprendre (ANSES, 2011) :

- l'éradication de l'infection dans la population hôte domestique (non traitée ici) ;
- la limitation de la transmission entre populations sauvages et domestiques en limitant leurs interactions ;
- la maîtrise de l'infection dans la population hôte sauvage, soit en diminuant le nombre d'individus infectés et en limitant le recyclage des matières dangereuses par une baisse de la densité (abattage), soit en limitant l'infection et donc l'excrétion (vaccination).

1. Limitation des interactions entre bovins et populations sauvages

Elle nécessite la mise en place de systèmes empêchant la faune sauvage d'accéder à l'habitat des bovins. Ces systèmes peuvent être installés et efficaces dans les bâtiments ; en revanche, il apparaît beaucoup plus difficile de contrôler l'accès de la faune sauvage aux pâtures, ce qui peut poser problème en élevage allaitant pour lequel la durée de mise à l'herbe peut difficilement être réduite.

Les systèmes consistent le plus souvent en des clôtures entourant les éléments de l'exploitation particulièrement attractifs pour les espèces sauvages et par le biais desquels des contacts contaminants peuvent se produire.

Aux États-Unis, dans le Minnesota, l'État a financé à hauteur de 90% des clôtures à placer autour des zones de stockage des aliments et des aires de nourrissage, dans les fermes se trouvant dans la zone d'infection. Cette mesure, associée à d'autres, a permis au Minnesota de retrouver son statut indemne de tuberculose bovine en 2011, aucun cas n'ayant été détecté sur les bovins et les cerfs de Virginie depuis 2008 (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Au Canada, la gestion de la tuberculose bovine dans le Parc National du Mont-Riding et ses alentours comprend la mise en place de clôtures autour des zones de stockage du foin dans le but d'empêcher les cerfs et les wapitis d'y accéder (WOBESER, 2009).

En Angleterre, le DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2011) préconise une série de mesures à destination des éleveurs afin de diminuer les contacts potentiellement contaminants entre bovins et blaireaux :

- tenir les bovins éloignés des principales latrines et des terriers de blaireaux ;
- éviter les trop fortes densités de bovins sur les pâtures et le surpâturage ;
- éviter d'apporter de la nourriture supplémentaire aux bovins en pâture ou alors leur donner seulement la quantité nécessaire pour une journée et éviter de mettre cette nourriture

au sol ; placer les pierres à lécher à une hauteur qui permet aux blaireaux de ne pas y avoir accès (les suspendre aux arbres,...)

- les blaireaux doivent être tenus éloignés des stocks de nourriture pour bovins ;
- faire en sorte que la ferme et ses environs ne soient pas attractifs pour les blaireaux ;
- mettre en place des clôtures électriques autour des pâtures.

Le DEFRA précise que la mise en place correcte et le maintien des mesures d'exclusion permettent d'atteindre une efficacité de 100% dans l'arrêt de fréquentation des bâtiments d'élevage par les blaireaux. Il a également été observé que des mesures d'exclusion mises en place seulement dans certains bâtiments de l'exploitation permettaient de réduire la fréquentation par les blaireaux des autres bâtiments dans lesquels aucune mesure n'avait été mise en place. Cependant, ces mesures n'empêchent pas complètement les blaireaux de pénétrer dans les élevages. Ils reviennent régulièrement sur les lieux afin de trouver de nouveaux accès et profitent que les portes aient été laissées ouvertes pour s'introduire dans les bâtiments. Ceci illustre le fait que les mesures d'exclusion doivent être appliquées en permanence, en particulier la nuit, et que les éleveurs doivent être vigilants à tout instant.

2. Maîtrise de l'infection dans la population hôte sauvage

2.1. Action sur la densité

2.1.1. Limiter les facteurs d'agrégation

Les facteurs d'agrégation tels que l'agrainage, l'affouragement, les points d'eau en milieu aride ou encore les sels minéraux contribuent à augmenter la densité locale d'animaux sauvages et ainsi à entretenir l'infection en favorisant les contacts directs et indirects par la contamination de l'eau ou des aliments (ANSES, 2011).

Aux États-Unis, dans le Michigan, il a été montré que le nourrissage des animaux sauvages et l'utilisation d'appâts sont associés à une augmentation de la transmission de la tuberculose bovine. En 1998, le nourrissage a été interdit dans les zones où des cerfs de Virginie tuberculeux avaient été identifiés. Des modèles statistiques suggèrent que la diminution de la densité des cerfs associée à une interdiction stricte du nourrissage pourraient permettre l'éradication de la tuberculose bovine chez les bovins et dans la faune sauvage (PALMER *et al.*, 2012).

En Espagne, la concentration des sangliers autour des points d'eau est significativement associée à la présence de la tuberculose à la fois chez les sangliers et les cerfs. La concentration des sangliers autour des sites de nourrissage augmente significativement le risque de tuberculose chez les cerfs (PALMER *et al.*, 2012).

En France, le plan national de maîtrise du sanglier préconise l'interdiction de tout apport de nourriture artificielle aux sangliers, excepté dans le but de protéger les cultures (un agrainage dissuasif peut alors être autorisé uniquement durant les périodes de sensibilité des cultures). En effet, l'agrainage participe directement ou indirectement à l'entretien de fortes densités de sangliers voire à l'accroissement des populations (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, 2009). Cependant, agrainage et affouragement peuvent être autorisés à condition que leurs modalités de mise en œuvre figurent dans le schéma départemental de gestion cynégétique.

Pour la maîtrise de toute maladie contagieuse, l'agrainage à poste fixe pour les sangliers et l'affouragement sur râtelier des cerfs sont à proscrire à une échelle

départementale, voire régionale, et tout particulièrement dans de grandes zones à risque. Une interdiction de l'agraineage mise en œuvre uniquement au niveau local pourrait avoir comme effet de déplacer les populations vers les zones où l'agraineage est autorisé et ainsi de propager l'infection (ANSES, 2011).

2.1.2. Réduction des densités

La réduction de la densité dans une population vise à diminuer les contacts intraspécifiques et interspécifiques, donc d'abaisser la probabilité de transmission de l'infection et ainsi, de contribuer à la disparition naturelle de la maladie. Cette méthode est utilisée dans les populations réservoirs primaires lorsque leur éradication n'est pas applicable pour des raisons éthiques, politiques ou écologiques. C'est la méthode de choix pour maîtriser la tuberculose à *M. bovis* dans les populations réservoirs secondaires.

Cette stratégie a été mise en œuvre chez le blaireau en Angleterre et en Irlande, ainsi que chez le cerf de Virginie dans le Michigan. Dans chacun de ces cas, les populations visées par l'abattage présentaient des densités élevées, étaient considérées comme réservoir primaire de l'infection et comme responsables de recontamination des bovins ; elles ne pouvaient cependant pas être totalement éradiquées, notamment pour des raisons éthiques et politiques. Les résultats de ces mesures peuvent être évalués directement par la baisse de la densité dans les populations concernées par l'abattage et indirectement par l'évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose dans ces populations et chez les bovins.

Aux États-Unis, dans le Michigan, la réduction de densité des cerfs de Virginie a été permise par une augmentation de la pression de chasse (allongement des périodes de chasse, abattage des jeunes femelles afin de limiter la reproduction, délivrance de permis de chasse à l'année aux propriétaires fonciers locaux). En 1995, la densité était estimée à 20 cerfs par km² dans la zone d'infection ; elle aurait été abaissée à moins de 10 cerfs par km² en 2004 et aurait augmenté par la suite pour atteindre 14 cerfs par km² en 2008. Cette mesure, associée à d'autres, n'autorise que de lents progrès dans l'éradication de la tuberculose bovine dans cette espèce, la prévalence annuelle s'étant stabilisée autour de 2%. Dans le Minnesota, la densité des cerfs de Virginie dans les zones d'infection a été réduite de 55% environ grâce à l'augmentation de la pression de chasse. Ceci a contribué à l'éradication de la maladie chez les cerfs et les bovins puisqu'aucun cas n'a été recensé depuis 2008 dans les deux espèces (FITZGERALD et KANEENE, 2013).

Dans le sud-ouest de l'Angleterre, l'abattage proactif des blaireaux dans une zone de 100km² a permis de réduire la prévalence de la maladie de 17% chez les bovins vivant dans cette zone mais a conduit à une augmentation de 29% de la prévalence chez les bovins vivant dans les zones adjacentes. L'abattage réactif a également conduit à une augmentation de la prévalence de la maladie chez les bovins vivant dans la zone où il a été pratiqué (FITZGERALD et KANEENE, 2013). Ceci s'explique par le fait que l'abattage perturbe la structure sociale des groupes de blaireaux et augmente la taille du domaine vital des blaireaux restants, favorisant ainsi les contacts intergroupes et potentiellement les contacts avec les bovins. Les études menées au Royaume-Uni montrent que la restructuration sociale des groupes de blaireaux et l'augmentation des mouvements, consécutives à l'abattage, sont corrélées à une augmentation de l'incidence de la tuberculose bovine dans les populations de blaireaux (PALMER *et al.*, 2012).

En Irlande, l'abattage proactif des blaireaux a permis de réduire l'incidence de la maladie chez les bovins dans les zones où il a été pratiqué (GORTAZAR *et al.*, 2012). L'effet délétère de l'abattage réactif, constaté au Royaume-Uni, n'a pas été observé en Irlande : il a au contraire permis une protection des cheptels dans la zone où il a été pratiqué mais aussi une protection des cheptels dans les zones voisines. Cette différence avec le Royaume-Uni s'explique, entre autres, par les densités de blaireaux plus faibles en Irlande et la présence plus nombreuse de barrières naturelles qui limitent les déplacements des blaireaux (PALMER *et al.*, 2012).

En France, l'ANSES (2011) a émis des recommandations en termes de densités des populations sauvages :

- le maintien de densité de population de sangliers inférieure à 10 sangliers par km² avant chasse devrait contribuer *a priori* à limiter le risque de constitution de cycles sauvages pérennes de tuberculose. Ces préconisations sont à adapter aux contextes environnementaux, démographiques et épidémiologiques locaux ;
- concernant les cerfs, les massifs hébergeant les densités de population les plus fortes (5 à 8 animaux par km² voire seulement 3 à 5 animaux par km²) peuvent constituer des zones à risque, si elles sont situées à proximité de zones d'infection bovine ;
- un chiffre de densité de population à risque chez le blaireau ne peut être avancé à l'heure actuelle.

2.1.3. Eradication des populations hôtes

Cette méthode radicale, consistant en l'élimination totale d'une population, est la méthode la plus efficace lorsqu'elle est applicable. Elle est cependant délicate à mettre en œuvre dans la faune sauvage pour des raisons éthiques, pratiques et écologiques. Elle a déjà été appliquée dans des cas bien précis, avec l'objectif d'éliminer une population hôte jouant le rôle de réservoir primaire de l'infection. Cette stratégie n'est en revanche pas nécessaire sur des populations considérées comme réservoirs secondaires. Elle a été utilisée dans différentes populations à travers le monde.

En Nouvelle-Zélande, la volonté de réduire la densité de possums est telle qu'elle entraîne l'éradication de cette espèce dans certaines zones. La principale méthode utilisée pour contrôler les populations de possums infectés est la distribution, par voie aérienne, d'appâts contenant du poison. Pour éradiquer la tuberculose bovine dans cette espèce et diminuer la prévalence chez les bovins, il faudrait maintenir des densités inférieures à 40% des densités initiales pendant au moins 10 ans (PALMER *et al.*, 2012).

En Australie, la population de buffles d'eau a totalement été éliminée. Ces animaux n'étaient pas considérés comme une source de contamination des bovins ; néanmoins la maladie était présente. Leur éradication a d'autant mieux été acceptée que leur développement posait des problèmes écologiques dans le Nord de l'Australie (CORNER, 2006 ; ANSES, 2011).

La forêt de Brotonne (Normandie) est le seul site où, à ce jour, un véritable réservoir sauvage de *M. bovis* a été révélé en France. Sa constitution a sans doute été favorisée par le contexte géographique très individualisé de cette forêt, qui constitue une entité épidémiologique autonome et qui réduit les possibilités d'extension de l'épizootie et de re-contamination des bovins. Ceci a également permis de prendre une mesure originale et

exceptionnelle : l'élimination totale de la population de cerfs, considérée comme le réservoir primaire du fait qu'il développe plus souvent que le sanglier des formes évolutives de tuberculose laissant supposer une forte excrétion bactérienne (HARS *et al.*, 2010).

2.2. Limitation du recyclage des matières virulentes

Il s'agit de limiter l'exposition accrue des animaux aux matières contaminantes, susceptibles d'entretenir le cycle épidémiologique de *M. bovis* dans la faune sauvage. Cette méthode s'applique aux pratiques cynégétiques en préconisant le ramassage systématique de tous les viscères des animaux chassés. Associée à d'autres méthodes de maîtrise de l'infection, elle a montré son efficacité en forêt de Brotonne, dans la population de cerfs et de sangliers (HARS *et al.*, 2010).

Etant donnée la survie probable de *M. bovis* dans les terriers de blaireaux infectés, la destruction ou l'assainissement de ces terriers contribuerait très probablement à la maîtrise de la tuberculose chez cette espèce (ANSES, 2011).

2.3. Vaccination

La vaccination peut être une mesure intéressante lorsque l'éradication ou la réduction de densité des populations cibles ne peuvent être mises en œuvre pour des raisons éthiques, réglementaires (protection des espèces), de conservation (espèces menacées) ou lorsque le rapport coût-bénéfice de l'éradication n'est pas favorable. La vaccination des populations sauvages a déjà montré son efficacité par le passé pour la rage chez le renard par exemple.

Un des défis de la vaccination de la faune sauvage est l'administration du vaccin. En général, le vaccin est administré aux espèces sauvages *via* des appâts oraux dispersés dans la nature. Cependant, certains éléments sont difficilement contrôlables *via* ce mode d'administration : viabilité du vaccin dans l'environnement, ingestion du vaccin par d'autres espèces, âge des animaux.... Les appâts doivent également être attractifs et appétants. Ceux donnés aux possums sont constitués d'une matrice lipidique dans le but d'éviter la dégradation du vaccin par les sécrétions gastriques acides. De récentes études montrent que des biscuits à base de mélasse pourraient être utilisés pour administrer le vaccin aux cerfs de Virginie. Concrètement, sur le terrain, des sachets étanches accrochés dans les arbres permettent de délivrer le vaccin aux possums ; ces sachets sont partiellement enterrés pour les blaireaux ou sont placés dans certains aliments attractifs pour les sangliers. Une distribution des appâts par voie aérienne pourrait être envisagée pour les cerfs de Virginie. Pour l'instant, ces derniers sont capturés *via* des cages démontables aux États-Unis, dans le Michigan. Ils sont alors testés pour la tuberculose bovine via un test sanguin rapide, marqués, vaccinés puis relâchés. Utilisé à grande échelle, ce procédé nécessite de l'argent et du temps ; il offre cependant la possibilité de surveiller les cerfs et de les vacciner, dans une zone donnée (WATERS *et al.*, 2012).

Beaucoup de moyens sont alloués à la recherche de vaccins efficaces, sûrs et utilisables chez les possums, les blaireaux, les cerfs de Virginie et les sangliers. Tous les vaccins sont développés à partir de la souche BCG. Cependant, d'autres souches sont également testées, telles que des souches inactivées de *M. bovis* chez les sangliers ou des souches inactivées de *M. vaccae* associées à des souches BCG vivantes chez les possums.

Dans une étude de terrain à grande échelle, l'utilisation d'appâts vaccinaux contenant la souche BCG a montré une efficacité significative (estimée à 95%) dans la prévention de l'infection à *M. bovis* chez les possums de Nouvelle-Zélande.

En Espagne, des études sont planifiées pour évaluer l'efficacité des vaccins contenant la souche BCG et des vaccins contenant des souches inactivées de *M. bovis* chez des sangliers naturellement infectés.

Aux États-Unis, des progrès sont en cours dans l'évaluation de l'efficacité des appâts vaccinaux dans la zone où la tuberculose bovine est enzootique. Un nombre limité d'études de terrain a été réalisé durant l'hiver 2012-2013, avec utilisation de vaccins BCG chez les cerfs de Virginie. Ces études ont pour but d'évaluer la viabilité des appâts/du vaccin sur le terrain, les stratégies de dispersion des appâts et la protection vaccinale des cerfs.

Dans une étude clinique de terrain, la vaccination des blaireaux par voie intramusculaire a permis de réduire l'incidence des séroconversions de 73,8%, apportant la preuve de la nécessité de déployer ce vaccin sur le terrain (WATERS *et al.*, 2012). CARTER *et al.* (2012) ont montré que l'injection intramusculaire de la souche BCG permettait de réduire de 76% le risque de fournir une réponse positive à une combinaison de tests diagnostiques permettant de mettre en évidence une progression de l'infection. Cette réduction est de 54% si un panel de tests, dont la sensibilité est encore plus élevée, est utilisé pour détecter l'infection. Ces mêmes auteurs ont également montré que la probabilité, pour de jeunes blaireaux non vaccinés, de fournir une réponse positive au panel de tests, est d'autant plus faible que la proportion d'adultes vaccinés dans le groupe est élevée : lorsque plus d'un tiers des adultes du groupe est vacciné, le risque, pour les jeunes non vaccinés, de fournir une réponse positive est réduit de 79%. La vaccination des blaireaux avec la souche BCG a donc un effet protecteur direct et indirect. C'est la raison pour laquelle la vaccination des blaireaux est mise en œuvre dans le Gloucestershire, en Angleterre, sur une zone de 100 km², afin de tester la faisabilité de la vaccination sur le terrain : ce projet se nomme « Badger Vaccine Deployment Project ». Les vaccinations ont commencé en juillet 2010 et se poursuivront durant 5 ans, le financement étant assuré par le DEFRA. Les blaireaux sont attrapés *via* des cages, vaccinés, marqués puis relâchés. Le vaccin utilisé contient la souche BCG et s'injecte par voie intramusculaire. Durant la campagne 2012, 998 blaireaux ont été vaccinés (DEFRA, 2013). SMITH *et al.* (2012) ont montré que l'association abattage/vaccination de blaireaux autour de la zone d'abattage est plus efficace que l'abattage seul ou la vaccination seule, en termes de réduction de la prévalence de la tuberculose bovine à la fois chez les blaireaux et les bovins. Ceci peut s'expliquer par le fait que la vaccination en périphérie des zones d'abattage permet de pallier les risques de diffusion de la maladie liés à la perturbation sociale des groupes de blaireaux. Cependant, cette association nécessite d'intervenir sur une zone dont la superficie est doublée par rapport à celle de la zone où abattage et vaccination sont pratiqués seuls, ce qui implique davantage d'efforts humains, financiers,... A surface d'intervention égale, l'abattage des blaireaux semble être la meilleure stratégie.

Au Pays de Galles, le gouvernement a mis en place un programme d'éradication de la tuberculose bovine comprenant, entre autres, la vaccination des blaireaux. En effet, le Ministre de l'Environnement avait annoncé que l'abattage des blaireaux ne ferait pas partie de ce programme d'éradication et qu'une campagne de vaccination allait être instaurée à la place. La première campagne de vaccination s'est déroulée de mai à novembre 2012, avec un total de 1424 blaireaux vaccinés (1193 adultes, 220 jeunes et 11 d'âge inconnu) dans la « Zone d'Action Intensive » (Intensive Action Area, IAA), zone dans laquelle la tuberculose bovine

est enzootique. Cette zone se trouve à l'ouest du Pays de Galles et s'étend sur 288 km². Il est estimé que la vaccination a été pratiquée sur 84% de l'IAA. Le vaccin utilisé, « BadgerBCG », a obtenu une autorisation temporaire de mise sur le marché en mars 2010 et s'injecte par voie intramusculaire chez le blaireau. Les blaireaux ont été capturés *via* des cages, leur état général a été évalué (présence de blessures) puis ils ont été vaccinés, marqués et relâchés. L'objectif de ce projet est de vacciner, chaque année, un maximum de blaireaux dans l'IAA et ce, durant 5 ans ; ce projet ne prévoit pas d'évaluer l'efficacité de la vaccination, ni son impact sur la structure sociale des groupes (WELSH GOVERNMENT, 2013).

SYNTHESE

Les interactions entre bovins et populations sauvages peuvent être diminuées en :

- limitant l'attractivité et l'accès aux lieux de stockage des aliments et de nourrissage des bovins dans les bâtiments et les pâtures ;
- mettant en place des clôtures efficaces contre l'intrusion des animaux sauvages ;
- évitant le surpâturage, les surdensités de bovins et les pâtures en bordure de forêt.

La maîtrise de l'infection dans les populations sauvages nécessite :

- de limiter voire d'interdire les facteurs d'agrégation (agraineage à poste fixe des sangliers, affouragement des cervidés) ;
- de réduire les densités d'espèces sauvages concernées pour diminuer les contacts intra et interspécifiques, en sachant que l'éradication d'une espèce réservoir primaire est une méthode de choix lorsqu'elle est réalisable ;
- de limiter le recyclage des matières virulentes, en ramassant systématiquement les viscères des animaux tués à la chasse ;
- de vacciner les animaux sauvages selon un protocole adapté, la vaccination pouvant venir compléter et améliorer l'efficacité des mesures précédemment citées.

Deuxième partie

Épidémiologie de la tuberculose bovine chez les bovins et la faune sauvage en Corrèze

I- Etude épidémiologique de la tuberculose bovine chez les bovins en Corrèze

1. Objectif et contexte

1.1. Objectif

L'objectif général de cette partie est de faire un bilan de la situation épidémiologique de la Corrèze vis-à-vis de la tuberculose bovine chez les bovins, de 2000 à 2012.

Nous avons pour cela procédé à un travail rétrospectif ayant pour but de décrire la situation épidémiologique locale chez les bovins.

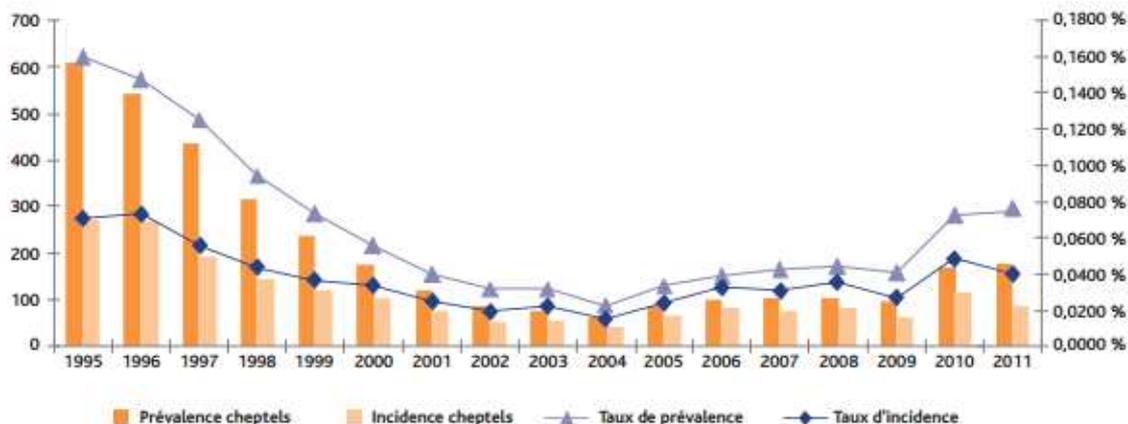
Notre étude, relevant de l'épidémiologie descriptive, visait à déterminer les caractéristiques de la maladie au sein de la population de bovins dans le temps et dans l'espace.

1.2. Contexte

La France est reconnue officiellement indemne de tuberculose bovine par l'Union Européenne depuis 2001 (décision 2001/26/CE du 27 Décembre 2000) : pendant 6 ans, le pourcentage d'élevages infectés a été inférieur à 0,1% et plus de 99,9% des élevages étaient reconnus indemnes de tuberculose (Journal Officiel des Communautés Européennes, 1997). Cependant, depuis 2004, le nombre de foyers fait état d'une recrudescence (Figure 10) qui suscite une certaine inquiétude car, si cette augmentation de prévalence devait persister, le statut indemne de la France serait perdu.

En 2011, 95 troupeaux ont été déclarés infectés par la tuberculose, la prévalence étant de 179 troupeaux infectés durant l'année. Le taux d'incidence 2011 est donc de 0,04 %, contre 0,05 % en 2010, et le taux de prévalence est de 0,077 %, contre 0,073 % en 2010. Cela constitue une diminution de 20 % de l'incidence par rapport à 2010 et une augmentation de la prévalence de 4 % (Figure 10). L'évolution moins favorable de la prévalence que de l'incidence est due au nombre élevé de foyers détectés fin 2010, qui étaient encore comptabilisés dans la prévalence en 2011. L'assainissement par abattage partiel est à cet égard un facteur d'augmentation de la prévalence, car la durée de comptabilisation d'une exploitation infectée en tant que foyer augmente. Ainsi, la prévalence en 2012 sera également élevée, ne serait-ce qu'en raison de la prévalence instantanée de 101 troupeaux infectés au 31 Décembre 2011 (FEDIAEVSKY *et al.*, 2012).

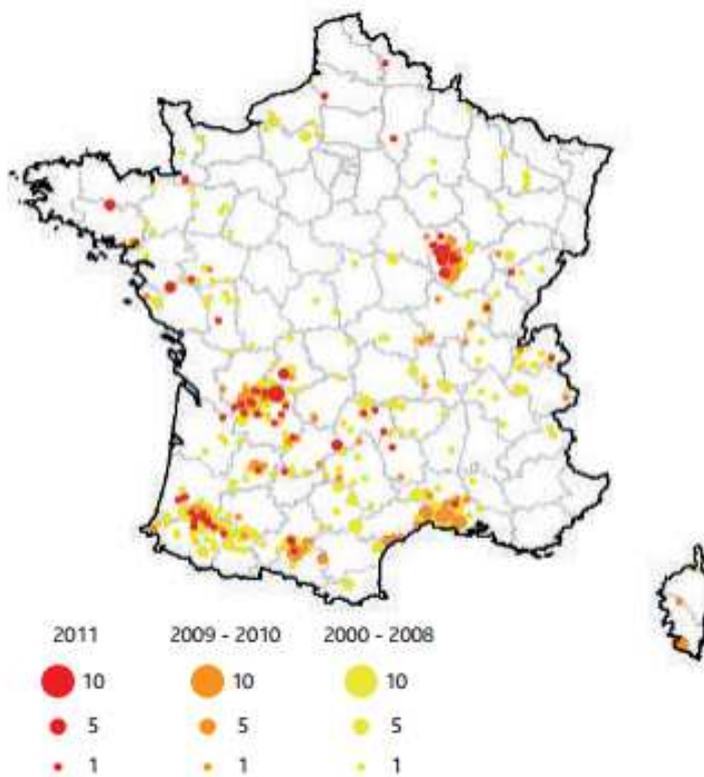
Figure 10. Évolution de la prévalence et de l'incidence de la tuberculose bovine de 1995 à 2011, en France



Source : FEDIAEVSKY *et al.*, 2012

Les zones les plus touchées par la recrudescence de la tuberculose bovine sont la Côte-d'Or, la Dordogne, les Pyrénées-Atlantiques et la Camargue (Figure 11). En 2011, leur situation s'est globalement améliorée par rapport à 2010, mais la présence de la maladie dans la faune sauvage indique que son éradication ne pourra pas être obtenue rapidement.

Figure 11. Distribution par commune des foyers incidents de tuberculose bovine de 2000 à 2011



Source : FEDIAEVSKY *et al.*, 2012

- la production de maigre (broutards mâles et femelles), présente sur l'ensemble du département, est la plus importante en termes d'effectif (41 000 broutards mâles et 24 000 broutards femelles) ;

- la production de veaux de lait sous la mère, dont la Corrèze est le premier producteur au plan national avec 29 000 têtes en 2011 ; cette production est plutôt concentrée sur la partie sud / sud-ouest du département. Deux Labels Rouges attestent de la qualité de la viande de veau de lait : le veau sous la mère et le veau fermier du Limousin ;

- la production de Jeunes Bovins et de Génisses de Boucherie, qui reste assez limitée (7 000 têtes) et que l'on retrouve plus particulièrement sur les cantons d'Uzerche et Lubersac.

1.3.2.2. La production bovins lait corrézienne (Chambre d'Agriculture de la Corrèze, 2013b)

La Corrèze se caractérise par trois bassins de production principaux : la Haute Corrèze, la Xaintrie et le Bassin de Brive. Les systèmes fourragers sont plutôt basés sur l'herbe en Haute Corrèze et Xaintrie et sur le maïs en Pays de Brive.

Le département compte 242 exploitations laitières et 9 582 vaches laitières, dont 80% sont de race Prim Holstein, 16% de race Montbéliarde et 4% de race diverses. La production laitière s'élève à 52 millions de litres, la production moyenne par exploitation étant de 215 000 litres.

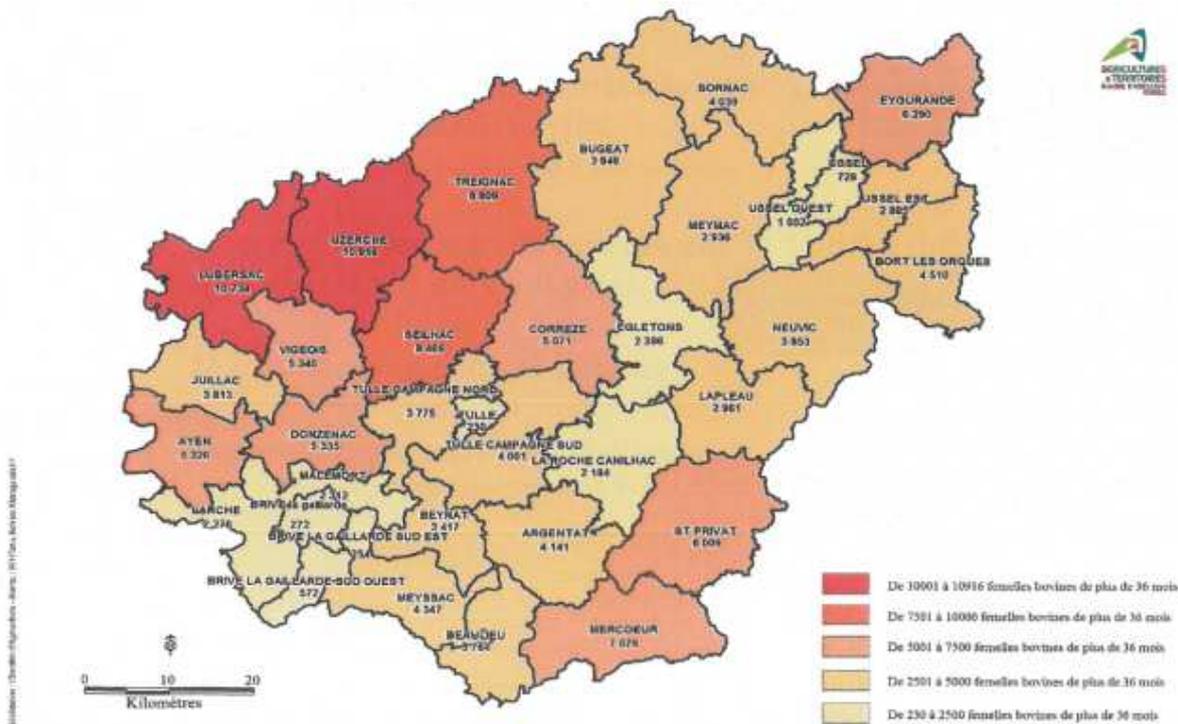
La Corrèze est également caractérisée par une production de lait sous signe officiel de qualité : l'AOP Cantal et l'AOP Bleu d'Auvergne (20% des producteurs laitiers Corrèziens sont situés sur la zone AOP Cantal).

1.3.2.3. Bilan

En Corrèze, la production bovine est donc largement tournée vers des ateliers de type allaitant, avec une production de maigre prédominante.

Si les exploitations sont plus nombreuses à l'ouest et au sud du département, les densités de bovins sont plus fortes à l'ouest du département, notamment dans les cantons de Lubersac et d'Uzerche (Figure 13).

Figure 13. Répartition des femelles bovines de plus de 36 mois en Corrèze au 31 Décembre 2012



Source : Chambre d'Agriculture de la Corrèze, communication personnelle

2. Matériels et méthodes

2.1. Définition de la population d'étude

Notre approche descriptive s'est limitée à la période comprenant le dernier foyer détecté avant que la France ne soit reconnue officiellement indemne de tuberculose bovine, soit l'année 2000, jusqu'à 2012. Précisons également que, durant cette période, le nombre de cheptels bovins reconnus infectés de tuberculose a très sensiblement augmenté dans certains départements, comme la Côte-d'Or et la Dordogne, département voisin de la Corrèze, suscitant ainsi une vive inquiétude dans les départements limitrophes.

Sachant que notre objectif était de dresser un bilan de la situation du département vis-à-vis de la tuberculose bovine et que toute exploitation possédant un animal reconnu tuberculeux était déclarée infectée, nous avons étudié l'unité cheptel. Notre population est donc constituée de l'ensemble des cheptels bovins du département.

Notre échantillon d'étude se composait de l'ensemble des cheptels reconnus infectés de tuberculose bovine entre 2000 et 2012, soit au total 6 troupeaux et 555 bovins abattus.

Les valeurs antérieures à la période d'étude ont été fournies à titre indicatif.

2.2. Recueil des données

La majorité des données nécessaires à la rédaction de cette partie a été demandée, par lettre écrite, à la DDCSPP 19. Son personnel a réalisé un travail de synthèse à partir des dossiers des cheptels infectés, afin de répondre à notre demande.

Nous avons beaucoup échangé oralement avec le GCDS, qui a également mis à notre disposition les dossiers des deux cheptels infectés en 2010 afin que nous connaissions l'historique de ces élevages avant de leur rendre visite. Ces échanges avec les éleveurs ont permis d'obtenir des informations de première main.

2.3. Traitement des données

Certaines données collectées ont été saisies sous Microsoft Excel 2007 afin de réaliser des graphiques, d'autres ont été réorganisées sous forme de tableaux afin de faciliter leur lecture et leur compréhension.

3. Résultats

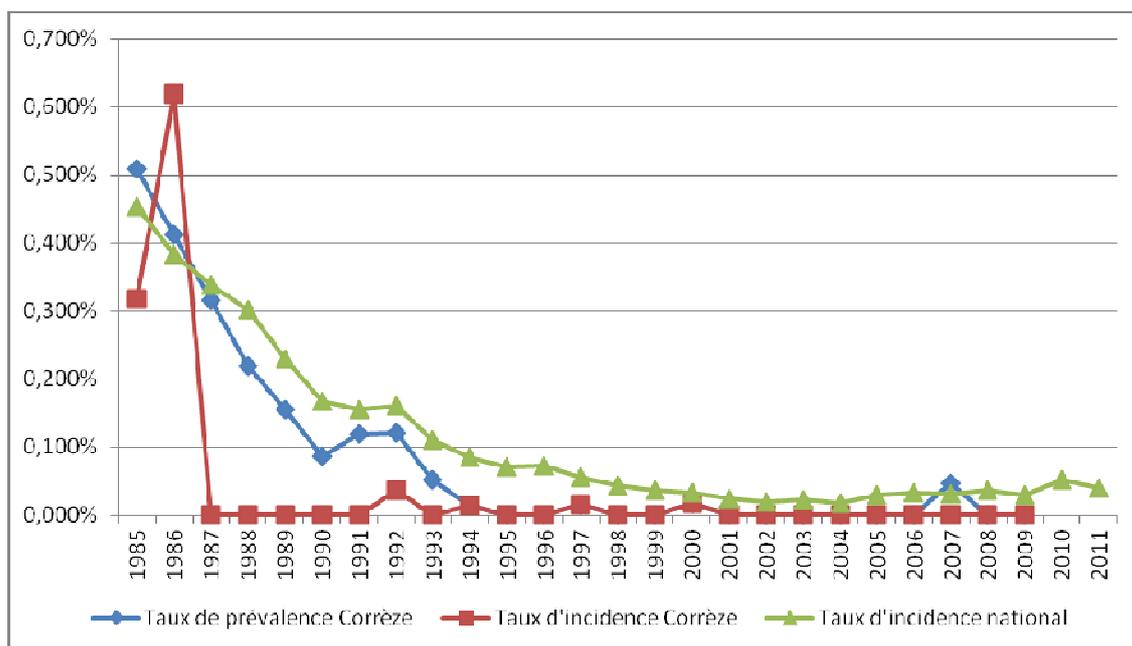
3.1. La tuberculose dans les élevages bovins de Corrèze

3.1.1. Évolution dans le temps et dans l'espace

Depuis les années soixante, l'évolution de la situation épidémiologique de la Corrèze vis-à-vis de la tuberculose bovine a suivi celle de la situation nationale, à savoir que le taux d'incidence de la maladie dans ce département n'a cessé de diminuer, tout comme le taux d'incidence national (Figure 14).

Le taux d'incidence le plus élevé en Corrèze a été observé en 1963 : il était de 4,37%, alors que le taux d'incidence national était de 2,27%. De 1970 à 1974, il était supérieur au taux d'incidence national puis il lui est toujours resté inférieur jusqu'à aujourd'hui (excepté en 1986) (données DGAI). Dans le département, le taux d'incidence est sous le seuil des 0,1% depuis 1987.

Figure 14. Comparaison de l'évolution des taux d'incidence de la tuberculose bovine entre la Corrèze et l'ensemble du territoire français, de 1985 à 2011



Source : DGAI

Depuis 2000 jusqu'à aujourd'hui, six foyers de tuberculose bovine ont été enregistrés en Corrèze (Figure 15).

Le premier foyer, survenu en 2000, se situait sur la commune de Lagleygeolle, dans le sud du département.

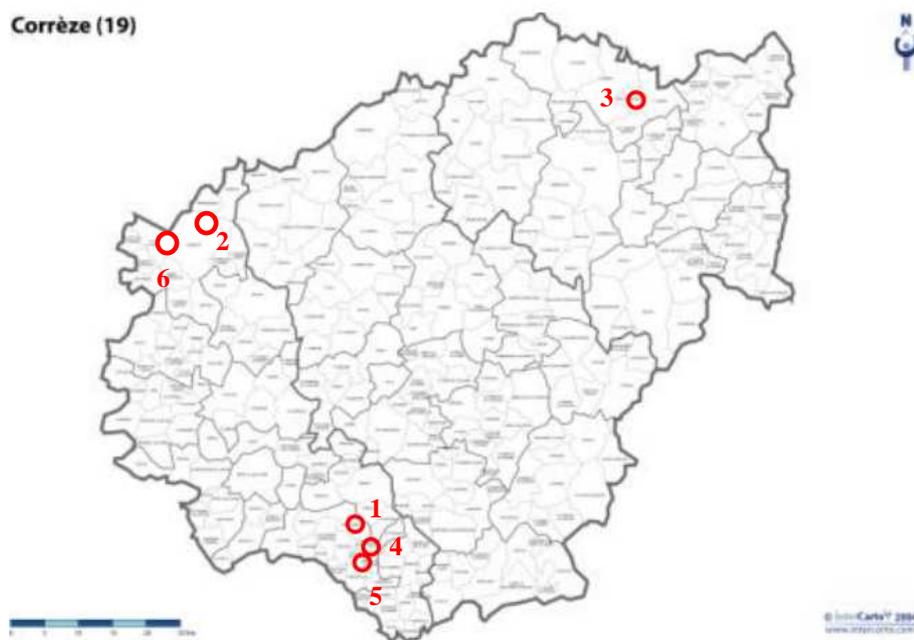
Le deuxième foyer eut lieu en 2003 et était localisé sur la commune de Lubersac, à l'ouest du département.

Le troisième foyer concerna la commune de Bellechassagne, au nord du département, en 2007.

En 2010, deux foyers se produisirent sur deux communes distantes d'environ 3 km et à 2 mois d'intervalle : Saint-Bazile-de-Meyssac (Mai 2010) et Saint-Julien-Maumont (Juillet 2010).

Le dernier foyer fut enregistré en 2012 sur la commune de Saint-Julien-le-Vendômois, à l'ouest du département.

Figure 15. Répartition spatiale et temporelle des foyers de tuberculose à *M. bovis* en élevage bovins dans le département de la Corrèze, de 2000 à 2012



1 : Lagleygeolle, 2000
2 : Lubersac, 2003
3 : Bellechassagne, 2007

4 : Saint-Bazile-de-Meyssac, Mai 2010
5 : Saint-Julien-Maumont, Juillet 2010
6 : Saint-Julien-le-Vendômois, 2012

Nous pouvons donc constater que les foyers bovins sont localisés aux périphéries nord, ouest et sud du département, épargnant le centre et la façade est.

3.1.2. Typologie des élevages infectés

Depuis 2000, les ateliers allaitants sont majoritairement touchés par la tuberculose bovine en Corrèze : sur les six foyers, trois étaient producteurs de brouards (élevages naisseurs-engraisseurs) et un était producteur de veaux de lait sous la mère (Tableau 9). La maladie a également concerné un atelier d'engraissement et un marchand de bovins.

A ce jour, aucun cheptel laitier n'a été découvert infecté par *M. bovis*.

Tableau 9. Type de production des cheptels bovins infectés de tuberculose bovine en Corrèze entre 2000 et 2012

Commune de l'élevage infecté	Type d'atelier	Type de production
Lagleygeolle	Marchand de bovins	
Lubersac	Atelier d'engraissement (veaux de boucherie)	
Bellechassagne	Allaitant	Broutards
Saint-Bazile-de-Meyssac	Allaitant	Broutards
Saint-Julien-Maumont	Allaitant	Veaux de lait
Saint-Julien-le-Vendômois	Allaitant	Broutards

Nous pouvons nous demander si les élevages allaitants sont réellement plus touchés par la tuberculose bovine que les élevages laitiers.

Aucune des 242 exploitations laitières de Corrèze n'a été déclarée infectée de tuberculose bovine, ce qui nous permet d'en déduire une limite supérieure de l'intervalle de confiance unilatéral à 95% de 1,23% (utilisation d'une interpolation linéaire, d'après le tableau III.12 de TOMA *et al.*,2001). Parmi les 3 600 exploitations détentrices de bovins viande, 6 ont été déclarées infectées ; la limite supérieure de l'intervalle de confiance unilatéral à 95% est donc de 0,33% (utilisation d'une interpolation linéaire, d'après le tableau III.12 de TOMA *et al.*,2001).

Pour un risque maximal à 95%, la probabilité de n'avoir aucun foyer de tuberculose dans une population composée de 242 exploitations laitières est de 0,452 (calcul effectué en utilisant la loi binomiale).

Ainsi, en Corrèze, les cheptels allaitants ne sont pas significativement plus touchés par la tuberculose bovine que les cheptels laitiers ($p=0,452$).

3.1.3. Les spoligotypes isolés

Au total, quatre spoligotypes ont été mis en évidence sur l'ensemble des six foyers : F6, F15, F23 et F35. Le Tableau 10 indique leur répartition en fonction des communes.

Tableau 10. Spoligotypes mis en évidence dans les élevages infectés par *M. bovis* entre 2000 et 2012 en Corrèze

Commune de l'élevage infecté	Spoligotype(s) isolé(s)
Lagleygeolle	F15
Lubersac	F6 et F23
Bellechassagne	F35
Saint-Bazile-de-Meyssac	F6
Saint-Julien-Maumont	F6
Saint-Julien-le-Vendômois	Non connu (absence de résultat à la culture bactérienne)

Le spoligotype F6 a été très peu observé en France depuis 2000 : excepté les trois élevages corréziens dans lesquels il a été mis en évidence, il a été retrouvé uniquement dans deux élevages de Dordogne en 2000 et dans un élevage de Côte-d'Or la même année.

Le spoligotype F23 était présent, en 2009, dans les départements de l'Hérault, du Gard et des Bouches-du-Rhône, à hauteur de 50% voire 75% (FEDIAEVSKY *et al.*, 2010).

3.1.4. Découverte des foyers et conséquences

Quatre élevages ont été trouvés infectés par *M. bovis* suite à la découverte de lésions évocatrices de tuberculose à l'abattoir et deux ont été trouvés infectés suite à une réaction positive au test d'intradermotuberculination (Tableau 11).

Tableau 11. Éléments de découverte des foyers de tuberculose bovine en Corrèze entre 2000 et 2012 et conséquences

Commune de l'élevage infecté	Année	Localisation	Type de découverte		Nombre de bovins avec des lésions	Abattage		Nombre de bovins abattus	Nombre de bovins à lésions après abattage	Spoligotype
			Lésions évocatrices à l'abattoir	ID positive		total	partiel			
Lagleygeolle	2000	S	X		1	X		57	3	F15
Lubersac	2003	O	X		1		X	4	0	F6, F23
Bellechassagne	2007	N	X		1	X		175	0	F35
Saint-Bazile-de-Meyssac	2010	S	X		1	X		223	0	F6
Saint-Julien-Maumont	2010	S		X	2	X		93	0	F6
Saint-Julien-le-Vendômois	2012	O		X	0	X		7	0	inconnu

ID : intradermotuberculination
S : sud du département

O : ouest du département
N : nord du département

Cinq élevages ont subi un abattage total, ce qui implique que 555 bovins ont été abattus. Seul l'élevage de Lubersac (atelier d'engraissement) a subi un abattage partiel.

Nous pouvons constater que, de façon générale, un faible nombre de bovins par cheptel présentait des lésions tuberculeuses. De plus, aucun bovin n'a été trouvé porteur de lésions suite à l'abattage (sauf dans l'élevage de Lagleygeolle). Concernant le type de lésions observées, nous pouvons citer l'exemple de la vache de l'élevage de Saint-Bazile-de-Meyssac, qui présentait de multiples abcès disséminés.

3.1.5. Origine des foyers

Les circonstances de contamination sont envisagées sur la base des voies de contamination classiques : voisinage, introduction et résurgence.

L'origine de la présence de la tuberculose est connue de façon certaine pour un seul des six élevages, celui de Bellechassagne (2007). Elle correspond à l'introduction d'un bovin acheté dans le département de la Haute-Vienne, la souche de mycobactérie retrouvée étant également observée dans ce département. L'enquête épidémiologique a révélé qu'aucune diffusion de la maladie ne s'était produite à partir de l'élevage corrézien.

Le foyer de Saint-Julien-le-Vendômois fut découvert à la suite d'une réponse positive au test d'intradermotuberculination simple fournie par un bovin introduit dans le cheptel.

Concernant les foyers de Saint-Bazile-de-Meyssac et de Saint-Julien-Maumont (Mai et Juillet 2010), le spoligotype isolé (F6), différent de celui du foyer de Lagleygeolle (F15), permet d'exclure toute hypothèse de lien éventuel entre le foyer de 2000 et ceux de 2010. En revanche, les bovins à lésions n'étaient pas originaires de leur exploitation respective : ils ont été introduits en 2006 dans l'élevage de Saint-Bazile-de-Meyssac, et en 2003 dans l'élevage de Saint-Julien-Maumont. De plus, dans les deux cas, aucun autre bovin n'a été trouvé porteur de lésions tuberculeuses après abattage total, et les PCR réalisées sur certains animaux non porteurs de lésions ont toutes fourni des réponses négatives. Ces éléments suggèrent une très faible circulation apparente de la maladie au sein des deux cheptels à partir de ces bovins porteurs de lésions uniquement ganglionnaires. De plus, même si les deux cheptels appartiennent à des communes voisines, les éleveurs ont indiqué qu'il n'y avait pas eu de contact entre les bovins.

Ces constats permettent de formuler l'hypothèse de la survenue de la tuberculose dans ces deux élevages à la suite de l'introduction d'animaux porteurs. La coexistence de ces deux foyers sur des communes limitrophes serait donc purement fortuite, et découle de la recherche active de la maladie sur une zone déterminée initialement par les liens de voisinage géographique (la tuberculose a été recherchée dans l'élevage de Saint-Julien-Maumont car ce dernier était en lien épidémiologique avec l'élevage de Saint-Bazile-de-Meyssac).

Les élevages de Lagleygeolle et de Lubersac sont amenés, de par leur type d'activité, à acheter des bovins provenant de diverses exploitations, situées dans le département ou à l'extérieur de celui-ci. Ainsi, il est possible que la maladie ait été introduite dans ces élevages.

3.1.6. Gestion épidémiologique, prophylaxie

En Corrèze, la situation épidémiologique favorable a permis d'arrêter la prophylaxie (réalisation de tests cutanés sur les bovins) en 2001.

Une prophylaxie à l'achat a été remise en œuvre en 2008 dans le département, à la demande du GCDS en Conseil Départemental de la Santé et de la Protection Animale. Cette demande fut motivée par la découverte du foyer de 2007 et par certains évènements survenus dans les départements limitrophes. Le souhait était de remobiliser éleveurs et vétérinaires afin qu'ils portent une attention toute particulière à cette maladie. Cette prophylaxie à l'achat consiste en la réalisation systématique d'une IDS sur tout bovin de plus de 6 semaines introduit dans une exploitation, quelle que soit la durée de son transfert.

La Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8257 en date du 1^{er} Décembre 2011 autorise le département de la Corrèze à utiliser le dosage de l'IFN γ suite à l'obtention d'un test d'intradermotuberculation non négatif. L'étape ELISA du test IFN γ sera réalisée au Laboratoire Départemental de Dordogne du fait du caractère expérimental de la procédure d'utilisation des antigènes recombinants. L'étape de stimulation cellulaire pourra être réalisée dans un laboratoire de proximité formé à cette technique.

Durant la campagne 2011-2012, 234 cheptels corrèziens étaient en prophylaxie ciblée et 72 tests interféron ont été réalisés.

Durant la campagne 2012-2013, devaient être contrôlés :

- tous les cheptels classés à risque de tuberculose, c'est-à-dire les anciens foyers assainis (classés pour 5 ans en cas d'abattage total) ainsi que les exploitations dont les animaux ont eu, durant les trois années précédant la campagne, des contacts directs avec les bovins des cheptels déclarés infectés ;

- les cheptels de la zone de surveillance, c'est-à-dire les cheptels des communes sur lesquelles un foyer a été détecté au cours des trois années précédant la campagne et les cheptels des communes où se situe le parcellaire des exploitations infectées.

Ces mesures concernent au total 9 communes et 156 cheptels, dont 115 élevages devant subir une IDC (cheptels à risque et bovins à réaction atypique au cours des campagnes précédentes) et 41 une IDS (autres cheptels de la zone de surveillance). Tous les bovins de plus de 24 mois sont contrôlés. Le recours à l'IFN γ est possible comme aide à l'interprétation du contexte lorsque le dépistage est réalisé par IDS. Le vétérinaire sanitaire assure un prélèvement sanguin du ou des bovins ayant réagi à l'IDS dans les 5 jours maximum suivant la lecture de l'IDS. Dans les cheptels classés à risque, les animaux de plus de 6 semaines destinés à l'élevage doivent subir un contrôle de sortie (par IDC) dans les 30 jours précédant le départ de l'exploitation.

3.2. Situation épidémiologique dans les départements voisins

Parmi les départements voisins de la Corrèze, la Dordogne est celui qui est le plus touché par l'augmentation du nombre de cheptels bovins atteints de tuberculose. La situation apparente dans ce département se dégrada en 2004 ; le nombre de foyers fut en nette augmentation pour atteindre un pic de 29 foyers en 2006. Entre 2006 et 2009, le nombre de foyers diminua puis ré-augmenta pour atteindre en août 2011 le nombre de 15 foyers détectés. La maladie est principalement présente au nord du département avec deux grandes zones touchées : au nord-ouest, la région de Ribérac-Verteillac-Mareuil et au nord-est, la région de Thiviers-Jumilhac-le-Grand. Une troisième zone se distingue au sud-est du département, la région de Nabirat, à la frontière avec le Lot. Le spoligotype essentiellement isolé en Dordogne est le BCG-like ou SB0120, surtout rencontré au nord du département. Le spoligotype F11 est présent à l'ouest à la limite de la Charente et le spoligotype SB0999 est présent au sud-est à la limite du Lot. Depuis 2008, le pourcentage d'élevages possédant des animaux présentant des lésions ouvertes est élevé (69%). Depuis 2007, la présence de la maladie dans les cheptels

infectés s'explique principalement par la contamination de voisinage puis par la contamination suite à l'introduction. La résurgence est également présente, avec trois cheptels concernés depuis 2009 dont un réinfecté à deux reprises (REVEILLAUD, 2011).

Quatorze cas ont été recensés entre 2001 et 2010 en Haute-Vienne et entre 2001 et 2011 dans le Cantal (données DGAI).

Dans le Lot, 9 foyers ont été mis en évidence depuis 2001 (données DGAI), dont trois en limite de la Dordogne. Le dernier foyer remonte à 2011. Le spoligotype présent dans le nord du département (zone proche de la Dordogne) est le SB0999, spoligotype identique à celui rencontré dans le sud de la Dordogne. Dans le sud du Lot sont retrouvés les spoligotypes GB54 et F11 (REVEILLAUD, 2011).

Entre 2001 et 2011, un seul foyer fut détecté en Creuse (en 2006) et également dans le Puy-de-Dôme (en 2005) (données DGAI).

4. Discussion

4.1. Evolution de la tuberculose dans les cheptels bovins de Corrèze

Nous avons pu constater que la maladie est plutôt sporadique dans ce département : en effet, un foyer est survenu tous les 3 à 4 ans depuis 2000, à l'exception de deux foyers en 2010, et dans des zones distinctes du département ; ces foyers peuvent donc être considérés comme des cas isolés dans le temps, et aussi, dans l'espace.

Les cheptels infectés se répartissent aux extrémités nord, ouest et sud du département. Ceci est mis en évidence par les spoligotypes isolés qui traduisent l'existence de trois zones épidémiologiquement distinctes, voire même quatre, car le spoligotype isolé dans l'élevage de Lagleygeolle est différent de celui isolé dans les élevages de Saint-Bazile-de-Meyssac et de Saint-Julien-Maumont, alors que ces trois communes sont géographiquement proches.

4.2. Origine de contamination et prophylaxie

L'introduction de bovins infectés semble être la voie prépondérante par laquelle la maladie a pénétré dans les élevages. Pourtant, le contexte régnant autour des deux foyers de 2010 (cheptels voisins, déclarés infectés à deux mois d'intervalle, spoligotype identique) laissait plutôt penser à une tuberculose de voisinage. Ceci illustre l'importance de la rigueur lors de la mise en œuvre des enquêtes épidémiologiques.

La majorité des foyers a été découverte grâce à l'inspection des carcasses à l'abattoir, qui a permis de mettre en évidence des lésions évocatrices de tuberculose ; ceci souligne l'importance de la réalisation de cet examen.

L'origine du foyer de 2007 a conduit à la remise en œuvre de la prophylaxie à l'achat en 2008 dans le département. Compte-tenu de l'origine des deux foyers de 2010, nous pouvons nous poser la question d'une sous-réalisation de cette prophylaxie et/ou d'une sous-identification et/ou d'une sous-déclaration des cas (à condition que l'origine par introduction soit vraie, que les bovins introduits l'aient été après 2008 et qu'ils ne soient pas dans la

période ante-allergie ou d'anergie, auquel cas ils auraient échappé au dépistage par intradermotuberculation).

La sous-identification et la sous-déclaration ne semblent pas être un problème majeur puisque le deuxième foyer de 2010 et le foyer de 2012 ont été découverts grâce à des réactions positives au test d'intradermotuberculation. Mais la sous-réalisation de la prophylaxie à l'achat est-elle effectivement un problème en Corrèze ? Il semblerait que non car il s'avère que les bovins introduits l'ont été avant 2008, donc avant la reprise des contrôles à l'achat. Néanmoins, nous pouvons toujours nous demander s'il est nécessaire de maintenir la réalisation systématique de l'intradermotuberculation lors de l'achat d'un bovin. En effet, pourquoi rechercher la tuberculose à l'achat sachant que les cheptels corréziens sont, dans l'ensemble, dans une situation de très faible risque d'infection/contamination et que les erreurs par excès liées à ce test sont fréquentes ? Ces dernières peuvent avoir de lourdes conséquences financières (blocage de nombreuses exploitations, abattage diagnostique de nombreux bovins). De plus, les éleveurs doivent avoir conscience qu'introduire un bovin provenant d'un élevage à risque est une pratique pouvant mettre en péril leur exploitation du fait de la sensibilité individuelle modeste du test d'intradermotuberculation.

En résumé, la recherche de la tuberculose bovine ne doit pas être mise en œuvre de façon systématique et en toutes circonstances ; elle doit être réalisée dans des élevages considérés comme étant à risque (c'est-à-dire ayant eu des contacts avec des cheptels reconnus infectés de tuberculose ; la surveillance de ces élevages dure 5 ans). Une vigilance toute particulière doit être portée sur l'origine des bovins nouvellement introduits dans une exploitation (éviter d'introduire des animaux en provenance d'un élevage qui a été reconnu infecté dans les années antérieures ; sinon, privilégier les circuits directs et limiter le nombre de fournisseurs).

4.3. Situation dans les départements voisins

Les départements limitrophes de la Corrèze connaissent une recrudescence de la tuberculose bovine depuis quelques années, en particulier la Dordogne. En effet, dans ce département, l'augmentation du nombre de foyers suscite une inquiétude depuis 2004. Depuis 2007, du fait de la prise de conscience par l'ensemble des acteurs et d'un renforcement des mesures, le nombre de foyers a décliné mais il persiste tout de même 13 à 18 foyers par an (REVEILLAUD, 2011).

Il serait intéressant de savoir comment sont découverts les foyers dans ces départements. En effet, la découverte de plusieurs foyers grâce aux inspections en abattoir conduit à se demander si tous les moyens nécessaires au dépistage de la tuberculose sont mis en œuvre. Pour exemple, la Dordogne a recours à la combinaison IDS – INF γ , qui a permis d'améliorer la qualité du dépistage de la tuberculose. Ainsi, beaucoup moins d'élevages infectés sont aujourd'hui découverts à l'abattoir.

4.4. Facteurs de risque de transmission de *M. bovis* liés aux bovins

4.4.1. La densité en bovins

De fortes densités en bovins à l'échelle d'une commune ou d'une région constituent certainement un facteur de risque important dans la transmission de la tuberculose entre bovins, surtout par augmentation du risque lié au voisinage. Cependant, en Corrèze, même si les foyers de Lubersac et de Saint-Julien-le-Vendômois se situent dans des zones où les vaches sont les plus nombreuses dans le département, les quatre autres foyers sont localisés dans des régions où le nombre de vaches est, en comparaison, divisé par 2 voire 5 (mais la pratique de l'introduction de bovins y est peut-être plus fréquente que dans l'ouest du département).

4.4.2. Le type d'élevage

Tous les élevages infectés de tuberculose en Corrèze sont de type allaitant. Les bovins pâturent à l'extérieur une grande partie de l'année, ce qui, associé à de fortes densités, augmente d'une part le risque de transmission lié au voisinage, et d'autre part, le risque de contact avec la faune sauvage éventuellement infectée.

De plus, les vaches allaitantes ont une espérance de vie plus importante que les vaches laitières : ainsi, cela augmente le risque, lorsque les animaux ont été contaminés, de passage de la phase de latence à l'infection active génératrice de lésions et donc, d'excrétion d'agents pathogènes.

4.4.3. Pouvoir excréteur des bovins

Nous n'avons pas eu la possibilité d'accéder aux informations concernant le type de lésions observées chez les bovins. Ceci nous aurait permis de savoir si ces bovins avaient un fort potentiel excréteur ou non, et donc, s'il y avait un risque important de contamination directe d'autres bovins ou de contamination indirecte de la faune sauvage via l'environnement.

4.4.4. Pratiques d'élevage considérées comme à risque

Comme déjà dit, il semblerait que l'introduction soit la voie prépondérante de contamination des cheptels trouvés infectés de tuberculose bovine en Corrèze. Ceci est dû à un commerce développé dans ce département. De plus, il faut savoir que les échanges d'animaux (prêts de taureau) et de matériel (*via* les CUMA) sont à risque pour la transmission d'agents pathogènes.

Le territoire morcelé conduit à l'utilisation d'un grand nombre de parcelles pour faire pâture les bovins, ce qui augmente le risque de transmission lié au voisinage, le risque de diffuser la maladie dans l'espace (excrétion des agents pathogènes dans l'environnement) et donc de contaminer indirectement d'autres animaux, dont la faune sauvage (Figure 16).

Il faut ajouter à cela que certains éleveurs, chasseurs, procèdent à l'éviscération et à la découpe des animaux abattus dans leurs bâtiments d'élevage (couloir de stabulation, hangar

où sont stockées les bottes de paille). Cependant, cette pratique est de moins en moins observée car combattue, entre autres, par les techniciens des fédérations de chasse.

Figure 16. Illustration de parcelles morcelées autour de l'élevage de Saint-Bazile-de-Meyssac : alternance de pâtures et de bosquets, favorisant entre autres les contacts entre les bovins et la faune sauvage



Source : photographie personnelle

4.5. Les hypothèses de lutte contre la tuberculose bovine chez les bovins (BENET JJ, professeur émérite de maladies contagieuses (ENVA), communication personnelle (octobre 2013))

4.5.1. Le dépistage généralisé

Comme déjà dit précédemment, la réalisation systématique du test d'intradermotuberculination n'est pas envisageable en raison d'un risque d'erreurs par excès trop élevé et aux conséquences économiques non négligeables (blocage inutile d'exploitations, abattage diagnostique d'animaux non tuberculeux).

4.5.2. Le dépistage ciblé

Il présente l'avantage d'alléger la charge de travail des vétérinaires et des éleveurs, en comparaison au dépistage systématique. De ce fait, ces derniers pourront y consacrer le temps nécessaire et la qualité du dépistage s'en trouvera améliorée. Précisons que la standardisation des protocoles de détection de la maladie permettrait également de faire progresser la qualité

du dépistage : en effet, les réglementations européenne et française divergent quant à la mesure du pli de peau lors de la réalisation de l'IDS, la première l'imposant et la deuxième ne l'imposant pas, pour le moment.

Le dépistage ciblé semble donc plus raisonnable d'application que le dépistage généralisé ; il nécessite néanmoins de définir avec précision les « cibles » du test. Les enquêtes épidémiologiques doivent donc être menées de façon rigoureuse (voir paragraphe 4.5.5. ci-après) afin de savoir si de véritables liens épidémiologiques existent entre les différents élevages. Par exemple, ce n'est pas parce qu'un élevage est situé dans une commune voisine de celle où se trouve un élevage reconnu infecté qu'il est forcément en lien épidémiologique avec ce dernier. En effet, il faut s'assurer que les deux élevages aient, par exemple, des pâtures voisines ; si oui, est-ce que les animaux ont été voisins de pâture au même moment ; si c'est le cas, est-ce que l'élevage infecté possédait des animaux excréteurs et des contacts mufler à mufler sont-ils possibles ?

La rigueur exigée par ces enquêtes épidémiologiques implique que de nombreuses personnes, expérimentées, y consacrent du temps. Il n'est pas toujours possible de réunir ces trois « éléments clés », ce qui implique que de nombreux cheptels sont inutilement inclus dans les enquêtes épidémiologiques et que le test d'intradermotuberculation perd de sa spécificité.

4.5.3. Le dépistage à l'achat

Les remarques à son sujet ont été développées dans le paragraphe 4.2. ci-dessus.

4.5.4. L'inspection des carcasses à l'abattoir

C'est le seul mode de dépistage qui peut être appliqué en routine. Cependant, sa qualité s'est dégradée ; des mesures sont néanmoins entreprises pour le revaloriser. Il faut que chaque département ait confiance dans la qualité du système global de détection par abattoir. Pour l'instant, nous ne disposons pas encore d'indicateurs permettant d'avoir un suivi de la qualité de ce système.

Supposons que cette qualité soit optimale ; la détection de la tuberculose à l'abattoir reste néanmoins un test peu sensible : en effet, il faut que la lésion soit visible pour dire qu'un animal est suspect d'être infecté. Sachant que les lésions se mettent en place progressivement, la détection d'animaux tuberculeux à l'abattoir ne peut être que tardive et il y aura des animaux infectés qui ne seront pas détectés, soit parce que les lésions ne sont pas détectables au moment de l'inspection, soit parce qu'elles n'ont pas été observées.

Actuellement, nous ne connaissons pas la valeur exacte de la sensibilité de la détection de la tuberculose bovine à l'abattoir. Les rares études disponibles révèlent des valeurs plutôt faibles : de 25% aux Etats-Unis d'Amérique (APHIS, 2009) à 50% en Grande-Bretagne (CORNER, 1994 ; COUSINS, 2001).

Finalement, nous pouvons dire que le résultat produit par l'inspection des carcasses à l'abattoir dans le cadre du dépistage de la tuberculose bovine est « normalement » tardif. Il n'y a qu'une infime probabilité de découvrir un foyer en début d'évolution : les foyers évolutifs sont beaucoup moins fréquents que les foyers stabilisés.

4.5.5. Des enquêtes épidémiologiques de qualité

Dans un premier temps, il faut apprécier de façon objective le risque infectieux du foyer détecté : est-ce que les animaux étaient excréteurs ou non ?

Ensuite, il faut apprécier les risques de dissémination à partir de ce foyer, en recensant tous les mouvements de bovins à partir du foyer, de façon à identifier les élevages ainsi reliés.

Se pose ensuite la question de savoir ce qui va être mis en pratique dans les élevages ayant acquis un ou plusieurs bovins en provenance de cet élevage infecté. Au minimum, il faut tuberculiner les animaux en question, tout en sachant qu'ils peuvent être infectés et ne pas réagir. Les animaux en contact avec eux peuvent également être soumis au test d'intradermotuberculination : cela permettra de supposer fortement que les animaux introduits sont infectés dans le cas où ces derniers sont infectés, excréteurs et non détectés. Mieux vaut éviter de tuberculiner de façon systématique tous les bovins de ces élevages destinataires car nous risquons de trouver des bovins « réagissants » (des faux-positifs), qui devront être éliminés, et ce qui aura des conséquences financières (en terme d'indemnisation), mais remettra aussi en cause la crédibilité du plan de lutte.

Il n'est pas évident d'apporter aux acteurs de terrain des réponses précises sur les mesures à mettre en œuvre dans ces élevages en lien épidémiologique avec un élevage reconnu infecté car, en terme de tuberculose bovine, nous sommes dans une situation dite de « signal faible dans un univers de bruit de fond élevé ». En Dordogne, la recommandation est d'éliminer les bovins ainsi introduits depuis moins d'un an (abattage diagnostique, indemnisé par le GDS 24), en s'appuyant toutefois sur une grille empirique d'appréciation du risque ; en cas de refus sont pratiqués les tests de l'interféron γ et d'intradermotuberculination. Cette recommandation découle des travaux menés par PALISSON (2012) dans ce département : la grande majorité des foyers secondaires a été découverte dans un délai relativement court (moins d'un an : OR = 17,5 ; p = 0,003) après le mouvement des animaux. Le fait que des foyers secondaires puissent être liés à un foyer plus longtemps après le mouvement (6 ans et plus : OR = 3,2 ; p = 0,006 ; pas d'effet significatif pour les périodes intermédiaires) est suffisamment rare (bien qu'établi de façon formelle) pour ne pas remettre en question cette conception nouvelle du plan de lutte. Il ne reste qu'à en admettre la limite patente d'un risque de persistance à très bas bruit de la tuberculose (à l'échelle nationale) ; mais nous pouvons espérer que localement (à l'échelle d'un département), cette probabilité sera suffisamment faible pour ne pas être réalisée compte tenu de la plus faible taille de la population concernée.

Pour l'instant, les travaux en cours ne permettent pas de donner de recommandations plus valides que celles actuellement en usage en Dordogne.

4.5.6. La surveillance de la faune sauvage

Elle se fait selon les modalités définies par le dispositif Sylvatub (voir première partie, paragraphe I.5.1.2.).

Ces modalités, qui viennent s'ajouter à celles décrites précédemment, confèrent à la faune sauvage un rôle de sentinelle de l'infection des animaux domestiques. Cette conception est progressivement reconnue comme un élément majeur de la surveillance de la tuberculose bovine dans les cheptels bovins par différents pays (Nouvelle-Zélande, Etats-Unis).

4.5.7. Entre réglementation et réalité de terrain

Comment trouver, sur le terrain, un équilibre entre l'application à la lettre, en toute rigueur, de la réglementation qui vise la maîtrise du risque tuberculose, et la prise en compte de la nécessité de déroger à cette réglementation pour tous les cas où le risque est hypothétique ?

Dans les départements pour lesquels l'expérience n'est pas suffisante (et c'est le cas d'un grand nombre de départements où des cas sporadiques apparaissent), il faut pouvoir disposer d'un potentiel d'expertise que ne possèdent pas les acteurs de terrain.

C'est pourquoi la solution des « experts » a été envisagée : un comité composé de cinq personnes de compétence reconnue a été nommé en 2009 par la DGAI (Jean-Jacques BENET - président, Maria-Laura BOSCHIROLI, Barbara DUFOUR, Bruno GARIN-BASTUJI et Jean HARS). Ce comité est principalement intervenu en Côte-d'Or et en Dordogne mais ne pouvait absolument pas faire face aux besoins du reste du pays.

Une série de groupes de travail a alors été mise en place, orchestrée par la DGAI, composée de représentants des différents groupes professionnels et de diverses personnalités scientifiques compétentes. L'objectif est de produire les éléments de réflexion nécessaires à la production de la réglementation, de fournir les outils nécessaires à l'action sur le terrain : le travail est toujours en cours, bien que des Notes de Services (interféron gamma) aient commencé d'être produites.

Ensuite, la France a été découpée en grands secteurs dans lesquels un ISPV est en charge de centraliser, coordonner toutes les actions de terrain de lutte contre la tuberculose : lorsque des équipes sont confrontées à une difficulté, elles doivent se tourner vers ce référent (qui lui-même continue d'être en relation avec les membres de la mission d'experts, même si cette mission a été dissoute en 2012).

Enfin, la plateforme nationale d'épidémiologie en santé animale, dont la création est une production directe des Etats Généraux du Sanitaire, vise à apporter tout l'appui technique et scientifique permettant la mise en place d'un plan de lutte cohérent et efficace.

4.5.8. Conclusion

Finalement, le problème de la tuberculose bovine a été ignoré à la fin des années 90, puis a été considéré comme résolu à partir du moment où la France a été reconnue indemne ; ce qui, croyait-on à l'époque, n'allait pas manquer de se traduire par une incidence nulle, a conduit à une réglementation progressivement en retrait du point de vue classique de la recherche des élevages tuberculeux, et cherchant au contraire à promouvoir une nouvelle conception reposant sur le développement de la qualité sanitaire. Cela signifie que le plan historique de lutte (dépistage systématique périodique par IDT, ou continu mais occasionnel par inspection à l'abattoir, conduisant à l'assainissement des élevages infectés ainsi découverts, combiné à la protection des élevages indemnes par visite d'achat, comportant une IDT) a été remplacé par une nouvelle conception reposant sur la surveillance permanente de la maladie à l'abattoir, permettant la découverte éventuelle de foyers de tuberculose bovine, à partir desquels des enquêtes épidémiologiques approfondies peuvent conduire à la réalisation de dépistages ciblés par IDT, les « cibles » étant les élevages ayant introduit, depuis un an au

plus, un ou plusieurs animaux provenant de cheptels reconnus infectés. De plus, le réseau Sylvatub, centré sur la surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage, constitue un moyen complémentaire de détection de foyers bovins, la faune sauvage ne se contaminant (en France tout au moins) qu'à partir de foyers bovins.

Cette nouvelle conception peut déconcerter à double titre : tout d'abord, elle apporte un changement des "valeurs sûres", ancrées dans les habitudes ; ensuite, elle est associée à une augmentation de la part d'incertitudes reconnues. Ceci est l'effet paradoxal d'une meilleure connaissance : *"plus la science accroît le cercle de ses connaissances et plus grandit, autour, le cercle d'ombre"* (Henri POINCARÉ in PINEAU, 2013).

Nous en sommes là où la conscience collective a permis la mobilisation de tous les professionnels pour mettre en place toutes les ressources nécessaires.... Cependant, cette énorme machine va nécessiter de nombreuses années avant de produire l'ensemble des résultats qui sont nécessaires aujourd'hui. C'est une course de vitesse engagée depuis très longtemps (la faune sauvage qui se développe, les flux commerciaux entre élevages, l'évolution de la taille des élevages..., autant de facteurs rappelés antérieurement), dans laquelle les actions de lutte n'ont démarré il n'y a que quelques petites années.

Pour le moment, nous ne disposons pas de réponses suffisamment claires pour répondre aux besoins immédiats du terrain concernant le problème concret suivant : que faire très précisément pour chacun des élevages concernés (de plus ou moins près ou de loin) par l'apparition d'un ou de plusieurs foyers de tuberculose dans un département donné ?

SYNTHESE

Alors que certains départements français, tels que la Dordogne et la Côte-d'Or, connaissent une explosion des cas de tuberculose bovine dans les cheptels bovins, la Corrèze est plutôt confrontée à des cas sporadiques puisque six foyers ont été déclarés entre 2000 et 2012. La situation de ce département est donc bien moins préoccupante que celle de son voisin, la Dordogne, qui a enregistré plus de 100 foyers depuis 2004 ; cependant, la survenue de deux foyers en 2010, à deux mois d'intervalle et sur deux communes limitrophes, a suscité une vive inquiétude de la part des autorités sanitaires départementales.

En Corrèze, les foyers se répartissent entre les périphéries nord, ouest et sud du département.

Seul un spoligotype, F6, est commun à trois foyers, sans pour autant qu'une contamination par voisinage ait été mise en évidence. En effet, l'origine de la présence de la maladie dans les cheptels semble être liée, dans la majorité des cas, à l'introduction de bovins porteurs de *M. bovis*.

Les facteurs de risque de transmission de la tuberculose liés aux bovins comme la densité de bovins, le type d'élevage, les caractéristiques des lésions, certaines pratiques d'élevage, peuvent jouer un rôle épidémiologique important. En Corrèze, le fait que tous les cheptels infectés soient de type allaitant, que les parcellaires des exploitations soient très morcelés, qu'il y ait des échanges de bovins et de matériels, participe à augmenter le risque d'entretien et de propagation de la maladie.

II- Enquête épidémiologique sur la présence de la tuberculose à *M. bovis* dans la faune sauvage en Corrèze durant la saison 2011-2012

Jusqu'à présent, aucune enquête de terrain n'a été conduite dans le département de la Corrèze pour évaluer la présence de la tuberculose bovine chez les espèces sauvages. De plus, compte-tenu des récents foyers bovins détectés dans le département, des facteurs de risque de transmission de *M. bovis* liés aux bovins mis en évidence, et du rôle de la faune sauvage dans l'épidémiologie de la maladie, constaté notamment en Dordogne, département voisin de la Corrèze, il apparaissait nécessaire de savoir si la faune sauvage corrézienne était porteuse de *M. bovis*. L'objectif de cette partie est donc de connaître la situation de la Corrèze vis-à-vis de la tuberculose bovine dans la faune sauvage.

Notre rôle dans cette enquête a été de superviser le protocole et d'analyser les résultats obtenus.

1. Cadre spécifique de l'enquête épidémiologique

Cette enquête épidémiologique visant à évaluer la présence de la tuberculose bovine au sein de la faune sauvage corrézienne est à l'initiative de la directrice du GCDS, le Docteur Christelle ROY. Cette dernière a mis en place le protocole et s'est entourée de nombreux partenaires nécessaires à sa réalisation, à savoir :

- le Conseil Général, qui assure la moitié du financement de l'enquête (le GCDS finançant l'autre moitié) ;
- le Laboratoire Départemental d'Analyses de la Corrèze (LDA 19),
- l'Unité Zoonoses Bactériennes (Laboratoire National de Référence pour la tuberculose) du laboratoire de santé animale de l'ANSES à Maisons-Alfort,
- la Fédération Départementale des Chasseurs de la Corrèze (FDC 19),
- les sociétés de chasse corréziennes et les chasseurs formés à l'examen initial de la venaison,
- les lieutenants de louveterie,
- l'association des piégeurs et déterreurs,
- l'Office National de la Chasse et de la faune Sauvage (ONCFS),
- la Mutualité Sociale Agricole (MSA),
- les vétérinaires,
- le service de la santé, de la protection animale et de l'environnement de la DDCSPP

19.

Il faut préciser que le Docteur ROY a débuté sa réflexion sur le protocole avant que ne paraisse la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 le 20 Septembre 2011, qui présente le réseau Sylvatub et les modalités de surveillance de la tuberculose dans la faune sauvage pour la saison 2011-2012. Ainsi, le Dr ROY a tenté de respecter au mieux les recommandations figurant dans cette note de service, tout en tenant compte de son projet initial.

2. Matériels et méthodes

2.1. Les espèces à étudier

D'après la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20 Septembre 2011, la surveillance doit s'exercer sur les espèces qui ont été trouvées les plus infectées par *M. bovis* en France et qui sont susceptibles de constituer un réservoir sauvage (sous réserve de conditions démographiques et environnementales prédisposantes), c'est à dire le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), le sanglier (*Sus scrofa*) et le blaireau (*Meles meles*).

Comme dit précédemment, le cerf et le blaireau sont considérés comme des réservoirs primaires de tuberculose dans plusieurs pays (Etats Unis pour le premier, Iles Britanniques pour le second). Le sanglier est l'espèce sauvage autochtone la plus réceptive à la tuberculose et il est admis qu'elle constitue une excellente sentinelle épidémiologique de la présence de *M. bovis* chez d'autres espèces (domestiques ou sauvages) ou dans le milieu naturel, d'où l'intérêt de la surveiller.

Le Dr ROY a également souhaité ajouter à cette liste le chevreuil (*Capreolus capreolus*) et les micromammifères. Le chevreuil a été trouvé porteur de *M. bovis* en Forêt de Brotonne et en Dordogne. En Grande-Bretagne, la maladie est présente chez de nombreux micromammifères (voir première partie, II, 2.1).

2.2. Période d'étude

Les prélèvements sur cerfs, chevreuils et sangliers ont eu lieu durant la période légale d'ouverture de la chasse dans le département, soit du 22/10/11 au 29/02/12 au soir pour le cerf, du 11/09/11 au 26/02/12 au soir pour le chevreuil et du 11/09/11 au 29/01/12 au soir pour le sanglier (certaines communes étant prolongées jusqu'au 26/02/2012).

Pour le blaireau, un arrêté préfectoral fut rédigé afin d'autoriser sa capture du 13/06/2012 au 30/09/2012. Les blaireaux collectés sur le bord des routes l'ont été durant toute la saison 2011-2012 ; le déterrage a été pratiqué durant la période autorisée (du 15/09 au 15/01 et période complémentaire du 15/05 au 15/09).

Pour les micromammifères, les prélèvements ont eu lieu durant l'été 2012.

2.3. Zone d'étude

2.3.1. Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier

Le territoire d'étude correspondait à l'ensemble du département de la Corrèze, divisé en onze sous-unités, appelées « Pays de Chasse » (Figure 17).

Figure 17. Zone de prélèvement des cerfs, chevreuils et sangliers : les 11 Pays de Chasse du département de la Corrèze



Source : FDC 19

2.3.2. Pour le blaireau

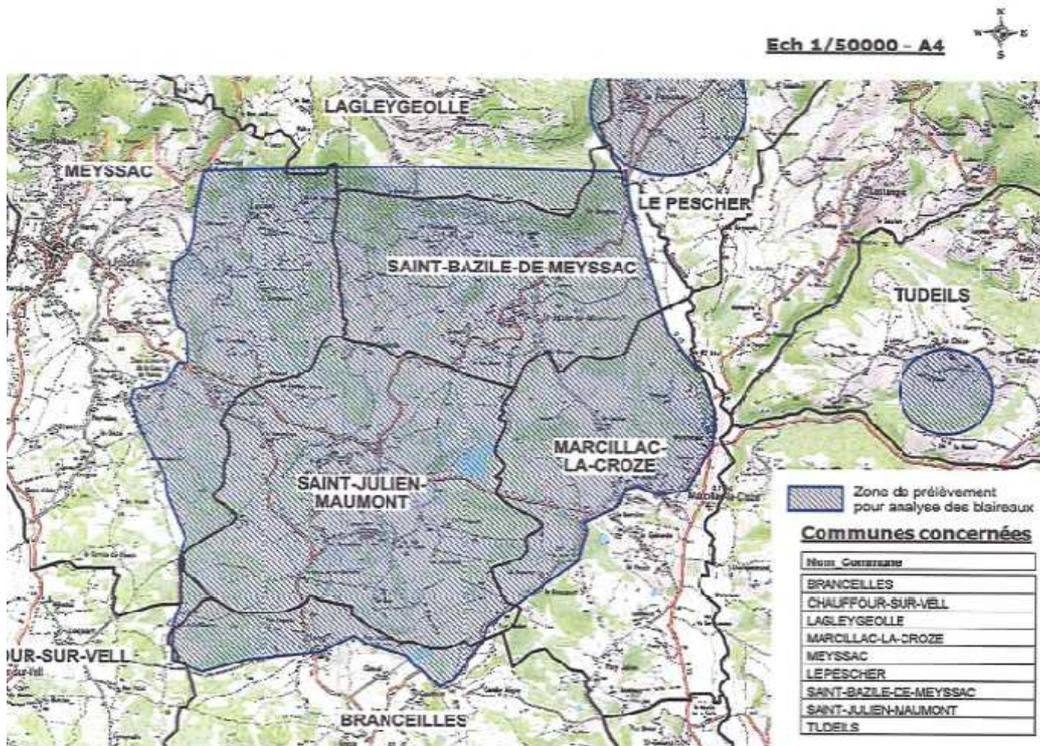
Le territoire d'étude a été défini par arrêté préfectoral en date du 13 Juin 2012 : les opérations de prélèvement ont été ordonnées autour des bâtiments d'élevage et des parcelles des cheptels bovins trouvés infectés en 2010, et sur des territoires déterminés des communes de Branceilles, Chauffour-sur-Vell, Lagleygeolle, Marcillac-la-Croze, Meyssac, Le Pescher, Saint-Bazile-de-Meyssac, Saint-Julien-Maumont et Tudeils (Figure 18).

De plus, les blaireaux trouvés accidentés sur le bord des routes du département ont été intégrés à l'étude, de même que les blaireaux tués lors des campagnes de déterrage ayant eu lieu sur le territoire corrézien.

2.3.3. Pour les micromammifères

Le territoire d'étude se voulait limité aux zones situées en périphérie des foyers bovins.

Figure 18. Zone de prélèvement des blaireaux, définie par arrêté préfectoral



Source : Arrêté préfectoral ordonnant la capture de blaireaux à des fins de dépistage de la tuberculose bovine dans certaines communes de la Corrèze, en date du 13 Juin 2012

2.4. L'échantillonnage

2.4.1. Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier

2.4.1.1. Evaluation des effectifs

Pour définir l'échantillon de cerfs, de chevreuils et de sangliers à étudier, il convient tout d'abord d'avoir une estimation des populations présentes dans la zone d'étude, à savoir l'ensemble du département. Cette estimation est essentiellement faite grâce à l'analyse des tableaux de chasse.

2.4.1.2. Détermination de l'échantillon de cerfs, de chevreuils et de sangliers en fonction de la prévalence d'infection

La Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 précise que, pour avoir un bon pouvoir de détection d'une contamination de la faune sauvage dans une zone au statut inconnu, il convient d'examiner et d'analyser un échantillon de chaque espèce sauvage présente permettant de détecter une prévalence cible de 3%, avec un risque d'erreur de 5%.

L'effectif de l'échantillon nécessaire pour avoir 95% de chance de détecter une infection dans une population, avec une prévalence de 3%, peut être connu en nous référant à

la table établie d'après la loi hypergéométrique figurant dans l'ouvrage d'épidémiologie appliquée de TOMA *et al.* (1991) et fournie également en annexe 7 de la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 (Annexe 1).

Ainsi, ces recommandations fournies par la Note de Service nous ont permis d'ajuster les effectifs des échantillons de cerfs, de chevreuils et de sangliers établis par le Docteur ROY (Tableau 12).

Tableau 12. Objectifs de prélèvements en cerfs, chevreuils et sangliers pour la campagne 2011-2012

	Effectif total dans le département	Effectif de l'échantillon, proposé par le Docteur ROY *	Effectif de l'échantillon, avec une prévalence cible de 3% et un risque d'erreur de 5%
Cerfs	1300	55	94
Chevreaux	9330	85	98
Sangliers	4822	70	97

* : en raison du financement et des tableaux de chasse obtenus les années précédentes

2.4.1.3. Structuration de l'échantillon

Sur le plan épidémiologique, il est important de savoir si les animaux s'infectent jeunes. La prévalence doit logiquement augmenter avec l'âge et le taux d'infection des adultes nous intéresse en premier lieu. Ainsi, les échantillons doivent être constitués de façon à obtenir une représentativité équilibrée de jeunes et d'adultes. La Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 recommande donc d'inspecter, chez le cerf, 50% d'animaux de moins de 2 ans et 50% de biches et de cerfs adultes. Chez le sanglier, étant donné qu'il est difficile de déterminer l'âge de façon précise, elle recommande de prélever 50% d'animaux de moins de 50 kg (considérés comme jeunes) et 50% d'animaux de plus de 50 kg (considérés comme adultes). La Note de Service ne faisant pas mention du chevreuil, il a été décidé de suivre les recommandations émises pour le cerf.

Ces recommandations quant à la structuration des échantillons, fournies par la Note de Service, nous ont conduits à modifier les fiches de prélèvement établies par le Docteur ROY, en ajoutant, dans les commémoratifs concernant les cerfs et les chevreuils, l'âge des animaux prélevés, et dans les commémoratifs concernant les sangliers, le poids des animaux prélevés.

2.4.2. Pour le blaireau

L'arrêté préfectoral en date du 13 Juin 2012 précise que « l'objectif de la surveillance est dans la mesure du possible de prélever un individu de chaque terrier inclus et réparti dans le périmètre de surveillance et de se limiter à un effectif total de 15 blaireaux par foyer bovin, soit 30 blaireaux pour les 2 foyers surveillés ».

Aucune structuration de l'échantillon n'a été envisagée bien que la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 recommande de destiner à l'analyse en priorité les blaireaux adultes.

Il a été décidé d'analyser, en plus des 30 blaireaux définis par l'arrêté préfectoral, les blaireaux trouvés morts sur le bord des routes par le Docteur ROY et le personnel du GCDS, au cours de leurs déplacements, à condition que leur état de conservation ne soit pas trop altéré, ainsi que les blaireaux tués lors des campagnes de déterrage. L'objectif était d'obtenir, *via* ces deux modalités de prélèvement, une centaine d'animaux.

2.4.3. Pour les micromammifères

Il a été décidé de faire analyser une centaine d'individus (hermine, putois, fouine, martre, musaraigne commune, mulot fauve, mulot sylvestre, campagnol agreste, campagnol des champs, campagnol roussâtre), prélevés autour des bâtiments d'élevage et sur les parcelles des cinq foyers bovins (le foyer de Saint-Julien-le-Vendômois n'étant pas inclus dans le protocole car en cours de confirmation à l'époque des prélèvements).

2.4.4. Synthèse sur l'échantillonnage

L'objectif d'échantillonnage est résumé dans le Tableau 13.

Tableau 13. Taille des échantillons et zone de prélèvement des espèces sauvages pour la recherche de la tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

	Effectif total dans le département	Effectif de l'échantillon, avec une prévalence cible de 3% et un risque d'erreur de 5%	Zone de prélèvement
Chevreaux	9330	98	Ensemble du département
Cerfs	1300	94	
Sangliers	4822	97	
Blaireaux	6000	30 <i>via</i> l'arrêté préfectoral + 100 (ceux trouvés morts sur le bord des routes et ceux déterrés)	Autour des 2 foyers bovins de 2010 + ensemble du département
Micromammifères	?	100	Autour des 5 foyers bovins

2.5. Protocole de terrain

2.5.1. Pour le cerf, le chevreuil et le sanglier

Une fois les effectifs d'échantillon établis, le Docteur ROY a transmis ces derniers aux techniciens de la FDC 19 afin qu'ils répartissent le nombre d'animaux à prélever entre les différentes sociétés de chasse corréziennes.

Le Docteur ROY a également fait parvenir à la FDC 19 le matériel nécessaire à la réalisation et au conditionnement des prélèvements (des masques fournis par la MSA, des sacs fournis par le LDA), ainsi que les fiches de prélèvement, numérotées, devant accompagner chaque prélèvement jusqu'au laboratoire. Les techniciens de la FDC se sont chargés de transmettre le matériel et les fiches à chacune des sociétés de chasse qu'ils comptaient faire participer à l'étude.

Les fiches de prélèvement comprenaient (Annexe 2, Annexe 3, Annexe 4) :

- une partie concernant les commémoratifs de l'animal prélevé (date à laquelle l'animal a été tué, commune sur laquelle il a été tué, son sexe, son âge, son poids, son état général, le nom et les coordonnées de la personne qui a réalisé les prélèvements) ;
- une partie concernant les prélèvements à réaliser, les modalités de conditionnement et d'acheminement au laboratoire : il était demandé aux chasseurs de prélever la tête de l'animal en la sectionnant au plus près du thorax et de fournir, si possible, la masse pulmonaire. L'ensemble devait être placé dans deux sacs fermés hermétiquement, la fiche de prélèvement devant être agrafée au sac. Les prélèvements devaient être conservés au froid avant que les chasseurs ne les déposent chez le vétérinaire le plus proche et ayant accepté de participer à l'étude. La navette du GCDS, qui passe chez les vétérinaires entre deux et trois fois par semaine pour récupérer des prélèvements effectués dans le cadre de leur pratique quotidienne, se chargeait de transporter les sacs jusqu'au laboratoire d'analyses.

Une fois que le LDA 19 avait procédé aux prélèvements de nœuds lymphatiques sur les têtes et masses pulmonaires reçues, il envoyait par fax au GCDS les fiches de prélèvement de chaque animal, afin que les données concernant ce dernier puissent être centralisées. Il procédait de la même façon une fois les résultats de la culture bactérienne connus.

2.5.2. Pour le blaireau

L'arrêté préfectoral ordonnant la capture de 30 blaireaux autour des deux foyers de 2010 précise que cette opération est placée sous la responsabilité du lieutenant de louveterie du canton de Meyssac et, que ce dernier peut se faire assister d'autres lieutenants de louveterie ou, le cas échéant, de piégeurs habilités ou de chasseurs. L'arrêté autorise les moyens de prélèvements suivants :

- les collets à arrêtoir, qui doivent être visités tous les matins par le piégeur ou un préposé désigné par lui, au plus tard dans les deux heures qui suivent le lever du soleil ;
- le tir à l'affût et de jour, par des chasseurs titulaires d'un permis de chasser valide et sous la responsabilité du lieutenant de louveterie ;
- les tirs de nuit avec utilisation de sources lumineuses ;
- le déterrage, pratiqué par des équipages de vénerie sous terre lorsque les conditions géologiques sont favorables.

Les blaireaux prélevés ont été identifiés à l'oreille par une boucle individuelle numérotée, placés dans des sacs étiquetés et numérotés à l'identique, ces numéros étant également reportés sur une fiche de commémoratifs par blaireau (Annexe 5). Les sacs et les fiches de commémoratifs ont été mis à la disposition du lieutenant de louveterie et acheminés le plus rapidement possible vers le LDA à des fins d'analyse.

Les modalités de mise en œuvre des prélèvements (fourniture des collets,...), les documents à utiliser, les modalités d'acheminement des prélèvements au LDA sont décrits dans une convention passée entre le directeur de la DDSCPP, le président de l'association des piégeurs agréés, le représentant des lieutenants de louveterie, le président de la FDC, le président de l'association des équipages de vénerie sous terre et le directeur du LDA.

Les blaireaux accidentés sur le bord des routes, et collectés par le Docteur ROY ou les membres de son personnel, ont été acheminés au LDA par ces personnes elles-mêmes, qui disposaient dans leur voiture de sacs de prélèvement et de fiches de commémoratifs numérotées (Annexe 6). Les blaireaux collectés par les équipes de vénerie sous terre devaient être déposés au LDA par ces dernières, accompagnés de leurs fiches de prélèvement.

Que ce soit pour les blaireaux piégés dans le cadre de l'arrêté préfectoral, les blaireaux trouvés accidentés ou les blaireaux déterrés, le LDA faxait au GCDS les fiches de commémoratifs, dès que les prélèvements de nœuds lymphatiques avaient été effectués, et les résultats des analyses, dès qu'ils étaient connus.

2.5.3. Pour les micromammifères

Le prélèvement de ces espèces a été confié aux deux techniciens du service hygiène du GCDS car ces derniers interviennent sur l'ensemble du département : ils sont donc susceptibles de trouver des animaux accidentés sur le bord des routes (à prélever uniquement si leur état de conservation n'est pas altéré), ont accès facilement à certains micromammifères lors de leurs interventions (dératisation, détaupisation).

Des fiches ont été conçues pour les aider à identifier les micromammifères, des sacs et des fiches de prélèvement numérotées (Annexe 7) leur ont été fournis afin qu'ils puissent déposer les animaux au LDA. Là encore, ce dernier était chargé de communiquer les fiches de prélèvement et les résultats d'analyses par fax au GCDS.

2.5.4. Modalités de prélèvements et d'analyses

Les modalités de prélèvements et d'analyses sont expliquées dans le Tableau 14 ci-dessous.

La Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 précise que les tests disponibles pour le dépistage de la tuberculose au laboratoire sont la culture bactérienne et la PCR. Dans la faune sauvage, la culture reste la méthode de référence car elle a une bonne sensibilité, une bonne spécificité et elle permet le typage des souches isolées.

Précisons que l'arrêté préfectoral prévoyait de réaliser uniquement la culture bactérienne sur les blaireaux capturés, mais le GCDS a demandé en supplément des analyses par PCR, qu'il a prises en charge.

Tableau 14. Modalités de prélèvements et d'analyses des espèces prélevées dans le cadre de la recherche de la tuberculose bovine dans la faune sauvage corrézienne durant la saison 2011-2012

Espèces	Prélèvements	Soumis à analyse	Analyses
Cerf Chevreuil Sanglier	- Tête en coupe basse - Masse pulmonaire	- Un pool par animal contenant : • NL céphaliques (mandibulaires, rétropharyngiens) • NL pulmonaires (médiastinaux, trachéobronchiques) - Un pool par animal contenant d'éventuelles lésions pulmonaires	Culture systématique
Blaireau	Animal entier	- Un pool par animal contenant les NL céphaliques et pulmonaires - Un pool par animal contenant d'éventuelles lésions	- Culture et PCR systématiques pour les blaireaux capturés dans le cadre de l'arrêté préfectoral - Culture systématique pour les blaireaux accidentés sur la route et les blaireaux déterrés
Micromammifères	Animal entier	- Un pool par animal contenant les NL céphaliques et pulmonaires - Un pool par animal contenant d'éventuelles lésions	Culture systématique

NL = Nœuds lymphatiques

2.6. Les analyses de laboratoire

2.6.1. Protocole de culture (Annexe 8)

2.6.2. Protocole de PCR (Annexe 9)

2.6.3. Identification et typage des souches de *Mycobacterium*

L'ANSES de Maisons-Alfort est le Laboratoire National de Référence en ce qui concerne les mycobactéries. C'est pourquoi, dès qu'une croissance de mycobactéries sur le milieu de Loewenstein-Jensen est observée au LDA 19, les souches y sont envoyées afin qu'un typage soit effectué.

2.7. Traitement des données

Il était prévu d'effectuer le traitement statistique des données à l'aide du test du χ^2 . Les différences sont considérées comme significatives lorsque $p < 0,05$. Si les effectifs étaient inférieurs à 5, le test de Fischer serait alors utilisé.

Les intervalles de confiance seraient calculés à 5% de risque.

Les cartes permettant de localiser les lieux de prélèvements des différentes espèces sauvages ont été réalisées avec le logiciel GIMP 2. Ce dernier, ainsi que le fond de carte (comprenant les différentes communes et leurs limites), ont été fournis par le GCDS.

3. Résultats

3.1. Les cerfs

3.1.1. Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage

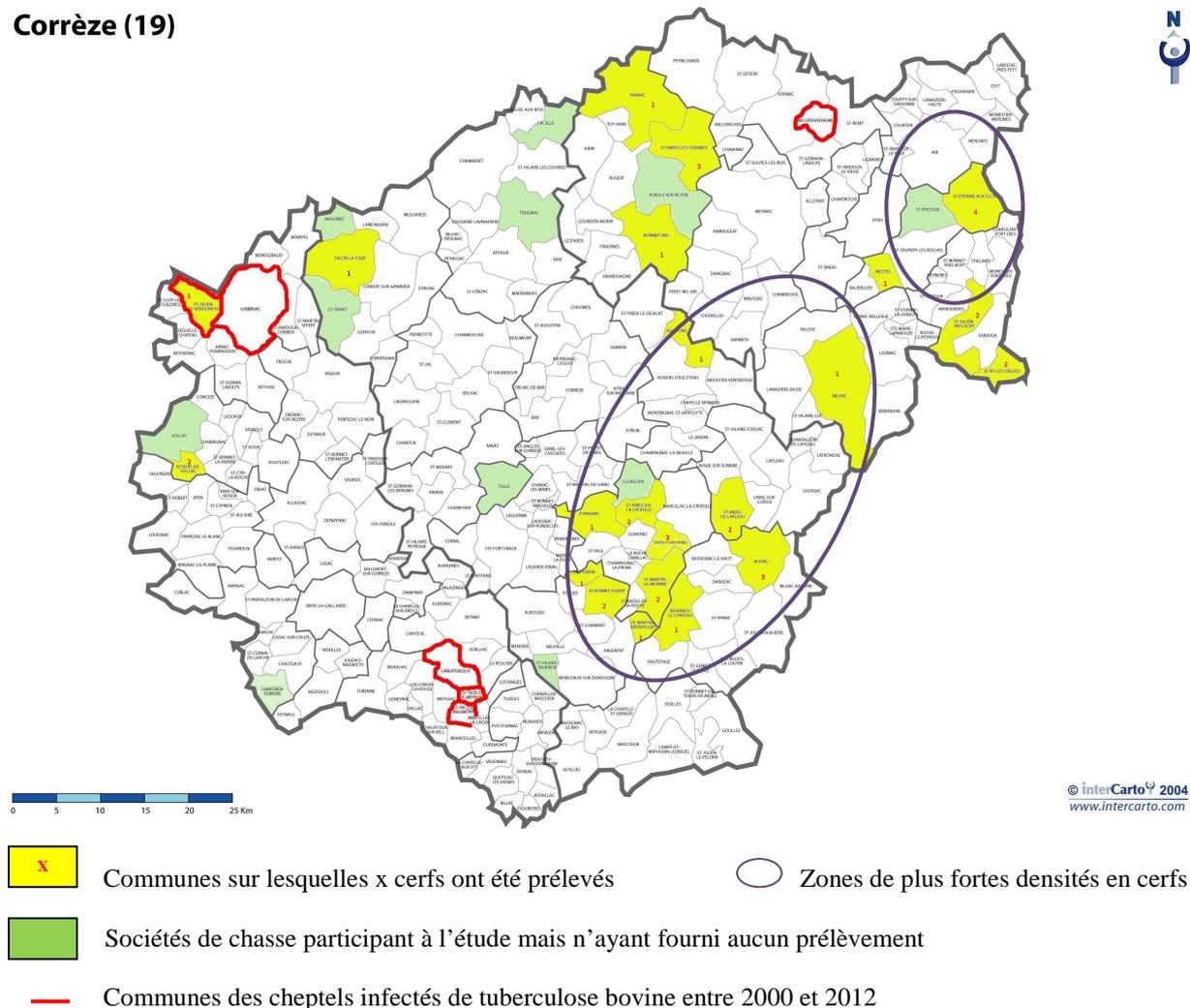
Au total, 38 cerfs ont été prélevés par des chasseurs en action de chasse, dont deux ont été prélevés dans le cadre du réseau SAGIR car ils présentaient des abcès purulents lors de l'incision abdominale, et l'un d'entre eux était de plus anormalement maigre.

Le nombre de cerfs analysés n'a pas atteint l'objectif fixé par le protocole puisque seulement 40% de cet objectif a été réalisé. Sur les 30 sociétés de chasse recrutées par la FDC pour collecter des cerfs, 11 (37%) n'ont fourni aucun prélèvement.

La Figure 19 illustre la répartition spatiale des cerfs analysés. Nous pouvons constater que la majorité des cerfs a été prélevée sur la façade est du département, puisque c'est à cet endroit qu'ils sont les plus présents en Corrèze, mais qu'un faible nombre d'animaux a été prélevé dans les zones pourtant bien peuplées en cerfs. Aucun cerf n'a été prélevé sur les communes des foyers bovins et sur les communes avoisinantes (excepté la commune de Saint-Julien-le-Vendômois mais le cerf a été collecté bien avant la découverte du foyer) : les sociétés de chasse n'ont, en effet, aucune, ou très peu, attribution de cerfs, et celles qui en ont n'ont pas forcément été recrutées par la FDC pour participer à l'étude.

Figure 19. Cartographie des cerfs analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

Corrèze (19)



Les jeunes cerfs sont sous-représentés (20%) par rapport aux objectifs fixés. Précisons que l'âge n'était pas mentionné sur les fiches de prélèvement de huit animaux.

Les proportions de mâles et de femelles analysés sont presque équivalentes (46% de mâles, 54% de femelles, sachant que le sexe n'était pas précisé pour un seul animal).

3.1.2. Résultat des analyses

Toutes les cultures bactériennes réalisées à partir des pools de nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires de chacun des 38 cerfs se sont révélées négatives.

Aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été découverte par le LDA lors de la réalisation des prélèvements de nœuds lymphatiques sur les têtes et les masses pulmonaires des cerfs. Les abcès présentés par les deux cerfs prélevés par SAGIR n'étaient pas des lésions évocatrices de tuberculose.

3.2. Les chevreuils

3.2.1. Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage

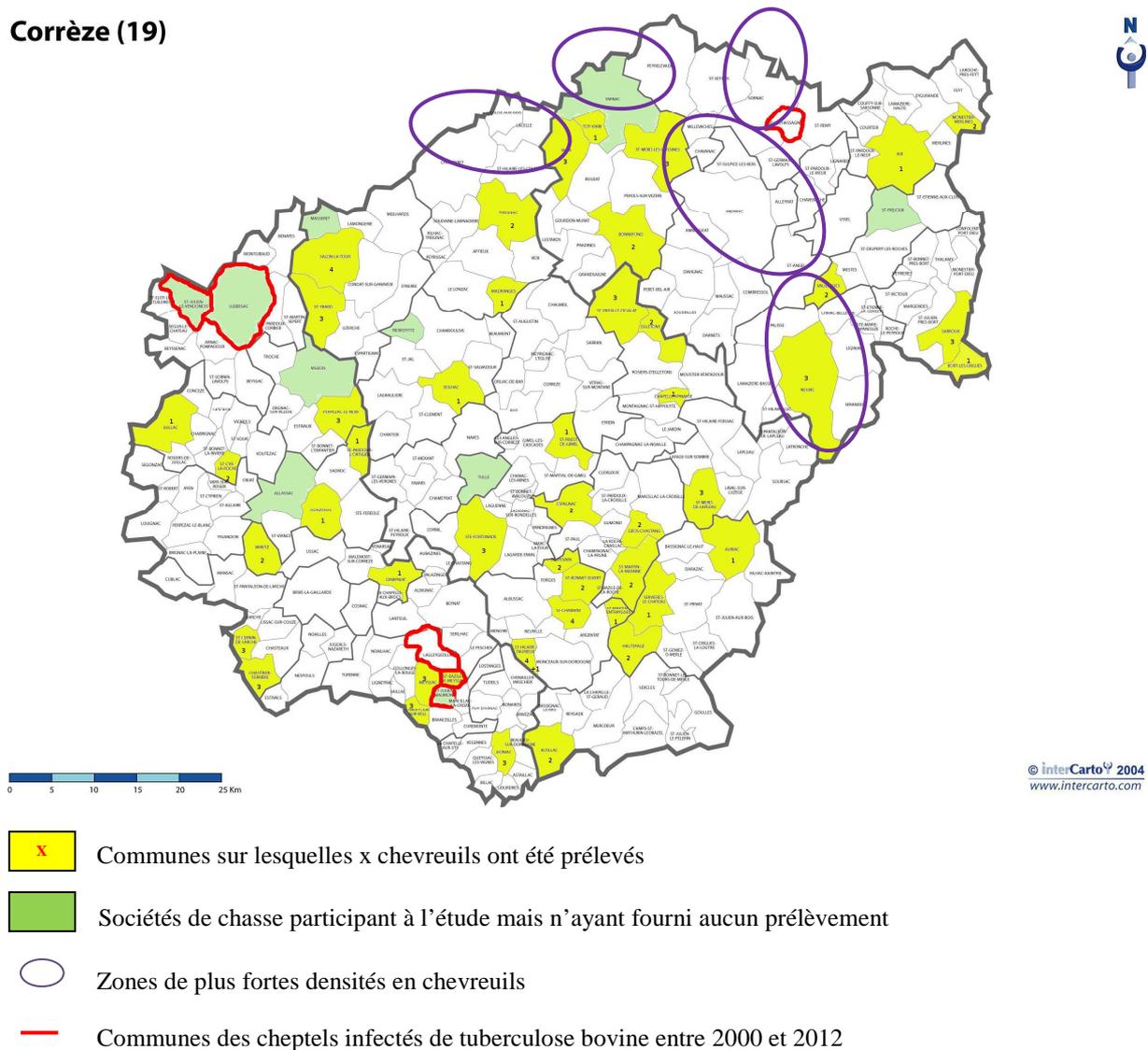
Les 98 chevreuils analysés ont été prélevés par des chasseurs en action de chasse sauf trois qui ont été collectés par le réseau SAGIR suite à la découverte d'un animal déjà mort et de deux autres vivants ayant été attaqués par des renards.

Le nombre de chevreuils analysés a atteint l'objectif fixé par le protocole puisque 100% de cet objectif a été réalisé. Cependant, sur les 49 sociétés de chasse recrutées par la FDC pour collecter des chevreuils, 10 (20%) n'ont fourni aucun prélèvement.

La Figure 20 illustre la répartition spatiale des chevreuils analysés.

Figure 20. Cartographie des chevreuils analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

Corrèze (19)



Ces derniers ont, globalement, été prélevés sur l'ensemble du département. Quelques chevreuils ont été collectés autour des foyers bovins se trouvant au sud de la Corrèze. Toutefois, aucun prélèvement de chevreuil n'a été réalisé sur les communes des foyers bovins de Saint-Julien-Maumont et de Lubersac (et *a posteriori* de Saint-Julien-le-Vendômois) alors que les sociétés de chasse de ces communes avaient été recrutées par la FDC par participer à l'étude.

Les jeunes chevreuils sont sous-représentés (24%) par rapport aux objectifs fixés. Précisons que l'âge n'était pas mentionné sur les fiches de prélèvement de quatorze animaux.

Les femelles sont également sous-représentées (40%) (avec trois animaux dont le sexe n'était pas précisé sur les fiches de prélèvement).

3.2.2. Résultat des analyses

Toutes les cultures bactériennes réalisées à partir des pools de nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires de chacun des 98 chevreuils se sont révélées négatives.

Aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été découverte par le LDA lors de la réalisation des prélèvements de nœuds lymphatiques sur les têtes et les masses pulmonaires des chevreuils. De plus, les chevreuils prélevés par le réseau SAGIR ne présentaient pas de lésions.

3.3. Les sangliers

3.3.1. Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage

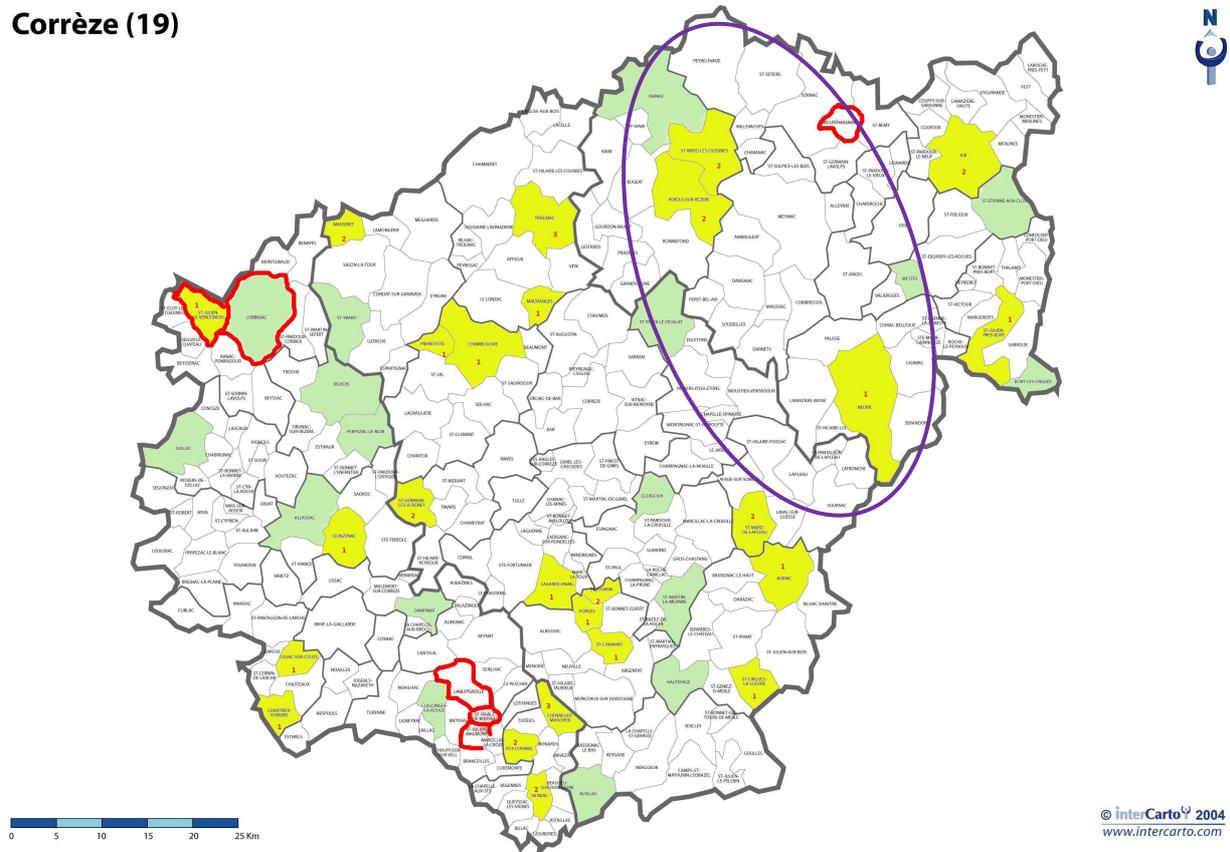
Un total de 38 sangliers a été prélevé par des chasseurs en action de chasse.

Le nombre de sangliers analysés n'a pas atteint l'objectif fixé par le protocole puisque seulement 39% de cet objectif a été réalisé. Sur les 37 sociétés de chasse recrutées par la FDC pour collecter des sangliers, 17 (46%) n'ont fourni aucun prélèvement.

La Figure 21 illustre la répartition spatiale des sangliers analysés.

Figure 21. Cartographie des sangliers analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

Corrèze (19)



- Communes sur lesquelles x sangliers ont été prélevés
- Sociétés de chasse participant à l'étude mais n'ayant fourni aucun prélèvement
- Zone de plus fortes densités en sangliers
- Communes des cheptels infectés de tuberculose bovine entre 2000 et 2012

Les sangliers prélevés l'ont été globalement sur l'ensemble du département mais il reste de nombreuses zones non exploitées. Là encore, très peu de prélèvements ont été réalisés sur les communes des cheptels infectés ou sur les communes avoisinantes, et ce, pour deux raisons : soit les sociétés de chasse de ces communes n'ont pas été incluses dans l'étude, soit les sociétés de chasse de ces communes n'ont pas réalisé les prélèvements qui leur avaient été demandés par la FDC (tout en sachant qu'elles ont, de plus, peu d'attributions de sangliers).

Les sangliers de plus de 50 kg (considérés comme adultes) sont sous-représentés (36%) ; le poids de 10 animaux n'était pas indiqué sur les fiches de prélèvement.

Les mâles sont sous-représentés (41%) par rapport aux femelles (59%), sachant qu'il n'y a qu'un seul animal pour lequel le sexe n'était pas mentionné.

3.3.2. Résultat des analyses

Toutes les cultures bactériennes réalisées à partir des pools de nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires de chacun des 38 sangliers se sont révélées négatives.

Aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été découverte par le LDA lors de la réalisation des prélèvements de nœuds lymphatiques sur les têtes et les masses pulmonaires des sangliers.

3.4. Les blaireaux

3.4.1. Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral, 14 blaireaux ont été collectés autour des deux foyers bovins de 2010 (5 sur la commune de Saint-Julien-Maumont, 2 sur la commune de Branceilles et sur la commune de Meyssac, 1 sur les communes de Marcillac-la-Croze, de Chauffour-sur-Vell et de Le Pescher ; précisons que la commune sur laquelle les prélèvements ont eu lieu n'est pas connue pour deux blaireaux). Ainsi, 50% de l'objectif a été atteint.

Viennent s'ajouter à ces 14 blaireaux, 5 blaireaux trouvés accidentés sur le bord de la route et 15 blaireaux tués lors d'une campagne de déterrage sur la commune de Lubersac.

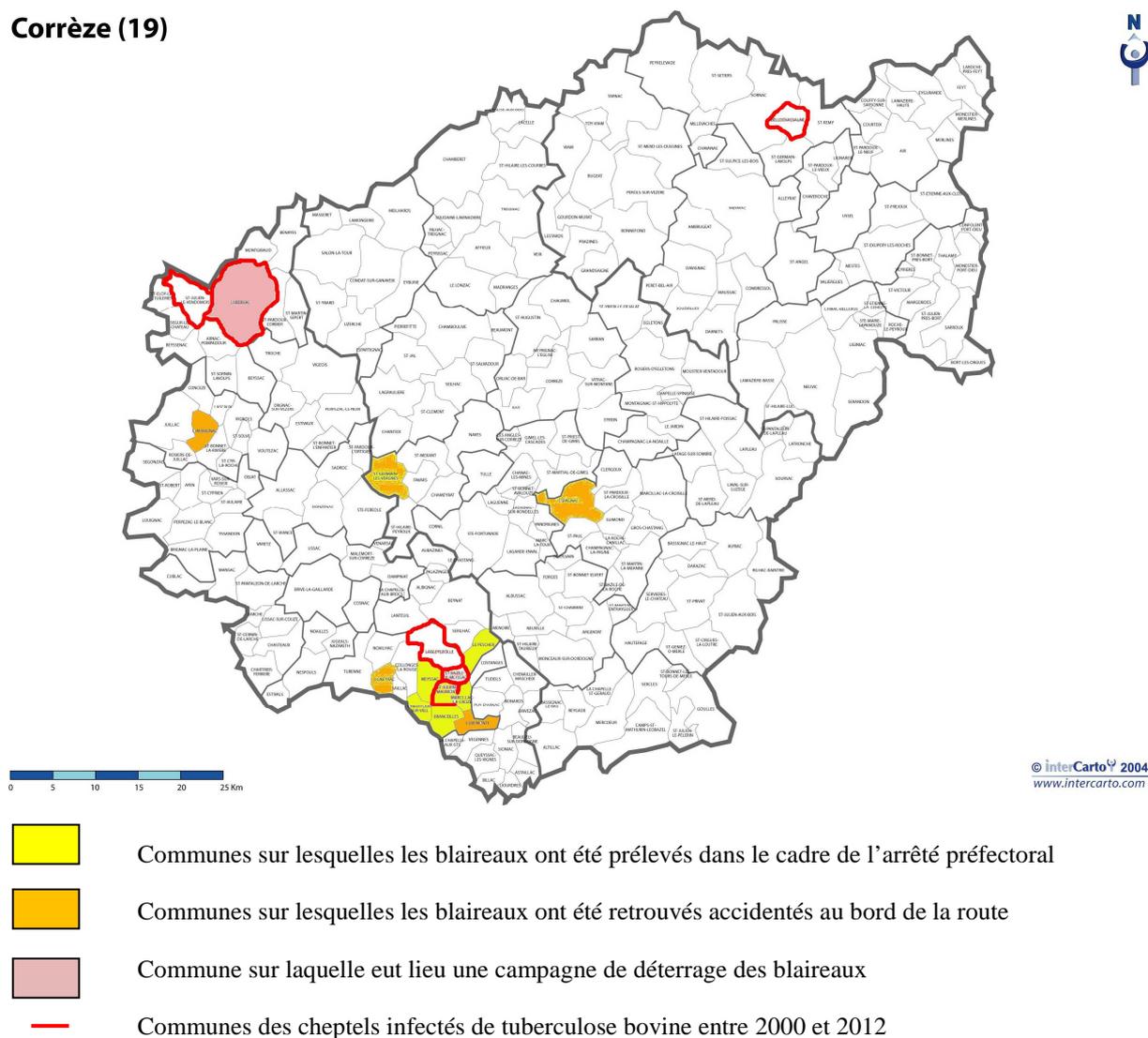
La Figure 22 illustre la répartition spatiale des blaireaux analysés.

Sur les 17 blaireaux dont nous disposons des fiches de prélèvements (aucune fiche de prélèvement n'a été renseignée pour les blaireaux déterrés), 53% étaient des femelles et 24% des mâles ; ces derniers sont donc sous-représentés. Précisons que le sexe n'était pas mentionné sur les fiches de prélèvements de 23% des animaux.

L'âge des blaireaux collectés n'est pas connu, soit parce qu'il n'était pas demandé de le préciser sur les fiches de prélèvement élaborées dans le cadre de l'arrêté préfectoral, soit parce que la personne qui a prélevé le blaireau sur le bord de la route n'a pas complété la case réservée à cette information sur la fiche de prélèvement.

Figure 22. Cartographie des blaireaux analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

Corrèze (19)



3.4.2. Résultat des analyses

Sur les 14 blaireaux prélevés dans le cadre de l'arrêté préfectoral, les analyses de laboratoire ont été impossibles à réaliser pour deux d'entre eux car leur état de conservation était trop altéré. Pour les douze autres, la culture bactérienne et la PCR réalisées à partir des pools de nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires de chacun d'entre eux se sont révélées négatives.

Les cinq blaireaux trouvés accidentés sur le bord de la route, de même que les quinze blaireaux tués lors de la campagne de déterrage, ont tous fourni une réponse négative à la culture bactérienne réalisée à partir des pools de nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires de chacun d'entre eux.

Aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été découverte par le LDA lors de la réalisation des prélèvements de nœuds lymphatiques.

3.5. Les micromammifères

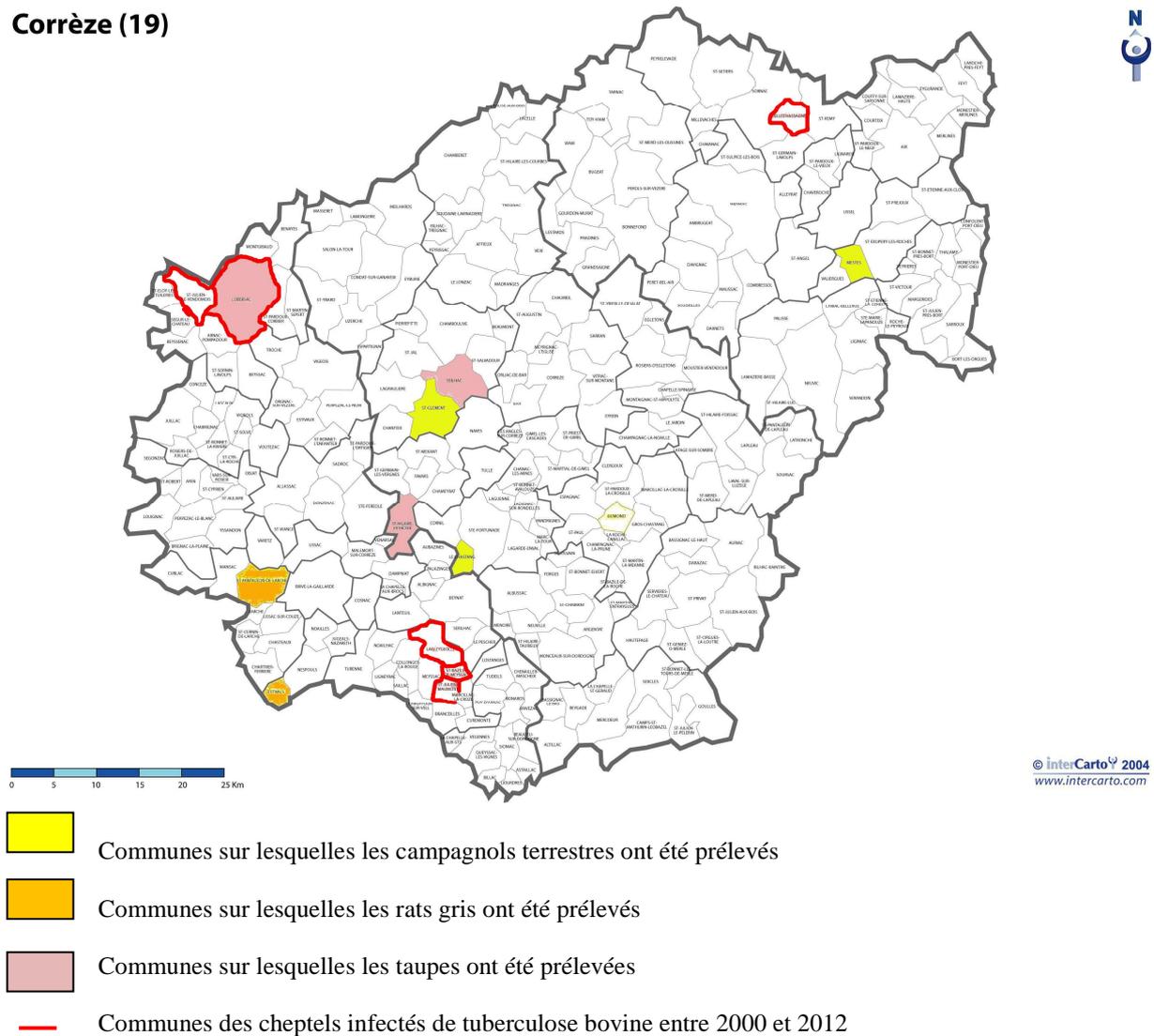
3.5.1. Réalisation par rapport aux objectifs d'échantillonnage

Un total de 17 micromammifères a été prélevé par les techniciens hygiène du GCDS dont 7 taupes, 8 campagnols terrestres et 2 rats gris. Le nombre de micromammifères analysés n'a pas atteint l'objectif fixé par le protocole puisque seulement 17% de cet objectif a été réalisé.

La Figure 23 illustre la répartition spatiale des micromammifères prélevés.

Figure 23. Cartographie des micromammifères analysés pour la recherche de tuberculose bovine durant la saison 2011-2012

Corrèze (19)



Les micromammifères prélevés ne l'ont pas été sur les communes des cheptels bovins trouvés infectés de tuberculose bovine, ou à proximité, comme le prévoyait le protocole.

3.5.2. Résultat des analyses

Aucun des 17 micromammifères prélevés n'a été trouvé porteur de *M. bovis* : les cultures bactériennes se sont toutes révélées négatives.

Aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été découverte par le LDA lors de la réalisation des prélèvements de nœuds lymphatiques.

3.6. Synthèse des résultats (Tableau 15)

Tableau 15. Bilan des résultats obtenus lors de l'enquête épidémiologique menée dans la faune sauvage corrézienne pour la recherche de la tuberculose bovine, durant la campagne 2011-2012

Espèce sauvage	Effectif de l'échantillon, avec une prévalence cible de 3% et un risque d'erreur de 5%	Nombre d'animaux réellement prélevés	Analyse effectuée	Résultat
Cerf	94	38	Culture bactérienne	Négatif
Chevreuil	98	98	Culture bactérienne	Négatif
Sanglier	97	38	Culture bactérienne	Négatif
Blaireau	30 (arrêté préfectoral)	14	Culture bactérienne et PCR	Négatif
	100	20	Culture bactérienne	Négatif
Micromammifères	100	17	Culture bactérienne	Négatif

4. Discussion

4.1. Discussion autour de la méthode

L'enquête menée s'apparente à un programme de surveillance active de la tuberculose bovine chez les espèces sauvages, tel qu'il est mis en œuvre par les départements classés au niveau de risque 3. Or, la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 en date du 20

Septembre 2011, classe le département de la Corrèze au niveau de risque 2 pour la saison 2011-2012, ce qui implique qu'il n'y a pas à pratiquer de surveillance active de la maladie sur les cerfs et les sangliers tués à la chasse. Toutefois, la volonté du Docteur ROY était de connaître le statut de chaque espèce sauvage vis-à-vis de la tuberculose bovine sur l'ensemble du département, d'où le protocole qui a été mis en place.

4.1.1. Choix des espèces étudiées

Nous avons cité précédemment les raisons pour lesquelles il paraissait nécessaire que le cerf élaphe, le sanglier et le blaireau fassent partie de l'étude.

L'inclusion du chevreuil et des micromammifères dans le protocole est beaucoup plus discutable. Certes, ils ont déjà été trouvés porteurs de *M. bovis*, mais cela n'est arrivé qu'à trois reprises pour le chevreuil en France (en forêt de Brotonne, en 2005, et dans le département de la Dordogne, en 2010 et 2012), et l'infection a été décrite chez les micromammifères en Grande-Bretagne, jamais dans notre pays (pour lequel le contexte épidémiologique concernant la tuberculose bovine chez les bovins et la faune sauvage est bien différent de celui de la Grande-Bretagne).

Ainsi, il peut paraître intéressant de surveiller ces espèces étant donné que nous savons qu'elles peuvent être infectées mais elles ne constituent pas une priorité d'analyse. D'ailleurs, la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011, qui fixe les modalités de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage pour la saison 2011-2012, via le réseau Sylvatub, considère que le chevreuil ne semble jouer qu'un rôle très marginal dans l'épidémiologie de la maladie et que les micromammifères ne doivent en aucun cas participer à des programmes de surveillance active de la maladie (propos repris de nouveau dans la Note de Service DGAL/SDSPA/N2013-8129 en date du 29 Juillet 2013).

4.1.2. Choix des zones d'étude

Dans notre étude, les cerfs, les chevreuils et les sangliers ont été prélevés sur l'ensemble du département. Ce choix peut paraître surprenant dans la mesure où la faune sauvage, en France, a toujours été trouvée infectée dans des secteurs où la maladie sévit dans des cheptels bovins et, par conséquent, les enquêtes épidémiologiques menées le sont toujours dans des zones définies autour des foyers bovins ; il n'y a jamais eu de surveillance active à l'échelle d'un département. La Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 vient renforcer ces propos puisqu'elle définit une zone de surveillance active de la maladie dans la faune sauvage, appelée « zone infectée », comprenant les communes où des foyers bovins ont été observés depuis 2 ans, en incluant les pâtures utilisées par les exploitants concernés, les communes où des cas d'infection ont été détectés dans la faune sauvage et les communes limitrophes de ces communes « infectées ». Compte-tenu de ces éléments, il paraissait plus pertinent d'effectuer les prélèvements uniquement autour des cinq foyers bovins (le 6^{ème} n'ayant été confirmé qu'au début de l'été 2012) mais, pour le Docteur ROY, cette méthode n'assure pas la représentativité de la situation à l'échelle du département ; c'est pourquoi elle a tenu à faire « un état des lieux » de la faune sauvage sur l'ensemble du territoire corrézien. De plus, il ne faut pas oublier que les sociétés de chasse présentes dans les zones des foyers bovins ont peu d'attributions de cerfs et de sangliers ; il paraissait donc

nécessaire d'élargir le territoire d'étude afin d'obtenir un nombre suffisant d'animaux à prélever.

Cette définition de zones de prélèvements autour des foyers bovins était d'autant plus importante qu'à l'issue de l'enquête, un très faible nombre d'animaux a été collecté sur les communes de ces foyers et les communes voisines. Ainsi, nous ne connaissons pas véritablement le statut des animaux sauvages vivant autour des exploitations reconnues infectées de tuberculose bovine.

L'arrêté préfectoral ordonnant la capture des blaireaux respecte davantage les recommandations émises par la Note de Service, puisque cette capture devait s'effectuer dans une zone définie autour des deux foyers de 2010, que nous pourrions assimiler à la « zone infectée » décrite dans la Note de Service.

Concernant les micromammifères, il paraissait judicieux de les collecter, là encore, autour des foyers bovins : en effet, ceux qui ont été trouvés porteurs de *M. bovis* en Grande-Bretagne vivaient sur et autour des exploitations trouvées infectées de tuberculose bovine.

4.1.3. Echantillonnage et prélèvements

4.1.3.1. Le grand gibier

Le nombre d'animaux (cerfs, chevreuils et sangliers) à prélever est sans doute sous-estimé car les chiffres fournis par la table de TOMA *et al.* (1991) sont calculés sur la base d'un test diagnostique qui serait 100% sensible. Or, les tests utilisés dans cette étude ne sont pas 100% sensibles. Il aurait donc été nécessaire d'augmenter l'échantillonnage pour garder le niveau de détection de prévalence d'infection désiré.

Il faut ajouter à cela que les objectifs d'échantillonnage ont été sous-réalisés pour le cerf et le sanglier. Ainsi, pour ces espèces, le nombre d'animaux collectés ne permet pas de détecter une prévalence cible de 3% (avec un risque d'erreur de 5%). Nous pouvons donc supposer que le pouvoir de détection de la maladie chez le cerf et le sanglier de Corrèze, département au statut inconnu, durant la saison 2011-2012, n'est pas très bon.

Le fait de prélever des animaux abattus à la chasse implique forcément un biais de sélection des individus. En effet, concernant les sangliers, les chasseurs n'abattent pas, en général, les laies de plus de 60 kg afin de préserver le renouvellement de la population pour l'année suivante, ce qui peut expliquer que les sangliers adultes soient sous-représentés dans notre étude. De même, un certain nombre de cerfs adultes n'a pas été inclus dans le protocole car les chasseurs, fiers d'avoir abattu des cerfs, souhaitaient conserver les têtes, appelées « trophées », et craignaient qu'en les fournissant au LDA, celui-ci ne les leur retourne pas.

Il faut savoir que toutes les sociétés de chasse corréziennes n'ont pas participé à l'étude. Comme déjà dit, la FDC s'est chargée de répartir le nombre d'animaux à collecter entre les sociétés de chasse et elle a, pour cela, choisi des sociétés qu'elle savait consciencieuses et pour lesquelles elle était certaine que le travail demandé serait effectué et effectué correctement. Ce choix a eu pour conséquences de limiter les prélèvements dans certaines zones et de solliciter davantage certaines sociétés de chasse par rapport à d'autres, mais ceci dans le souci de parvenir à nos objectifs d'échantillonnage.

Concernant les prélèvements à réaliser, l'idéal aurait été que des vétérinaires soient désignés pour examiner les venaisons et effectuer sur place les prélèvements de nœuds lymphatiques et d'organes contenant des lésions évocatrices de tuberculose. Techniquement, ce ne fut pas possible à mettre en place. C'est la raison pour laquelle il a été demandé aux sociétés de chasse de collecter les têtes et les masses pulmonaires des animaux.

Dans le cas du cerf, ces prélèvements systématiques auraient pu être évités dans la mesure où la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011 recommande de n'effectuer des prélèvements que sur lésions suspectes : en effet, l'expérience acquise en forêt de Brotonne montre que l'on a une bonne corrélation entre infection et lésions macroscopiques (qui sont le plus souvent mésentériques et pulmonaires) ; l'inspection est donc la méthode de référence. Cependant, ne pouvant pas désigner des vétérinaires pour effectuer cette inspection et tous les chasseurs n'étant pas formés à l'examen initial de la venaison, il a donc été demandé aux sociétés de chasse de prélever systématiquement la tête et la masse pulmonaire des animaux abattus. Nous aurions souhaité ajouter le prélèvement de la masse intestinale, afin que le LDA prélève les nœuds lymphatiques mésentériques, comme le suggère la Note de Service, mais ce ne fut pas possible pour des raisons matérielles. De plus, il a été dit au Docteur ROY que, lorsque les bacilles tuberculeux sont présents dans les nœuds lymphatiques mésentériques, ils le sont aussi dans les nœuds lymphatiques céphaliques, d'où l'intérêt de ne pas les prélever. Certaines sociétés de chasse ont tout de même réalisé un examen attentif des carcasses puisque deux cerfs ont été prélevés par le réseau SAGIR en raison de la découverte d'abcès purulents à l'incision abdominale.

Concernant le sanglier, les prélèvements systématiques des têtes et des masses pulmonaires étaient justifiés dans la mesure où il n'existe pas une bonne corrélation entre infection et lésions macroscopiques visibles à l'autopsie (du fait de l'existence de microlésions souvent limitées aux ganglions céphaliques qui sont peu accessibles ou d'un réel portage de *M. bovis* sans lésions chez un pourcentage non négligeable d'animaux, ou au contraire de la présence de lésions abcédées suspectes mais au final non tuberculeuses). Là encore, le prélèvement de la masse intestinale aurait été souhaitable. Nous espérons cependant que les chasseurs ont réalisé un examen minimal des carcasses et viscères des animaux tués et que, s'ils avaient noté des lésions, ils auraient prévenu le réseau SAGIR qui aurait, par la suite, intégré les animaux dans notre étude.

Concernant le recueil des données sur les animaux prélevés, les fiches de prélèvements n'étaient pas toujours correctement remplies : les informations manquantes concernaient le sexe, l'âge et le poids des animaux. En contactant par téléphone le chasseur qui a tué l'animal ou le président de la société de chasse, nous avons pu obtenir ces informations manquantes pour certains animaux, mais pas pour tous. Ainsi, ces derniers n'ont pas pu être inclus dans nos analyses statistiques.

4.1.3.2. Les blaireaux

Le nombre de blaireaux à prélever figurant dans l'arrêté préfectoral suit les recommandations émises par la Note de Service DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 Septembre 2011, au sujet de la surveillance active des blaireaux en périphérie des foyers, à savoir 15 blaireaux autour de chaque foyer. Comme nous l'avons vu, cet objectif n'a pas été atteint.

Le lieutenant de l'ovétoire en charge des opérations a bien renseigné les fiches de prélèvements ; seul l'âge des animaux n'était pas demandé sur ces fiches donc nous n'avons pas pu évaluer la proportion de jeunes et d'adultes qui avaient été prélevés.

La réalisation systématique d'analyses par PCR est discutable : certes, la PCR permet de connaître rapidement les résultats et de ce fait, de mettre en place des mesures de gestion sans attendre, au cas où les résultats seraient positifs. C'est pourquoi la Note de Service préconise de la limiter au traitement de lésions fortement évocatrices de tuberculose. Ainsi, nous aurions pu suivre cette préconisation, d'autant plus que l'étude menée est la première à être réalisée sur le département de la Corrèze et que le statut de cette espèce vis-à-vis de la tuberculose bovine est totalement inconnu dans ce département.

4.1.4. Sensibilité des tests diagnostiques utilisés sur la faune sauvage en Corrèze

4.1.4.1. Sur la faune sauvage en général

Les tests utilisés dans cette étude, la culture bactérienne et la PCR, sont des tests dont la sensibilité, chez les bovins, est équivalente : 87% pour la PCR et 82% pour la culture (incertitude +/- 10%) (MOYEN *et al.*, 2011).

Pour les prélèvements issus de la faune sauvage, nous pouvons supposer, étant donné les moyens de prélèvement sur le terrain, les conditions de conservation des têtes et des masses pulmonaires, qui auraient pu être améliorées dans certains cas, et le temps écoulé entre l'acte de prélèvement par les chasseurs et les analyses, qui a atteint dans un cas une semaine, que la quantité de mycobactéries dans les prélèvements soit faible et donc que les sensibilités de ces tests sur la faune sauvage soient plus faibles que celles observées chez les bovins. La PCR présente de ce point de vue un avantage certain sur la bactériologie car les bactéries n'ont pas besoin d'être vivantes pour être détectées par la PCR. Notre enquête ne nous a pas permis d'étudier la corrélation entre la PCR et la présence de lésions évocatrices de tuberculose, ni la corrélation entre la culture bactérienne et la présence de lésions et donc, de savoir si l'une est meilleure par rapport à l'autre dans ces conditions.

4.1.4.2. Particularités liées aux prélèvements

Les analyses par culture bactérienne ont été réalisées, chez les cerfs, les chevreuils, les sangliers et les micromammifères, sur un pool de nœuds lymphatiques par animal et non sur chaque nœud lymphatique de chaque animal, comme c'est le cas chez les bovins. Nous pouvons donc supposer une perte de sensibilité de ce test diagnostique.

Nous pouvons faire le même constat quant aux analyses par PCR réalisées chez les blaireaux. De plus, chez ces derniers, les prélèvements pour la bactériologie étaient effectués à partir de l'éluat des préparations des PCR : elle perd ainsi davantage de sensibilité. Toutefois, nous pouvons supposer que la sensibilité de ces deux tests diagnostiques reste bonne chez les blaireaux car ces derniers ont tous fournis une réponse négative à la bactériologie et à la PCR alors qu'ils ont été prélevés dans une « zone infectée ».

4.1.4.3. Spécificité des tests diagnostiques utilisés sur la faune sauvage en Corrèze

Comme nous l'avons vu précédemment, très peu de cerfs, chevreuils, sangliers et micromammifères ont été collectés autour des foyers bovins ; nous pouvons ainsi supposer qu'ils ont été prélevés en zone indemne. Ainsi, le fait de n'avoir obtenu aucun résultat positif en bactériologie pour ces animaux, dans cette zone, témoigne de la très bonne spécificité de la culture bactérienne.

La spécificité de la PCR n'est pas la même chez les bovins et la faune sauvage : si elle est de 100% chez les bovins (MOYEN *et al.*, 2011), elle est plus faible chez les animaux sauvages. En effet, la PCR ne permet pas de différencier les infections à *M. bovis* de celles dues à d'autres bacilles tuberculeux, comme *M. microti*, qui peuvent infecter les suidés sauvages notamment (HARS *et al.*, 2012). Ainsi, chez les espèces sauvages, la PCR peut être faussement positive et elle nécessite que d'autres tests soient effectués par le LNR afin d'identifier l'espèce bactérienne en cause.

4.2. Discussion autour des résultats de l'enquête épidémiologique sur la faune sauvage de Corrèze durant la saison 2011-2012

4.2.1. Les cerfs

Aucun des cerfs collectés n'a été trouvé porteur de *M. bovis*. Cependant, une faible part de l'objectif d'échantillonnage a été réalisée (seulement 40%). De plus, quasiment aucun cerf n'a été prélevé à proximité des foyers bovins. Par conséquent, il est difficile d'avoir une bonne représentation du contexte épidémiologique dans ces zones en périphérie des cheptels infectés et plus généralement, à l'échelle du département. Ainsi, nous ne pouvons pas affirmer que les populations de cerfs en Corrèze sont totalement indemnes de tuberculose bovine mais il semblerait qu'elles ne constituent pas, au moment de l'étude, un réservoir de tuberculose capable de recontaminer de façon conséquente et régulière les cheptels bovins.

Précisons que l'absence de prélèvements de cerfs autour des foyers bovins du Sud du département (Lagleygeolle, Saint-Bazile-de-Meyssac et Saint-Julien-Maumont) se justifie par le fait que les sociétés de chasse dans cette zone n'ont pas (ou peu) d'attributions de cerfs.

4.2.2. Les chevreuils

L'objectif d'échantillonnage a été atteint à 100% et aucun des chevreuils collectés n'a été trouvé porteur de *M. bovis*. De plus, ces animaux ont globalement été prélevés sur l'ensemble du département et certains l'ont été à proximité des foyers bovins du Sud du département. Par conséquent, nous disposons, pour cette espèce, d'une meilleure représentation du contexte épidémiologique, à la fois dans les zones en périphérie des foyers bovins et à l'échelle du département. Nous pouvons donc dire, avec davantage de certitude que pour le cerf, que les populations de chevreuils en Corrèze ne constituent pas un réservoir de tuberculose au moment de l'étude (mais nous ne pouvons pas dire qu'elles sont totalement indemnes).

Il est cependant regrettable que les sociétés de chasse des communes sur lesquelles étaient localisés certains foyers bovins n'aient pas fourni de prélèvements.

4.2.3. Les sangliers

Aucun des sangliers collectés n'a été trouvé porteur de *M. bovis*. Cependant, une faible part de l'objectif d'échantillonnage a été réalisée (seulement 39%). De plus, quasiment aucun sanglier n'a été prélevé à proximité des foyers bovins (alors que certaines sociétés de chasse se trouvant dans ces zones auraient pu en fournir car elles étaient incluses dans le protocole). Par conséquent, il est difficile d'avoir, comme pour le cerf, une bonne représentation du contexte épidémiologique dans ces zones en périphérie des cheptels infectés et plus généralement, à l'échelle du département. Ainsi, nous ne pouvons pas affirmer que les populations de sangliers en Corrèze sont totalement indemnes de tuberculose bovine mais il semblerait qu'elles ne constituent pas, au moment de l'étude, un réservoir de tuberculose capable de recontaminer de façon conséquente et régulière les cheptels bovins.

4.2.4. Les blaireaux

Aucun des blaireaux capturés par le lieutenant de l'ovétrie dans le cadre de l'arrêté préfectoral n'a été trouvé infecté de tuberculose bovine. Cependant, seulement 47% de l'objectif d'échantillonnage a été réalisé. Par conséquent, il est difficile d'avoir une bonne représentation du contexte épidémiologique dans la zone englobant les deux foyers bovins de 2010. Ainsi, nous ne pouvons pas affirmer que les blaireaux vivant autour des deux exploitations infectées sont totalement indemnes de tuberculose mais il est probable qu'ils ne constituent pas un réservoir de la maladie au moment de l'étude.

Les cinq blaireaux accidentés sur le bord des routes n'ont pas été trouvés porteurs de *M. bovis*. Le nombre collecté est cependant très faible. Ces derniers ont tous été prélevés par le personnel du GCDS. L'ONCFS, pourtant partenaire de l'étude, n'a fourni aucun blaireau car son personnel est rarement, voire jamais, sollicité pour collecter les blaireaux morts sur les routes.

De même, les blaireaux obtenus par déterrage n'ont pas été trouvés infectés mais le nombre collecté est faible puisqu'une seule campagne de déterrage a fourni des blaireaux à notre étude.

Ainsi, il est difficile de conclure sur le rôle de cette espèce dans l'épidémiologie de la maladie en Corrèze (même si ce rôle semble, *a priori*, minime).

Précisons qu'une autre campagne de déterrage eut lieu en mai 2013 sur la commune de Saint-Julien-près-Bort (nord-est du département) et alentours (Sarroux, Thalamy, Liginac) : les 14 blaireaux collectés ne présentaient aucune lésion évocatrice de tuberculose à l'autopsie, et ils ont tous fourni une réponse négative à la PCR.

4.2.5. Les micromammifères

Là encore, aucun des micromammifères prélevés n'a été trouvé infecté de tuberculose bovine. Cependant, leur nombre est trop faible pour que nous puissions tirer des conclusions

(seulement 17% de l'objectif d'échantillonnage a été réalisé), sans compter qu'ils n'ont pas été prélevés autour des foyers bovins.

Toutefois, compte-tenu du fait qu'aucun micromammifère n'a jamais été trouvé porteur de *M. bovis* en France et que les 17 analysés en Corrèze ont fourni une réponse négative à la bactériologie, il est fort probable qu'ils ne jouent aucun rôle dans l'épidémiologie de la maladie.

4.3. Perspectives

Finally, aucun animal appartenant aux différentes espèces sauvages testées n'a été trouvé porteur de *M. bovis* dans le département de la Corrèze.

Nous ne pouvons pas affirmer que la faune sauvage corrézienne est indemne de tuberculose bovine ; néanmoins, la probabilité qu'elle soit infectée et réservoir de la maladie est faible.

Si ces résultats se veulent rassurants, la surveillance ne doit cependant pas être relâchée et les préconisations du réseau Sylvatub doivent être suivies d'année en année.

SYNTHESE

L'enquête épidémiologique menée en Corrèze durant la saison 2011-2012 a révélé qu'aucun des 38 cerfs, 98 chevreuils, 38 sangliers, 34 blaireaux et 17 micromammifères n'était porteur de *Mycobacterium bovis*. De plus, aucun d'entre eux n'a présenté de lésions macroscopiques évocatrices de tuberculose.

Les objectifs d'échantillonnage n'ont pas été atteints, excepté pour le chevreuil. De plus, la volonté de prélever les animaux sauvages sur l'ensemble du département a conduit à un moindre intéressement pour la périphérie des foyers bovins : en effet, très peu d'animaux ont été collectés dans ces zones, qui sont pourtant d'un intérêt majeur puisque la faune sauvage, en France, a toujours été trouvée infectée dans des lieux où la maladie est également présente chez les bovins. Par conséquent, l'enquête menée ne nous permet pas d'avoir une représentation optimale du contexte épidémiologique de la maladie à l'échelle du département (excepté pour les chevreuils), et encore moins dans les zones en périphérie des cheptels infectés.

Toutefois, même si nous ne pouvons pas affirmer que les espèces sauvages étudiées sont indemnes de tuberculose bovine en Corrèze, il reste fort probable qu'elles ne constituent pas des réservoirs de la maladie au moment de l'étude.

CONCLUSION

En France, la tuberculose bovine, maladie importante en santé animale et en santé publique, connaît, depuis quelques années et dans certaines zones, une recrudescence. Dans ces zones, l'infection par *M. bovis* de certaines espèces sauvages a également été mise en évidence au cours des dernières années.

Cette situation est très inquiétante si on se réfère à celle observée dans certains pays européens (îles britanniques) qui, bien qu'ayant été très proches de l'éradication, ont actuellement une situation épidémiologique (en élevage et dans la faune sauvage) très dégradée. Si, en France, une évolution semblable devait survenir, elle remettrait en question les efforts entrepris depuis plus de 50 ans pour lutter contre la tuberculose bovine.

Il est important de souligner qu'actuellement, en France, les bovins domestiques demeurent le réservoir primaire de l'infection à *M. bovis* (exception faite des cervidés en forêt de Brotonne). Par conséquent, l'éradication la plus rapide possible de l'infection en élevage reste le meilleur moyen de lutter contre cette maladie. Néanmoins, dans les zones où la faune sauvage a été trouvée infectée, le risque que les bovins contractent la tuberculose à partir de cette faune sauvage n'est pas nul. Ces risques pour les bovins de contracter la tuberculose à *M. bovis* à partir de la faune sauvage sont actuellement, en France métropolitaine, liés à l'infection de trois espèces sauvages : le sanglier, le blaireau et le cerf. Ces animaux sauvages n'ont, pour l'instant, été trouvés infectés que dans des zones géographiques où des foyers de tuberculose bovine persistaient. Il est donc très probable, à l'instar de ce qui a pu être observé à l'étranger, que la faune sauvage en France se soit initialement contaminée auprès des bovins.

La Corrèze est un département dans lequel six cheptels bovins ont été trouvés infectés de tuberculose bovine entre 2000 et 2012. Deux cheptels, localisés sur des communes limitrophes et hébergeant le même spoligotype, ont été déclarés infectés à deux mois d'intervalle, ce qui a suscité une vive inquiétude de la part des autorités sanitaires départementales. Cependant, les enquêtes épidémiologiques menées laissent à penser que l'origine de la présence de la maladie dans ces cheptels repose sur l'introduction de bovins infectés ; l'introduction semble, par ailleurs, être également la voie de contamination pour les autres foyers.

Toutefois, l'inquiétude étant présente, et ne pouvant que constater la dégradation de la situation épidémiologique de certains départements, en élevage et dans la faune sauvage, comme la Dordogne, département voisin de la Corrèze, le GCDS a souhaité faire un « état des lieux » de la faune sauvage corrézienne afin de savoir si elle était porteuse de *M. bovis*. Aucun des 38 cerfs, 98 chevreuils, 38 sangliers et 17 micromammifères, prélevés sur l'ensemble du département, n'ont été trouvés infectés, de même que les 14 blaireaux prélevés autour des deux foyers de 2010. De plus, aucune lésion évocatrice de tuberculose n'a été remarquée sur ces animaux.

Malgré quelques limites au protocole (objectifs d'échantillonnage non atteints, prélèvements sur l'ensemble du département,...), il est raisonnable de dire que les espèces étudiées ne constituent pas un réservoir de tuberculose bovine au moment de l'étude, et que le risque de contamination des bovins à partir de la faune sauvage est très faible (statistiquement, nous ne pouvons pas dire que les espèces sauvages sont totalement indemnes de la maladie).

Malgré les résultats apportés par cette étude, qui se veulent d'ailleurs plutôt rassurants, une surveillance des espèces sauvages, en particulier des cerfs, des sangliers et des blaireaux, doit être maintenue (les chevreuils ayant davantage un rôle marginal dans l'épidémiologie de la maladie et les micromammifères ne semblant pas avoir de rôle). Une surveillance passive des cerfs et des sangliers doit être effectuée, en particulier dans les zones d'infection des cheptels bovins, *via* un examen approfondi des carcasses par les chasseurs (il est donc souhaitable qu'au moins un chasseur par société de chasse soit formé à l'examen initial de la venaison) et une surveillance active des blaireaux autour des foyers doit être appliquée.

Il est clair que la Corrèze comptabilise un certain nombre d'éléments propices à la propagation et à l'entretien de la tuberculose bovine : les paysages sont une mosaïque de champs et de forêts, les éleveurs ont un parcellaire très morcelé, les élevages sont majoritairement de type allaitant, les espèces sauvages comme le cerf, le sanglier et le chevreuil voient leur nombre augmenter (comme l'attestent les tableaux de chasse) et peuvent notamment provenir de Dordogne, certains chasseurs ne procèdent pas au ramassage des viscères et éviscèrent les animaux dans les bâtiments d'élevage... C'est pourquoi chasseurs, éleveurs, autorités sanitaires doivent se montrer vigilants, en particulier sur les pratiques à risque.

Cette première étude menée sur l'évaluation de la présence de la tuberculose bovine dans la faune sauvage de Corrèze a permis, en quelque sorte, d'éclaircir la situation en montrant que la faune sauvage ne devait pas être une source de préoccupation majeure quant à sa capacité à être réservoir de la maladie et à la transmettre aux bovins. Il pourrait être intéressant de s'attarder sur l'évaluation des densités des principales espèces sauvages (cerfs, sangliers et blaireaux) afin de connaître leur valeur et de les comparer à celles des pays dans lesquels ces espèces sont des réservoirs primaires de tuberculose bovine mais aussi aux recommandations émises par l'ANSES. Ainsi, si un jour la faune sauvage de Corrèze se trouvait être infectée, nous saurions immédiatement si les densités constituent un facteur de risque majeur et si la réduction des populations serait un moyen de lutte efficace contre l'entretien et la propagation de la maladie.

BIBLIOGRAPHIE

AFSSA (2009). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'évaluation du risque relatif à la tuberculose de la faune sauvage en forêt de Brotonne. Saisine n° 2008-SA- 0331, 1-17

ANSES (2011). Tuberculose bovine et faune sauvage. 119p. [<http://www.anses.fr/Documents/SANT2010sa0154Ra.pdf>]

APHIS (2009). Analysis of bovine tuberculosis surveillance in accredited free states. *United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services*, January 30, 7–23.

BARRON MC, PECH RP, WHITFORD J, YOCKNEY IJ, DE LISLE GW, NUGENT G (2011). Longevity of *Mycobacterium bovis* in brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*) carcasses, and contact rates between possums and carcasses. *New Zealand Veterinary Journal*, **59**:5, 209-217

BELTRAN-BECK B, BALLESTEROS C, VICENTE J, DE LA FUENTE J, GORTAZAR C (2012). Progress in oral vaccination against tuberculosis in its main wildlife reservoir in Iberia, the Eurasian Wild Boar. *Veterinary Medicine International*, 1-11

BENET JJ, PRAUD A (2012). La tuberculose animale. Polycopié de maladies contagieuses. 84 p. [<http://eve.vet-alfort.fr/course/view.php?id=280>]

BROOK RK, VANDER WAL E, VAN BEEST FM, McLACHLAN SM (2013). Evaluating use of cattle winter feeding area by elk and white-tailed deer : implications for managing bovine tuberculosis transmission risk from the ground up. *Preventive Veterinary Medicine*, **108**, 137-147

CARTER SP, CHAMBERS MA, RUSHTON SP, SHIRLEY MDF, SCHUCHERT P, PIETRAVALLE S *et al.* (2012). BCG vaccination reduces risk of tuberculosis infection in vaccinated badgers and unvaccinated badger cubs. *PLoS ONE*, **7** (12), 8p

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA CORREZE (2013a). *Chambre d'Agriculture de la Corrèze* [en ligne], [<http://limousin.synagri.com/19/synagri/bovins-viande>], (consulté le 29/06/2013)

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA CORREZE (2013b). *Chambre d'Agriculture de la Corrèze* [en ligne], [<http://limousin.synagri.com/19/synagri/bovins-lait>], (consulté le 29/06/2013)

CHEESEMAN CL, WILESMITH JW, STUART FA (1989). Tuberculosis : the disease and its epidemiology in the badger, a review. *Epidemiology and Infection.*, **103**, 113-125

CISNEROS LF, VALDIVIA AG, WALDRUP K, DIAZ-APARICIO E, MARTINEZ-DE-ANDA A, CRUZ-VAZQUEZ CR *et al.* (2012). Surveillance for *Mycobacterium bovis* transmission from domestic cattle to wild ruminants in a Mexican wildlife-livestock interface area. *American Journal of Veterinary Research*, **73**, 1617-1625

CLEAVELAND S, MLENGEYA T, KAZWALA RR, MICHEL A, KAARE MT, JONES SL *et al.* (2005). Tuberculosis in tanzanian wildlife. *Journal of Wildlife Diseases*, **41**, 446–453

CLIFTON-HADLEY R.S., WILESMITH J.W. (1991). Tuberculosis in deer : a review. *The Veterinary Record*, **129** (1), 5-12

CORNER LAL (1994). Post mortem diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in cattle. *Veterinary microbiology*, **40**, 53-63.

CORNER LAL (2006). The role of wild animal populations in the epidemiology of tuberculosis in domestic animals : how to assess the risk. *Veterinary Microbiology*, **112**, 303-312

CORNER LAL, MURPHY D, GORMLEY E (2011). Mycobacterial infection in the Eurasian badger (*Meles meles*) : the disease, pathogenesis, epidemiology and control. *Journal of Comparative Pathology*, **144**, 1-24

CORNER LAL, O'MEARA D, COSTELLO E, LESELLIER S, GORMLEY E (2012). The distribution of *Mycobacterium bovis* infection in naturally infected badgers. *The Veterinary Journal*, **194**, 166-172

COUSINS DV (2001). *Mycobacterium bovis* infection and control in domestic livestock. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **20**, 71-85

COUSINS DV, ROBERTS JL (2001). Australia's campaign to eradicate bovine tuberculosis: the battle for freedom and beyond. *Tuberculosis*, **81**, 5-15

CUNHA MV, MATOS F, CANTO A, ALBUQUERQUE T, ALBERTO JR, ARANHA JM *et al.* (2012). Implications and challenges of tuberculosis in wildlife ungulates in Portugal: A molecular epidemiology perspective. *Research in Veterinary Science*, **92**, 225–235

DEFRA (2011), *Bovine TB and badgers – Improving farm biosecurity*, août 2011 [<http://archive.defra.gov.uk/foodfarm/farmanimal/diseases/atoz/tb/documents/bovine-tb-transcript110812.pdf>], (consulté le 26/06/2013)

DEFRA. *Badger vaccine deployment project* [en ligne], [<http://www.defra.gov.uk/ahvla-en/science/bovine-tb/bvdp/>], (consulté le 27/06/13)

DGAI (2011). Note de service DGAL/SDSPA/N2011-8214. 39p

DI MARCO V, MAZZONE P, CAPUCCHIO MT, BONIOTTI MB, ARONICA V, RUSSO M *et al.* (2012). Epidemiological significance of the domestic Black Pig (*Sus scrofa*) in maintenance of bovine tuberculosis in Sicily. *Journal of Clinical Microbiology*, **50**, 1209-1218

- DONDO A, ZOPPI S, ROSSI F, CHIAVACCI L, BARBARO A, GARONNE A *et al.* (2007). Mycobacteriosis in wild boar : Results of 2000-2006 activity in North-Western Italy. *Épidémiologie et Santé Animale*, **51**, 35-42
- DREWE JA, FOOTE AK, SUTCLIFFE RL, PEARCE GP (2009). Pathology of *Mycobacterium bovis* infection in wild meerkats (*Suricata suricatta*). *Journal of Comparative Pathology*, **140**, 12-24
- DUVAUCHELLE A (2007). La tuberculose chez le cerf Elaphe (*Cervus elaphus*) et le sanglier d'Europe (*Sus scrofa*) dans la forêt de Brotonne. Thèse Méd. Vét., Nantes, 148 p
- ESPIE IW, HLOKWE TM, GEY VAN PITTIUS NC, LANE E, TORDIFFE ASW, MICHEL AL *et al.* (2009). Pulmonary Infection due to *Mycobacterium bovis* in a Black Rhinoceros (*Diceros bicornis minor*) in South Africa. *Journal of Wildlife Diseases*, **45**, 1187–1193
- FEDIAEVSKY A, DUFOUR B, BOSCHIROLI ML, MOUTOU F (2010). Bilan de la surveillance de la tuberculose bovine en 2009 : une prévalence globalement faible mais un renforcement de la lutte dans certaines zones. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation n°40/Sécial MRC-Bilan 2009*, 3-8
- FEDIAEVSKY A, BENET JJ, BOSCHIROLI ML, RIVIERE J, HARS J (2012). La tuberculose bovine en France en 2011, poursuite de la réduction du nombre de foyers. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation n°54/Sécial MRE-Bilan 2011*, 4-12
- FINE AE, BOLIN CA, GARDINER JC, KANEENE JB (2011). A study of the persistence of *Mycobacterium bovis* in the environment under natural weather conditions in Michigan, USA. *Veterinary Medicine International*, 1-12
- FITZGERALD SD, SCHMITT SM, O'BRIEN DJ, KANEENE JB (2004). The Michigan bovine tuberculosis problem. Proc Deer Branch NZVA : World Deer Vet Congress, 122-125
- FITZGERALD SD, KANEENE JB (2013). Wildlife reservoirs of Bovine Tuberculosis worldwide : hosts, pathology, surveillance, and control. *Veterinary Pathology*, **50**, 488-499
- GALLAGHER J, NELSON J (1979). Cause of ill health and natural death in badgers in Gloucestershire. *The Veterinary Record*, **105**, 546-551
- GALLAGHER J, CLIFTON-HADLEY R.S. (2000). Tuberculosis in badgers ; a review of the disease and its significance for other animals. *Research in Veterinary Science*, **69**, 203-21
- GARCIA-JIMENEZ WL, FERNANDEZ-LLARIO P, BENITEZ-MEDINA JM, CERRATO R, CUESTA J, GARCIA-SANCHEZ A *et al.* (2013). Reducing Eurasian wild boar (*Sus scrofa*) population density as a measure for bovine tuberculosis control : effects in wild boar and a sympatric fallow deer (*Dama dama*) population in Central Spain. *Preventive Veterinary Medicine*, **110**, 435-446
- GARNETT BT, DELAHAY RJ, ROPER TJ (2002). Use of cattle farm resources by badgers (*Meles meles*) and risk of bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) transmission to cattle. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269, 1487–1491

- GORTAZAR C, VICENTE J, BOADELLA M, BALLESTEROS C, GALINDO RC, GARRIDO J *et al.* (2011). Progress in the control of bovine tuberculosis in Spanish wildlife. *Veterinary Microbiology*, **151**, 170–178
- GORTAZAR C, DELAHAY RJ, MCDONALD RA, BOADELLA M, WILSON GJ, GAVIER-WIDEN D *et al.* (2012). The status of tuberculosis in European wild mammals. *Mammal Review.*, **42**, 193-206
- HADDAD N, MASSELO M, DURAND B (2004). Molecular differentiation of *Mycobacterium bovis* isolates. Review of main techniques and applications. *Research in Veterinary Science*, **76**, 1-18
- HANG'OMBE MB, MUNYEME M, NAKAJIMA C, FUKUSHIMA Y, SUZUKI H, MATANDIKO W *et al.* (2012). *Mycobacterium bovis* infection at the interface between domestic and wild animals in Zambia. *BMC Veterinary Research*, **8**, 1-8
- HARS J, BOSCHIROLI ML, DUVAUCHELLE A, GARIN-BASTUJI B (2006). La tuberculose à *Mycobacterium bovis* chez le cerf et le sanglier en France : émergence et risque pour l'élevage bovin. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, **159**, 393-401
- HARS J, RICHOMME C, BOSCHIROLI ML (2010). La tuberculose bovine dans la faune sauvage en France. *Bulletin Epidémiologique, santé animale-alimentation*, n°38, 28-31
- HARS J, RICHOMME C, PAYNE A, BOSCHIROLI ML (2011). Réseau « SAGIR », Faune sauvage et tuberculose bovine en France. *Faune Sauvage*, n°290, 50-51
- HARS J, RICHOMME C, RIVIERE J, FAURE E, BOSCHIROLI ML (2012). Dix années de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage française et perspectives. *Bulletin Epidémiologique, santé animale-alimentation*, n°52, 2-6
- HUTCHINGS MR, HARRIS S (1997). Effects of farm management practices on cattle grazing behaviour and the potential for transmission of bovine tuberculosis from badgers to cattle. *The Veterinary Journal*, **153**, 149-162
- HUTCHINGS MR, HARRIS S (1999). Quantifying the risks of TB infection to cattle posed by badger excreta. *Epidemiology and Infection*, **122**, 167-174
- JACKSON R, DE LISLE GW, MORRIS RS (1995). A study of the environmental survival of *Mycobacterium bovis* on a farm in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, **43**, 346-352
- JENKINS HE, MORRISON WI, COX DR, DONNELLY CA, JOHNSTON WT, BOURNE FJ *et al.* (2008). The prevalence, distribution and severity of detectable pathological lesions in badgers naturally infected with *Mycobacterium bovis*. *Epidemiology and Infection*, **136**, 1350-1361
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE (30 Décembre 1978), article 17 de la loi du 29 Décembre 1978

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (25 Avril 1997). Directive 97/12/CE du Conseil du 17 mars 1997 , portant modification et mise à jour de la directive 64/432/CEE relative à des problèmes de police sanitaire en matière d'échanges intracommunautaires d'animaux des espèces bovine et porcine

JUDGE J, McDONALD RA, WALKER N, DELAHAY RJ (2011). Effectiveness of biosecurity measures in preventing badger visits to farm buildings. *PLoS ONE*, **6**(12): e28941. doi:10.1371/journal.pone.0028941

KAMERBEEK J, SCHOOLS L, KOLK A, VAN AGTERVELD M, VAN SOOLINGEN D, KUIJPER S *et al.* (1997). Simultaneous detection and strain differentiation of *Mycobacterium tuberculosis* for diagnosis and epidemiology. *Journal of Clinical Microbiology*, **35**, 907-914.

KEET DF, KRIEK NP, BENGIS RG, MICHEL AL (2001). Tuberculosis in kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) in the Kruger National Park. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, **68**, 225-30.

LAISSE CJM, GAVIER-WIDEN D, RAMIS G, BILA CG, MACHADO A, QUEREDA JJ *et al.* (2011). Characterization of tuberculous lesions in naturally infected African buffalo (*Syncerus caffer*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, **23**, 1022-1027

LEBECCEL Y, Groupe d'Étude des Mammifères de Lorraine (2010). Le Blaireau d'Eurasie *Meles meles* en Lorraine : taille des groupes, succès reproductif et estimation de densités. *Ciconia*, **34** (1), 25-38

LITTLE TW, NAYLOR PF, WILESMITH JW (1982). Laboratory study of *Mycobacterium bovis* infection in badgers and calves. *The Veterinary Record*, **111**, 550-557

MACHACKOVA M, MATLOVA L, LAMKA J, SMOLIK J, MELICHAREK I, HANZLIKOVA M *et al.* (2003). Wild boar (*Sus scrofa*) as a possible vector of mycobacterial infections: review of literature and critical analysis of data from Central Europe between 1983 to 2001. *Vet. Med. -Czech*, **48**, 51-65

MACKINTOSH CG, DE LISLE GW, COLLINS DM, GRIFFIN JF (2004). Mycobacterial diseases of deer. *New Zealand Veterinary Journal*, **52**, 163-174

MAEDER S (2008). Etude de la tuberculose chez le sanglier (*Sus scrofa*), réservoir de la tuberculose bovine ? Enquête épidémiologique 2006-2007 en forêt de Brotonne-Mauny (France). Thèse Méd. Vét., Alfort, 121 p

MARTIN-HERNANDO MP, HOFLE U, VICENTE J, RUIZ-FONS F, VIDAL D, BARRAL M *et al.* (2007). Lesions associated with *Mycobacterium tuberculosis* complex infection in the European wild boar. *Tuberculosis*, **87**, 360-367

MC INERNEY J, SMALL KJ, CALEY P (1995). Prevalence of *Mycobacterium bovis* infection in feral pigs in the Northern Territory. *Australian Veterinary Journal*, **72**, 448-451

MICHEL AL, BENGIS RG, KEET DF, HOFMEYR M, DE KLERK LM, CROSS PC *et al.* (2006). Wildlife tuberculosis in South African conservation areas: Implications and challenges. *Veterinary Microbiology*, **112**, 91-100

MICHEL AL, BENGIS RG (2012). The African buffalo : A villain for inter-species spread of infectious diseases in southern Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, **79**, 1-5

MILLER M, JOUBERT J, MATHEBULA N, DE KLERK-LORIST LM, LYASHCHENKO KP, BENGIS R *et al.* (2012). Detection of antibodies to tuberculosis antigens in free-ranging lions (*Panthera leo*) infected with *Mycobacterium bovis* in Kruger National Park, South Africa. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **43**, 317-323

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER en charge des technologies vertes et des Négociations sur le climat (2009). Plan national de maîtrise du sanglier, un cadre d'actions techniques pour agir au plan départemental. Fiche n°4. 25 pages

MOORE JAH, ROPER TJ (2003). Temperature and humidity in badger *Meles meles* setts. *Mammal Review*, **33**, 308–313.

MOYEN JL, BRUGERE L, FAYE S, BOSCHIROLI ML (2011). Utilisation de la PCR pour le diagnostic de la tuberculose bovine. *Le Point Vétérinaire*, **312**, 68-72

MUNYEME M, MUNANG'ANDU HM (2011). A review of bovine tuberculosis in the Kafue Basin Ecosystem. *Veterinary Medicine International*, 1-9

NARANJO V, GORTAZAR C, VICENTE J, DE LA FUENTE J (2008). Evidence of the role of European wild boar as a reservoir of *Mycobacterium tuberculosis* complex. *Veterinary Microbiology*, **127**, 1–9

NUGENT G (2011). Maintenance, spillover and spillback transmission of bovine tuberculosis in multi-host wildlife complexes: A New Zealand case study. *Veterinary Microbiology*, **151**, 34-42

NUGENT G, WHITFORD J, YOCKNEY IJ, CROSS ML (2012). Reduced spillover transmission of *Mycobacterium bovis* to feral pigs (*Sus scrofa*) following population control of brushtail possums (*Trichosurus vulpecula*). *Epidemiology and Infection*, **140**, 1036-1047

OIE (2005). Tuberculose bovine. In : Manuel terrestre. 502-516 [[http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.3.3 Tuberculosebov.pdf](http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.3.3_Tuberculosebov.pdf)], (consulté le 4/04/2013)

ONCFS (2013a). *Le Cerf élaphe* [en ligne], mise à jour le 24 Juin 2013 [http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/Le-Cerf-elaphe-ar978#etat_pop], (consulté le 21/06/2013)

ONCFS (2013b). *Le Chevreuil* [en ligne], mise à jour le 24 Juin 2013 [<http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/Le-Chevreuil-ar977>], (consulté le 22/06/2013)

ONCFS (2013c). *Le Sanglier* [en ligne], mise à jour le 24 Juin 2013 [<http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/Le-Sanglier-ar994>], (consulté le 23/06/2013)

ONF (2013). *Zoom sur 10 espèces : le sanglier* [en ligne], [http://www.onf.fr/activites_nature/sommaire/decouvrir/animaux/dossier/faune/20080327-164505-594495/@@index.html], (consulté le 23/06/2013)

PALISSON A (2012). Mouvements de bovins, évaluation du risque pour la transmission de *Mycobacterium bovis* et impact sur les mesures de contrôle en France. Rapport de stage M2 (Surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales), 46 p.

PALMER MV, THACKER TC, WATERS WR (2007). Vaccination of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) with *Mycobacterium bovis* bacillus Calmette Guérin. *Vaccine*, **25**, 6589-6597

PALMER MV, THACKER TC, WATERS WR (2009). Vaccination with *Mycobacterium bovis* BCG Strains Danish and Pasteur in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) experimentally challenged with *Mycobacterium bovis*. *Zoonoses and Public Health*, **56**, 243-251

PALMER MV, THACKER TC, WATERS WR, GORTAZAR C, CORNER L (2012). *Mycobacterium bovis* : a model pathogen at the interface of livestock, wildlife, and humans. *Veterinary Medicine International*, 1-17

PFAFF E, KLEIN F, SAINT-ANDRIEUX C, GUIBERT B (2008). La situation du cerf élaphe en France. Résultats de l'inventaire 2005. *Faune Sauvage*, n°280, 40-50

PHILLIPS CJC, FOSTER CRW, MORRIS PA, TEVERSON R (2003). The transmission of *Mycobacterium bovis* infection to cattle. *Research in Veterinary Science*, **74**, 1-15

PINEAU R (2013). 300 citations pour aimer les sciences. Dunod, 128 p

Plateforme d'Epidémiosurveillance en Santé Animale. *Plateforme ESA Epidémiosurveillance santé animale* [en ligne], [http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=39&Itemid=90], (consulté le 24/06/2013)

RADUNZ B (2006). Surveillance and risk management during the latter stages of eradication: Experiences from Australia. *Veterinary Microbiology*, **112**, 283-290

REILLY LA, COURTENAY O (2007). Husbandry practices, badger sett density and habitat composition as risk factors for transient and persistent bovine tuberculosis on UK cattle farms. *Preventive Veterinary Medicine*, **80**, 129-142

RESEAU ONGULES SAUVAGES ONCFS/FNC/FDC (2012). Tableaux de chasse ongulés sauvages saison 2011–2012. *Supplément Faune Sauvage*, n°296, 8p

REVEILLAUD E (2011). Point épidémiologique sur la tuberculose bovine dans la faune sauvage en Dordogne en 2011- Évaluation du risque lié au blaireau (*Meles meles*). Thèse Méd. Vét., Nantes, 188 p

- RICHOMME C, RIVIERE J, HARS J, BOSCHIROLI ML, GUENEAU E, FEDIAEVSKY A *et al.* (2013). Tuberculose bovine : infection de sangliers dans un parc de chasse. *Bulletin Epidémiologique, santé animale-alimentation*, n°56, 14-16
- RIVIERE J, FEDIAEVSKY A, HARS J, RICHOMME C, CALAVAS D, HENDRIKX P (2012). Sylvatub : dispositif national de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage. *Bulletin Epidémiologique, santé animale-alimentation*, n°52, 7-8
- RIVIERE J, REVEILLAUD E, BOSCHIROLI ML, HARS J, RICHOMME C, FAURE E *et al.* (2013). Sylvatub: bilan d'une première année de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage en France. *Bulletin Epidémiologique, santé animale-alimentation*, n°57, 10-15
- ROBINSON PA, CORNER LAL, COURCIERA AE, McNAIR J, ARTOIS M, MENZIES FD *et al.* (2012). BCG vaccination against tuberculosis in European badgers (*Meles meles*) : A review. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 1-11
- ROGERS LM, DELAHAY R, CHEESEMAN CL, LANGTON S, SMITH GC, CLIFTON-HADLEY RS (1998). Movement of badgers (*Meles meles*) in a high-density population : individual, population and disease effects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **265**, 1269-1276
- RYAN TJ, LIVINGSTONE PG, RAMSEY DSL, DE LISLE GW, NUGENT G, COLLINS DM *et al.* (2006). Advances in understanding disease epidemiology and implications for control and eradication of tuberculosis in livestock: The experience from New Zealand. *Veterinary Microbiology*, **112**, 211-219
- SCHONING JM, CERNY N, PROHASKA S, WITTENBRINK MM, SMITH NH, BLOEMBERG G *et al.* (2013). Surveillance of bovine tuberculosis and risk estimation of a future reservoir formation in wildlife in Switzerland and Liechtenstein. *PLoS ONE*, **8**, 1-13
- SCHMITT SM, FITZGERALD SD, COOLEY TM, BRUNING-FANN CS, SULLIVAN L, BERRY D *et al.* (1997). Bovine tuberculosis in free-ranging white-tailed deer from Michigan. *Journal of Wildlife Diseases*, **33**, 749-758
- SEGALES J, VICENTE J, LUJAN L, TOUSSAINT MJ, GRUYS E, GORTAZAR C (2005). Systemic AA-amyloidosis in a European wild boar (*Sus scrofa*) suffering from generalized tuberculosis. *Journal of veterinary medicine. A, Physiology, pathology, clinical medicine*, **52**, 135-137
- SERRAINO A, MARCHETTI G, SANGUINETTI V, ROSSI MC, GIULIO ZANONI R, CATOZZI L *et al.* (1999). Monitoring of transmission of tuberculosis between wild boars and cattle : genotypical analysis of strains by molecular epidemiology techniques. *Journal of Clinical Microbiology*, **37**, 2766-2771
- SKUCE RA, McDOWELL SW, MALLON TR, LUKE B, BREADON EL, LAGAN PL *et al.* (2005). Discrimination of isolates of *Mycobacterium bovis* in Northern Ireland on the basis of variable numbers of tandem repeats (VNTRs). *The Veterinary Record*, **157**, 501-504

SMITH NH, CRAWSHAW T, PARRY J, BIRTLES RJ (2009). *Mycobacterium microti* : more diverse than previously thought. *Journal of Clinical Microbiology*, **47** (8), 2551-2559

SMITH GC, McDONALD RA, WILKINSON D (2012). Comparing badger (*Meles meles*) management strategies for reducing tuberculosis incidence in cattle. *PLoS ONE*, **7** (6), 11p

SWEENEY FP, COURTENAY O, HIBBERD V, HEWINSON RG, REILLY LA, GAZE WH *et al.* (2007). Environmental monitoring of *Mycobacterium bovis* in badger feces and badger sett soil by real-time PCR, as confirmed by immunofluorescence, immunocapture, and cultivation. *Applied and Environmental Microbiology*, **73**, 7471-7473

THOREL MF (2003). Tuberculose. In : LEFEVRE PC, BLANCOU J, CHERMETTE R. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail, Europe et régions chaudes. Paris, Editions TEC&DOC, Cachan, Editions Médicales internationales, 927-949

TOLHURST BA, DELAHAY RJ, WALKER NJ, WARD AI, ROPER TJ (2009). Behaviour of badgers (*Meles meles*) in farm buildings : opportunities for the transmission of *Mycobacterium bovis* to cattle ? *Applied Animal Behaviour Science*, **117**, 103-113

TOMA *et al.* (1991). Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, 696 p, Maisons-Alfort, AEEMA Ed

TOMA B, DUFOUR B, SANAA M, BENET JJ, SHAW A, MOUTOU F *et al.* (2001). Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures 2^e édition, 696 p, Maisons-Alfort, AEEMA Ed

TOMPKINS DM, RAMSEY DS, CROSS ML, ALDWELL FE, DE LISLE GW, BUDDLE BM (2009). Oral vaccination reduces the incidence of tuberculosis free-living brushtail possums. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, **276**, 2987-2995

VICENTE J, HOFLE U, GARCIA FERNANDEZ-DE-MERA I, GORTAZAR C (2007). The importance of parasite life history and host density in predicting the impact of infections in red deer. *Oecologia*, **152**, 655-664

VOURC'H G, BOYARD C, BARNOUIN J (2008). Mammal and bird species distribution at the woodland–pasture interface in relation to the circulation of ticks and pathogens. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1149**, 322-325

WALTER WD, ANDERSON CW, SMITH R, VANDERKLOK M, AVERILL JJ, VERCAUTEREN KC (2012). On-Farm mitigation of transmission of tuberculosis from white-tailed deer to cattle : literature review and recommendations. *Veterinary Medicine International*, 1-15

WARD AI, TOLHURST BA, WALKER NJ, ROPER TJ, DELAHAY RJ (2008). Survey of badger access to farm buildings and facilities in relation to contact with cattle. *The Veterinary Record*, **163**, 107-111

WARD AI, JUDGE J, DELAHAY RJ (2010). Farm husbandry and badger behavior : Opportunities to manage badger to cattle transmission of *Mycobacterium bovis* ? *Preventive Veterinary Medicine*, **93**, 2-10



WATERS WR, PALMER MV, BUDDLE BM, VORDERMEIER HM (2012). Bovine tuberculosis vaccine research : Historical perspectives and recent advances. *Vaccine*, **30**, 2611-2622

WELSH GOVERNMENT (2013). Bovine TB Eradication Program, IAA Badger Vaccination Project, Year 1 Report. 25 p
[\[http://wales.gov.uk/docs/drah/publications/130129iaareport2012en.pdf\]](http://wales.gov.uk/docs/drah/publications/130129iaareport2012en.pdf), (consulté le 27/06/2013)

WHITE PC, BROWN JA, HARRIS S (1993). Badgers (*Meles meles*), cattle and bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*): a hypothesis to explain the influence of habitat on the risk of disease transmission in southwest England. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, **253**, 277-84

WOBESER G (2009). Bovine tuberculosis in Canadian wildlife : An updated history. *The Canadian veterinary journal*, **50**, 1169-1176

YOUNG JS, GORMLEY E, WELLINGTON EMH (2005). Molecular detection of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium bovis* BCG (Pasteur) in soil. *Applied and Environmental Microbiology*, **71**, 1946-1952

ZANELLA G, DUVAUCHELLE A, HARS J, MOUTOU F, BOSCHIROLI ML, DURAND B (2008a). Patterns of lesions of bovine tuberculosis in wild red deer and wild boar. *The Veterinary Record*, **163**, 43-47

ZANELLA G, DURAND B, HARS J, MOUTOU F, GARIN-BASTUJI B, DUVAUCHELLE A *et al.* (2008b). Premier foyer de tuberculose à *M. bovis* dans une population de cerfs et de sangliers sauvages en France. *Bulletin Epidémiologique*, n°29, 1-5

ZANELLA G, BAR-HEN A, BOSCHIROLI ML, HARS J, MOUTOU F, GARIN-BASTUJI B *et al.* (2012). Modelling transmission of bovine tuberculosis in red deer and wild boar in Normandy, France. *Zoonoses and Public Health*, **59**, 170-178

Annexe 1 : Table d'échantillonnage adaptée à partir de l'ouvrage d'épidémiologie appliquée de TOMA *et al.* (1991)

Nombre d'animaux du troupeau	Proportion d'animaux atteints au-dessus de laquelle on souhaite repérer l'infection du troupeau (%)																		
	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45	50
10											10	7	6	4	4	4	4	4	4
20										15	12	10	8	7	6	5	5	5	5
30			39	29	34	31	24	26	24	20	18	14	11	9	7	6	5	5	4
40			48	43	38	34	28	28	26	22	20	15	11	9	8	6	5	5	4
50			55	53	42	37	30	30	27	23	22	15	12	10	8	6	5	5	4
60			62	60	45	35	31	28	25	20	19	16	12	10	8	7	6	5	4
70			67	65	48	35	32	29	26	21	20	16	12	10	8	7	6	5	4
80	78		73	70	50	37	33	30	27	24	23	17	12	10	8	7	6	5	4
90	87		77	74	52	38	34	30	27	24	23	17	12	10	8	7	6	5	4
100	95		83	80	58	41	36	32	29	26	25	17	13	10	8	7	6	5	4
150	129		94	91	64	43	37	33	29	26	25	17	13	10	8	7	6	5	4
200	155	190	105	78	61	43	37	33	29	27	26	17	13	10	8	7	6	5	4
250	227	174	112	81	64	44	38	33	30	27	27	18	13	10	8	7	6	5	4
300	259	189	117	84	65	45	39	34	30	27	27	18	13	10	8	7	6	5	4
350	287	201	121	86	66	45	39	34	30	27	27	18	13	10	8	7	6	5	4
400	310	210	124	87	67	46	39	34	31	27	27	18	13	10	8	7	6	5	4
450	331	218	126	88	68	46	39	35	31	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
500	349	224	128	89	68	46	40	35	31	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
1000	450	258	138	94	71	47	40	35	31	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
2000	559	300	143	96	72	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
3000	599	300	145	97	72	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
4000	599	300	146	97	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
5000	599	300	146	97	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
6000	599	300	146	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
7000	599	300	146	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
8000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
9000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
10000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
15000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
20000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4
30000	599	300	150	98	73	48	41	36	32	28	28	18	13	10	8	7	6	5	4

Source : NOTE DE SERVICE DGAL/SDSPA/N2011-8214 du 20 septembre 2011

Annexe 2 : Fiche de prélèvement pour les cerfs



ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE SUR L'EMERGENCE DE BACTERIOSES ZOOTIQUES COMMUNES AUX BOVINS ET A LA FAUNE SAUVAGE EN CORREZE : Evaluation de la prévalence de l'Ehrlichiose (*Anaplasma phagocytophilum*), de la Maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) et de la Tuberculose (*Mycobacterium bovis*) et du rôle des différentes espèces étudiées en tant que réservoir potentiel.

Fiche de prélèvement CERF

Pays de Chasse : _____

Personne en charge du prélèvement et coordonnées* : _____

Animal tué le _____ à _____ (lieu-dit/commune)

Renseignement sur l'animal : mâle femelle âge approximatif : _____

Etat général : bon moyen mauvais

Remarques : _____

Détail sur le prélèvement : Prélever deux tubes de sang (un tube bouchon rouge et un tube bouchon violet) aussi rapidement que possible après la mort soit par ponction intracardiaque (soulever l'antérieur gauche et piquer entre deux côtes en regard de l'articulation du coude) ou par section d'un gros vaisseau. Prélever la tête en la sectionnant au plus près du thorax et en faisant suivre la masse pulmonaire. Emballer dans deux sacs fermés hermétiquement. Agrafes cette fiche sur le deuxième sac où seront insérés les tubes de sang portant le numéro de l'animal. Conserver au froid et transférer ces prélèvements sous 5 jours maxi au LDA19.

Recherches prévues : ehrlichiose en PCR, Maladie de Lyme en IFI, tuberculose par culture ou PCR systématique sur ganglions et/ou lésions.

Matériel fourni : gants, masques, aiguilles et porte-aiguille, tubes de prélèvement, pot à prélèvement



Les différents partenaires de cette étude vous remercient du temps que vous avez bien voulu consacrer au renseignement de cette fiche et aux prélèvements réalisés ; vous serez destinataire de la synthèse réalisée à l'issue de cette étude en 2012 aux coordonnées* communiquées ci-dessus.

ANIMAL N° CE _____

Rappel des objectifs de cette étude

Certaines maladies bactériennes semblent en recrudescence ou en réémergence dans notre département, soit en nombre de cas suspectés dans les cheptels bovins (Ehrlichiose, Maladie de Lyme, Tuberculose), soit en termes de cas diagnostiqués en médecine humaine (Maladie de Lyme) ou lors de campagnes de dépistages sur la faune sauvage par le réseau SAGIR (Ehrlichiose). Ces maladies ayant par ailleurs un potentiel zoonotique avéré, une évaluation statistique de la prévalence de ces maladies sur différentes espèces classiquement décrites comme réservoirs potentiels ou suspectés dans notre département revêt un intérêt de santé publique évident. Cette étude vise donc à évaluer les prévalences en Corrèze et dans différentes zones de la Corrèze (dites Pays de Chasse au nombre de 11) des maladies suivantes : Ehrlichiose, Maladie de Lyme et Tuberculose au sein de la faune sauvage grâce à une campagne de prélèvements sur les saisons 2011 & 2012 par les Chasseurs et le réseau des piégeurs et déterreurs ainsi que parmi les bovins du département grâce aux analyses réalisées par les vétérinaires du département suite à des suspicions cliniques complétées par des analyses orientées par le GDS sur sangs de prophylaxie des bovins afin de compléter l'échantillonnage ainsi constitué. Une étude statistique tentera d'évaluer le rôle de chacune des espèces visées dans la propagation, l'amplification et/ou la persistance de ces maladies.

Comment conserver les prélèvements :

Les maintenir au frais autant que possible (4°C) jusqu'à transmission soit au cabinet vétérinaire le plus proche, soit au laboratoire départemental de Tulle. Une navette assure le transfert des prélèvements depuis les cabinets vétérinaires vers le LDA19 deux à trois fois par semaine.

Renseignements complémentaires :

GDS Corrèze : Immeuble Consulaire Le Puy Pinçon BP 30
19001 TULLE Cedex – 05 55 20 89 35

LDA19 : Le Treuil 19012 TULLE Cedex - 05 55 26 77
00



Annexe 3 : Fiche de prélèvement pour les chevreuils



ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE SUR L'EMERGENCE DE BACTERIOSES ZOONOTIQUES COMMUNES AUX BOVINS ET A LA FAUNE SAUVAGE EN CORREZE : Evaluation de la prévalence de l'Ehrlichiose (*Anaplasma phagocytophilum*), de la Maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) et de la Tuberculose (*Mycobacterium bovis*) et du rôle des différentes espèces étudiées en tant que réservoir potentiel.

Fiche de prélèvement CHEVREUIL

Pays de Chasse : _____

Personne en charge du prélèvement et coordonnées* : _____

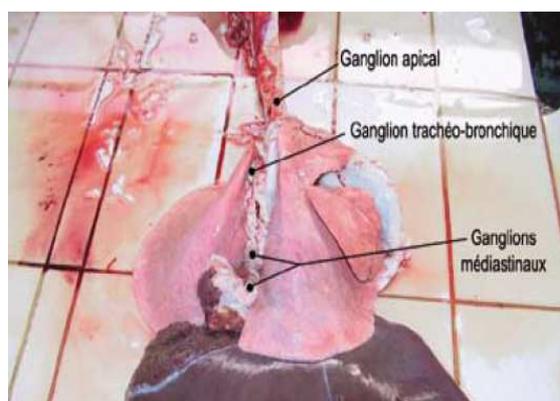
Animal tué le _____ à _____ (lieu-dit/commune)

Renseignement sur l'animal : mâle femelle âge approximatif : _
Etat général : bon moyen mauvais poids :
Présence de tiques : quelques unes beaucoup Animal : seul en bande
Tué à proximité d'une ferme (rayon de 5km) : oui non

Remarques :

***Détail sur le prélèvement** : Prélever deux tubes de sang (un tube bouchon rouge et un tube bouchon violet) aussi rapidement que possible après la mort soit par ponction intracardiaque (soulever l'antérieur gauche et piquer entre deux côtes en regard de l'articulation du coude) ou par section de la jugulaire ou d'un vaisseau périphérique. Prélever la tête en la sectionnant au plus près du thorax en faisant suivre la masse pulmonaire et emballer dans deux sacs fermés hermétiquement. Transférer les prélèvements sous 5 jours au LDA19 en les conservant à 4°C. **Agrafer cette fiche sur le deuxième sac** où seront joints les tubes de sang. **Recherches prévues** : Tuberculose par culture ou PCR systématique sur ganglions et/ou lésions, ehrlichiose en PCR, Maladie de Lyme en IFI.*

***Matériel fourni** : gants, aiguilles et porte-aiguille, tubes de prélèvement, sacs de prélèvements*



ANIMAL N° CH _____

Rappel des objectifs de cette étude

Certaines maladies bactériennes semblent en recrudescence ou en réémergence dans notre département, soit en nombre de cas suspectés dans les cheptels bovins (Ehrlichiose, Maladie de Lyme, Tuberculose), soit en termes de cas diagnostiqués en médecine humaine (Maladie de Lyme) ou lors de campagnes de dépistages sur la faune sauvage par le réseau SAGIR (Ehrlichiose). Ces maladies ayant par ailleurs un potentiel zoonotique avéré, une évaluation statistique de la prévalence de ces maladies sur différentes espèces classiquement décrites comme réservoirs potentiels ou suspectés dans notre département revêt un intérêt de santé publique évident. Cette étude vise donc à évaluer les prévalences en Corrèze et dans différentes zones de la Corrèze (dites Pays de Chasse au nombre de 11) des maladies suivantes : Ehrlichiose, Maladie de Lyme et Tuberculose au sein de la faune sauvage grâce à une campagne de prélèvements sur la saison 2010-2011 par les chasseurs et le réseau des piégeurs et déterreurs ainsi que parmi les bovins du département grâce aux analyses réalisées par les vétérinaires du département suite à des suspicions cliniques complétées par des analyses orientées par le GDS sur sangs de prophylaxie des bovins afin de compléter l'échantillonnage ainsi constitué. Une étude statistique tentera d'évaluer le rôle de chacune des espèces visées dans la propagation, l'amplification et/ou la persistance de ces maladies.

Comment conserver les prélèvements :

Les maintenir au frais autant que possible (4°C) jusqu'à transmission soit au cabinet vétérinaire le plus proche, soit au laboratoire départemental de Tulle. Une navette assure le transfert des prélèvements depuis les cabinets vétérinaires vers le LDA19 deux à trois fois par semaine.

Renseignements complémentaires :

GDS Corrèze : Immeuble Consulaire Le Puy Pinçon BP 30 19001 TULLE Cedex – 05 55 20 89 35

LDA19 : Le Treuil 19012 TULLE Cedex - 05 55 26 77 00

Les différents partenaires de cette étude vous remercient du temps que vous avez bien voulu consacrer au renseignement de cette fiche et aux prélèvements réalisés ; vous serez destinataire de la synthèse réalisée à l'issue de cette étude en 2012 aux coordonnées* communiquées ci-dessus.

Annexe 4 : Fiche de prélèvement pour les sangliers



ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE SUR L'EMERGENCE DE BACTERIOSES ZOONOTIQUES COMMUNES AUX BOVINS ET A LA FAUNE SAUVAGE EN CORREZE : Evaluation de la prévalence de l'Ehrlichiose (*Anaplasma phagocytophilum*), de la Maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) et de la Tuberculose (*Mycobacterium bovis*) et du rôle des différentes espèces étudiées en tant que réservoir potentiel.

Fiche de prélèvement SANGLIER

Pays de Chasse : _____

Personne en charge du prélèvement et coordonnées* : _____

Animal tué le _____ à _____ (lieu-dit/commune)

Renseignement sur l'animal : mâle femelle âge approximatif : _

Etat général : bon moyen mauvais poids :

Animal seul en bande

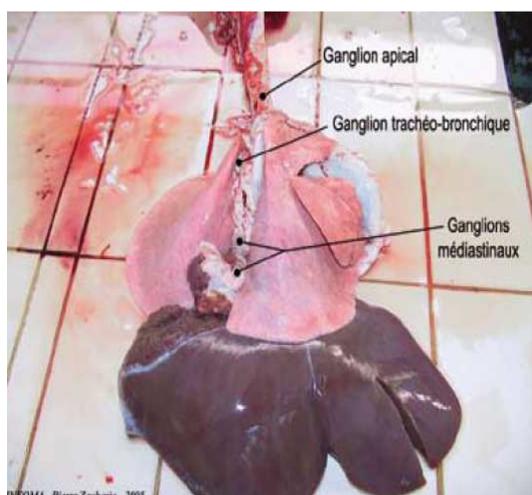
Tué à proximité d'une ferme (rayon de 5km) : oui non

Remarques : _____

Détail sur le prélèvement : Prélever la tête de l'animal en la coupant le plus près possible du thorax et en incluant la masse pulmonaire. Prélèvement à emballer dans deux sacs fermés hermétiquement, à conserver au frais à 4°C et à faire suivre au plus tôt chez le vétérinaire qui vous a été indiqué par la FDC

Recherches prévues : Tuberculose par culture ou PCR systématique sur ganglions et/ou lésions.

Matériel fourni : sacs de prélèvement, masque



ANIMAL N° SA _____

Rappel des objectifs de cette étude

Certaines maladies bactériennes semblent en recrudescence ou en réémergence dans notre département, soit en nombre de cas suspectés dans les cheptels bovins (Ehrlichiose, Maladie de Lyme, Tuberculose), soit en termes de cas diagnostiqués en médecine humaine (Maladie de Lyme) ou lors de campagnes de dépistages sur la faune sauvage par le réseau SAGIR (Ehrlichiose). Ces maladies ayant par ailleurs un potentiel zoonotique avéré, une évaluation statistique de la prévalence de ces maladies sur différentes espèces classiquement décrites comme réservoirs potentiels ou suspectés dans notre département revêt un intérêt de santé publique évident. Cette étude vise donc à évaluer les prévalences en Corrèze et dans différentes zones de la Corrèze (dites Pays de Chasse au nombre de 11) des maladies suivantes : Ehrlichiose, Maladie de Lyme et Tuberculose au sein de la faune sauvage grâce à une campagne de prélèvements sur la saison 2010-2011 par les chasseurs et le réseau des piégeurs et déterreurs ainsi que parmi les bovins du département grâce aux analyses réalisées par les vétérinaires du département suite à des suspicions cliniques complétées par des analyses orientées par le GDS sur sangs de prophylaxie des bovins afin de compléter l'échantillonnage ainsi constitué. Une étude statistique tentera d'évaluer le rôle de chacune des espèces visées dans la propagation, l'amplification et/ou la persistance de ces maladies.

Comment conserver les prélèvements :

Les maintenir au frais autant que possible (4°C) jusqu'à transmission soit au cabinet vétérinaire le plus proche, soit au laboratoire départemental de Tulle. Une navette assure le transfert des prélèvements depuis les cabinets vétérinaires vers le LDA19 deux à trois fois par semaine.

Renseignements complémentaires :

GDS Corrèze : Immeuble Consulaire Le Puy Pinçon BP 30 19001 TULLE Cedex – 05 55 20 89 35

LDA19 : Le Treuil 19012 TULLE Cedex - 05 55 26 77 00

Les différents partenaires de cette étude vous remercient du temps que vous avez bien voulu consacrer au renseignement de cette fiche et aux prélèvements réalisés ; vous serez destinataire de la synthèse réalisée à l'issue de cette étude en 2012 aux coordonnées* communiquées ci-dessus.

Annexe 5 : Fiche de prélèvement pour les blaireaux capturés dans le cadre de l'arrêté préfectoral

Fiche de commémoratifs blaireaux Surveillance « Sylvatub »

N° de fiche : BL-19-2012-011

Date d'abattage : 31/07/2012

Sexe de l'animal : ♂

Cadre réservé au laboratoire	
Date de réception :	
N° dossier :	
Visa :	
Résultats :	
PCR tub. :	(paiement GCDS)
Bactério tub. :	(paiement Adilva)
Date :	
Visa :	

AUTEUR DE LA FICHE (piégeur chasseur lieutenant de louveterie autre)

Nom et prénom : :

Commune du domicile : *SIONIAC*

N° de tel : :

Structure ou association :

LIEUTENANT DE LOUVETERIE RESPONSABLE DU SECTEUR

Nom et prénom : Damien Cantomy

Secteur : Canton de Meyssac

N° de tel : 06 20 45 33 19

LIEU DE CAPTURE

COMMUNE cocher et/ou sélectionner et/ou indiquer la commune	LIEU DIT	Localisation plus précise (voie, bois...)	Distance au terrier principal
<input checked="" type="checkbox"/> Branceilles, Chauffour sur Vell, Lagleygeolle, Marcillac la Croze, Meyssac, Le Pescher, Saint Bazile de Meyssac, Saint Julien Maumont, Tudeils <input type="checkbox"/> autre, préciser	<i>Meyssac x LEYMONIX</i>	Coordonnées GPS le cas échéant : Annoter la carte au dos	

ORIGINE DE L'ANIMAL (cocher la bonne réponse)

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Piégeage | <input type="checkbox"/> Collision par un véhicule |
| <input type="checkbox"/> Vénérie sous terre ou déterrage | <input type="checkbox"/> Autre (préciser) |
| <input type="checkbox"/> Prélèvement | |

OBSERVATIONS et commémoratifs complémentaires : (mortalité anormale, lien avec d'autres dossiers, trace de morsures récentes ou anciennes ...)

Annexe 6 : Fiche de prélèvement pour les blaireaux trouvés accidentés sur le bord des routes



ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE SUR L'EMERGENCE DE BACTERIOSES ZOONOTIQUES COMMUNES AUX BOVINS ET A LA FAUNE SAUVAGE EN CORREZE : Evaluation de la prévalence de l'Ehrlichiose (*Anaplasma phagocytophilum*), de la Maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) et de la Tuberculose (*Mycobacterium bovis*) et du rôle des différentes espèces étudiées en tant que réservoir potentiel.

Fiche de prélèvement BLAIREAU

Pays de Chasse : _____
Personne en charge du prélèvement et coordonnées* : _____

Animal trouvé le _____ à _____ (lieu-dit/commune)

Renseignement sur l'animal : mâle femelle âge approximatif : _____
Etat général : bon moyen mauvais
Remarques :

Détail sur le prélèvement : Prélever l'animal entier, l'emballer dans deux sacs fermés hermétiquement et le faire passer au laboratoire sous 72h pour extraction des ganglions rétropharyngiens et recherches d'éventuelles lésions pulmonaires. (conservation au frais)
Recherches prévues : tuberculose par culture ou PCR.
Matériel fourni : gants, masques et sacs de prélèvement



ANIMAL N° BL _____

Rappel des objectifs de cette étude

Certaines maladies bactériennes semblent en recrudescence ou en réémergence dans notre département, soit en nombre de cas suspectés dans les cheptels bovins (Ehrlichiose, Maladie de Lyme, Tuberculose), soit en termes de cas diagnostiqués en médecine humaine (Maladie de Lyme) ou lors de campagnes de dépistages sur la faune sauvage par le réseau SAGIR (Ehrlichiose). Ces maladies ayant par ailleurs un potentiel zoonotique avéré, une évaluation statistique de la prévalence de ces maladies sur différentes espèces classiquement décrites comme réservoirs potentiels ou suspectés dans notre département revêt un intérêt de santé publique évident. Cette étude vise donc à évaluer les prévalences en Corrèze et dans différentes zones de la Corrèze (dites Pays de Chasse au nombre de 11) des maladies suivantes : Ehrlichiose, Maladie de Lyme et Tuberculose au sein de la faune sauvage grâce à une campagne de prélèvements sur les saisons 2010 & 2011 par les Chasseurs et le réseau des piégeurs et déterreurs ainsi que parmi les bovins du département grâce aux analyses réalisées par les vétérinaires du département suite à des suspicions cliniques complétées par des analyses orientées par le GDS sur sangs de prophylaxie des bovins afin de compléter l'échantillonnage ainsi constitué. Une étude statistique tentera d'évaluer le rôle de chacune des espèces visées dans la propagation, l'amplification et/ou la persistance de ces maladies.

Comment conserver les prélèvements :

Les maintenir au frais autant que possible (4°C) jusqu'à transmission soit au cabinet vétérinaire le plus proche, soit au laboratoire départemental de Tulle. Une navette assure le transfert des prélèvements depuis les cabinets vétérinaires vers le LDA19 deux à trois fois par semaine.

Renseignements complémentaires :

GDS Corrèze : Immeuble Consulaire Le Puy Pinçon BP 30 19001 TULLE Cedex – 05 55 20 89 35

LDA19 : Le Treuil 19012 TULLE Cedex - 05 55 26 77 00

Les différents partenaires de cette étude vous remercient du temps que vous avez bien voulu consacrer au renseignement de cette fiche et aux prélèvements réalisés ; vous serez destinataire de la synthèse réalisée à l'issue de cette étude en 2012 aux coordonnées* communiquées ci-dessus.

Annexe 7 : Fiche de prélèvement pour les micromammifères



ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE SUR L'EMERGENCE DE BACTERIOSES ZOONOTIQUES COMMUNES AUX BOVINS ET A LA FAUNE SAUVAGE EN CORREZE : Evaluation de la prévalence de l'Ehrlichiose (*Anaplasma phagocytophilum*), de la Maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) et de la Tuberculose (*Mycobacterium bovis*) et du rôle des différentes espèces étudiées en tant que réservoir potentiel.

Fiche de prélèvement MICROMAMMIFERES

Pays de Chasse : _____

Personne en charge du prélèvement et coordonnées* : _____

Animal trouvé le _____ à _____ (lieu-dit/commune)

Renseignement sur l'animal : mâle femelle âge approximatif :
Etat général : bon moyen mauvais
Remarques :

Détail sur le prélèvement : Prélever un tube de sang (bouchon violet) aussi rapidement que possible après la mort idéalement par ponction intracardiaque (soulever l'antérieur gauche et piquer entre deux côtes en regard de l'articulation du coude) ou sur un vaisseau périphérique . Emballer l'animal entier dans deux sacs etagrafer cette fiche sur le deuxième sac où le tube de sang aura été inséré. Transmission au LDA19 sous 72 h et conserver au frais à 4°C.

Recherches prévues : ehrlichiose en PCR, tuberculose par culture ou PCR systématique.

Matériel fourni : gants, aiguilles et porte-aiguille, tubes de prélèvement et sac de prélèvement



ANIMAL N° MF _____



Rappel des objectifs de cette étude

Certaines maladies bactériennes semblent en recrudescence ou en réémergence dans notre département, soit en nombre de cas suspectés dans les cheptels bovins (Ehrlichiose, Maladie de Lyme, Tuberculose), soit en termes de cas diagnostiqués en médecine humaine (Maladie de Lyme) ou lors de campagnes de dépistages sur la faune sauvage par le réseau SAGIR (Ehrlichiose). Ces maladies ayant par ailleurs un potentiel zoonotique avéré, une évaluation statistique de la prévalence de ces maladies sur différentes espèces classiquement décrites comme réservoirs potentiels ou suspectés dans notre département revêt un intérêt de santé publique évident. Cette étude vise donc à évaluer les prévalences en Corrèze et dans différentes zones de la Corrèze (dites Pays de Chasse au nombre de 11) des maladies suivantes : Ehrlichiose, Maladie de Lyme et Tuberculose au sein de la faune sauvage grâce à une campagne de prélèvements sur les saisons 2011 & 2012 par les Chasseurs, le réseau des piégeurs et déterreurs et le Service Hygiène du GDS, ainsi que parmi les bovins du département grâce aux analyses réalisées par les vétérinaires du département suite à des suspicions cliniques complétées par des analyses orientées par le GDS sur sangs de prophylaxie des bovins afin de compléter l'échantillonnage ainsi constitué. Une étude statistique tentera d'évaluer le rôle de chacune des espèces visées dans la propagation, l'amplification et/ou la persistance de ces maladies.

Comment conserver les prélèvements :

Les maintenir au frais autant que possible (4°C) jusqu'à transmission soit au cabinet vétérinaire le plus proche, soit au laboratoire départemental de Tulle. Une navette assure le transfert des prélèvements depuis les cabinets vétérinaires vers le LDA19 deux à trois fois par semaine.

Renseignements complémentaires :

GDS Corrèze : Immeuble Consulaire Le Puy Pinçon BP 30 19001 TULLE Cedex – 05 55 20 89 35

LDA19 : Le Treuil 19012 TULLE Cedex - 05 55 26 77 00

<p>Les différents partenaires de cette étude vous remercient du temps que vous avez bien voulu consacrer au renseignement de cette fiche et aux prélèvements réalisés ; vous serez destinataire de la synthèse réalisée à l'issue de cette étude en 2012 aux coordonnées* communiquées ci-dessus.</p>
--

Annexe 8 : Méthode de recherche des bacilles tuberculeux par culture sur milieu solide (norme NF U 47-104, version en vigueur de 2003)

➤ Préparation de l'échantillon pour analyse : décontamination et broyage

Entre 2 et 5 grammes de chaque échantillon sont prélevés après avoir éliminé le caséum. Ils sont coupés en petits morceaux à l'aide d'un scalpel et déposés dans un sachet adapté au broyeur péristaltique. Puis, une solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 4% est ajoutée en quantité suffisante pour recouvrir le prélèvement. Deux à trois gouttes d'un indicateur pH coloré, le Bleu de Bromothymol (BBT), y sont également déposées. Ensuite, le mélange est broyé 3 minutes à l'aide d'un broyeur péristaltique programmé à la vitesse maximale. Afin que le temps de contact total avec l'acide soit de 10 minutes, nous laissons agir 7 minutes supplémentaires. Enfin, pour neutraliser la suspension, de la soude (NaOH) à 6% est ajoutée en homogénéisant, jusqu'au virage du jaune au vert stable. Puis, nous laissons déposer les grosses particules. L'étape de neutralisation est répétée si nécessaire, jusqu'à l'obtention d'un vert stable.

➤ Isolement

L'ensemencement du surnageant obtenu est réalisé sur des milieux de culture solides et leurs incubations s'effectuent à trois températures différentes. Ainsi, trois milieux de Löwenstein-Jensen (LJ) sont incubés à 37°C ± 2°C à raison d'une oëse, une goutte et trois gouttes de surnageant. Puis, un milieu de Coletsos® est incubé à 37°C ± 2°C à raison de 3 gouttes de surnageant. Enfin, un milieu LJ est incubé à 30°C ± 2°C et un autre à 42°C ± 2°C à raison de 3 gouttes de surnageant chacun. L'incubation des tubes de culture est effectuée en position inclinée, sans visser les bouchons à fond.

➤ Lecture et interprétation

Lors de la première lecture, à 8 jours, les tubes contaminés* sont éliminés et les tubes conservés sont revissés et remis à incuber en position horizontale. Ensuite, les pentes sont examinées, pour une croissance macroscopique, à intervalles réguliers de 15 jours jusqu'à la fin de l'incubation à 3 mois.

Les colonies apparaissent en général entre la 1^{ère} et la 2^{ème} semaine d'incubation pour les mycobactéries à croissance rapide, et entre la 3^{ème} et la 4^{ème} semaine pour les mycobactéries à croissance lente.

Le profil de croissance caractéristique et l'aspect macroscopique des colonies peuvent un diagnostic de présomption de *M. bovis* (sur LJ, colonies colorées « cire de bougie », dysgoniques et lisses, visibles à 28 jours ou plus) ou *M. tuberculosis* (sur LJ, colonies de couleur beige, eugoniques et rugueuses, visibles entre 14 et 28 jours) (BOURGOIN A et AGIUS G, 1995). Cependant, ce résultat partiel positif doit être obligatoirement confirmé par des épreuves d'identification de l'agent pathogène.

A l'inverse, en l'absence de colonies ou en présence de colonies non suspectes sur ce milieu de primo-culture, *-colonies à croissance rapide (en moins de 7 jours, contamination ou mycobactéries atypiques) ou dont l'aspect macroscopique ne permet pas de supposer une mycobactérie tuberculeuse* – le résultat bactériologique de l'échantillon analysé est considéré comme négatif.

* **Remarque** concernant la proportion de tubes contaminés à la 1^{ère} lecture : s'il ne reste qu'un seul tube non contaminé à 37 °C, à la lecture à 8 jours, le reliquat de broyat est réanalysé en suivant le protocole alternatif de décontamination suivant :

Le reliquat du broyat est repris et le surnageant est éliminé. Puis, un volume de NaOH à 4% , égal à celui du culot, est ajouté en présence de 2 à 3 gouttes de BBT. Après homogénéisation, le mélange est incubé à $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 1 heure. Ensuite, pour neutraliser la suspension, du H_2SO_4 à 10% est ajouté en homogénéisant, jusqu'au virage du bleu au vert stable. Enfin, après avoir laissé déposer les grosses particules, l'ensemencement du surnageant peut être réalisé.

Annexe 9 : Mode opératoire du test PCR IS6110 de LSI

Dans le Kit TaqVet® *M. tuberculosis* complex, chaque échantillon (ADN obtenu après extraction) est analysé en bicupule :

- une cupule est utilisée pour la détection spécifique de l'ADN bactérien ;
- une cupule est utilisée pour la détection de l'IPC (Internal Positive Control).

L'IPC permet de vérifier à la fois l'absence d'inhibiteurs dans les échantillons et l'efficacité de l'extraction et de l'amplification PCR.

Le Kit TaqVet® comprend un set de nucléotides MTBC, un set de nucléotides IPC, un EPC (ADN *M. bovis* déjà extrait, contrôle positif), un IPC et un flacon de « master mix » pour PCR Taqman®ADN.

Le mix réactionnel PCR est à reconstituer. Ainsi, pour des échantillons à analyser (5µL), le mix réactionnel (20µL) comprend :

- 12,5 µL de « master mix » ;
- 2µL de séquences spécifiques ;
- 5,5 µL d'eau ultra pure (DNase/RNase free).

Le volume final d'une réaction PCR (par puits) est de 25 µL. Ainsi, 5 µL d'échantillon ou de témoin sont distribués, selon un plan de distribution de la plaque PCR de 96 puits (Tableau 16).

Tableau 16. Exemple de plan de distribution des échantillons et des témoins dans les puits d'une plaque PCR de 96 puits, pour un système d'amplification et de détection des cibles génétiques dans deux cupules (Tub et IPC)

	Mix Tub	Mix IPC	Mix Tub	Mix IPC	Mix Tub	Mix IPC	Mix Tub	Mix IPC	Mix Tub	Mix IPC	Mix Tub	Mix IPC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	EPC <i>M. bovis</i>	EPC <i>M. bovis</i>										
B	NCS	NCS										
C	NC	NC										
D	Ech 1	Ech 1										
E	Ech 2	Ech 2										
F	Ech 3	Ech 3										
G	.../...	.../...										
H												

Un témoin d'extraction négative nommé NCS (Negative Control Sample) est employé. Il s'agit simplement de PSB qui est extrait comme un échantillon. Les résultats permettent de vérifier l'absence de contamination par l'IS6110 (MTBC) et/ou l'IPC lors de l'extraction.

Un témoin d'amplification, nommé NC (Negative Control) est aussi utilisé. Ce NC est composé uniquement de « mix ». Les résultats permettent de vérifier la préparation du Mix et le dépôt des échantillons.

Enfin, un témoin d'amplification positif pour la cible IS6110 nommé EPC (External Positive Control) est proposé dans le kit. Cet EPC est de l'ADN extrait de *M. bovis*. Les résultats permettent de vérifier l'efficacité de l'amplification par PCR de l'IS6110.

L'amplification et la détection des cibles IS6110 et IPC s'effectuent donc dans deux cupules différentes. Elles sont réalisées avec un système de détection des séquences, le thermocycleur ABI PRISM™ SDS 7500.

Le programme nécessaire à cette réaction comprend trois étapes de chauffage :

- étape 1 : 2 minutes à 50°C
- étape 2 : 10 minutes à 95°C
- étape 3 : 15 secondes à 95°C puis 1 minute à 60°C _ Répétition : 45

A la fin de l'analyse PCR, la ligne de base qui correspond au seuil de fluorescence doit être établie. Les résultats de ce test sont alors exprimés en valeur de cycle seuil (Ct).

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

TUBERCULOSE À *Mycobacterium bovis* DANS LA FAUNE SAUVAGE DE CORRÈZE : BILAN ÉPIDÉMIOLOGIQUE 2011-2012

NOM : BLANCHARD

Prénom : Anne-Sophie

Résumé :

Entre 2000 et 2012, six élevages de bovins ont été déclarés infectés de tuberculose à *Mycobacterium bovis* en Corrèze. Observant que la faune sauvage en France, mais aussi dans d'autres pays européens, comme le Royaume-Uni, contribue à la tuberculose des animaux d'élevage, des bovins en particulier, le Groupement Corrèzien de Défense Sanitaire a souhaité évaluer la présence de cette maladie chez différentes espèces sauvages, sur l'ensemble du département.

Ainsi, une enquête épidémiologique a été menée durant la saison 2011-2012 dans le but de connaître le tableau lésionnel et la prévalence de la maladie chez le cerf, le chevreuil, le sanglier, le blaireau et les micromammifères. Les nœuds lymphatiques céphaliques et pulmonaires ont été mis systématiquement en culture (et une PCR a été réalisée en plus chez les blaireaux). Aucun des 38 cerfs, 98 chevreuils, 38 sangliers, 34 blaireaux et 17 micromammifères prélevés n'a été trouvé infecté, ni même porteur de lésions.

Les résultats obtenus semblent indiquer que ces espèces ne sont pas des réservoirs de tuberculose bovine au moment de l'étude ; le risque que les bovins se contaminent à partir de la faune sauvage peut donc être considéré comme faible. Toutefois, cette dernière doit continuer à faire l'objet d'une surveillance, dont les modalités sont définies chaque année par le réseau Sylvatub.

Mots clés :

TUBERCULOSE BOVINE / *Mycobacterium bovis* / GROUPEMENT DE DÉFENSE SANITAIRE / ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE / PRÉVALENCE DES MALADIES / ÉLEVAGE BOVIN / FAUNE SAUVAGE / CERF / *Cervus elaphus* / CHEVREUIL / *Capreolus capreolus* / SANGLIER / *Sus scrofa* / BLAIREAU / *Meles meles* / MICROMAMMIFÈRE / CORRÈZE

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Pr. MILLEMANN Yves

Assesseur : Pr. BENET Jean-Jacques

Invité : Dr Christelle ROY

TUBERCULOSIS DUE TO *Mycobacterium bovis* IN THE WILDLIFE IN CORREZE: 2011-2012 EPIDEMIOLOGY STUDY RESULTS

SURNAME : BLANCHARD

Given name : Anne-Sophie

Summary :

Between 2000 and 2012, six cattle farms in Correze were declared contaminated by tuberculosis due to *Mycobacterium bovis*. It has been observed in France, as well as in other European countries such as the United Kingdom, that wildlife is contributing to tuberculosis in livestock, particularly in cattle. On this basis, a farmers association called the “Groupement Corrèzien de Défense Sanitaire” wanted to assess the presence of this disease in different wild species in the whole department.

Thus, an epidemiological survey has been conducted during the 2011-2012 season in order to evaluate the prevalence of the disease and of lesions in deer, roe deer, wild boar, badger and small mammals. Cephalic and pulmonary lymph nodes were systematically cultured and PCR was also performed on badgers. None of the 38 deer, 98 roe deer, 38 wild boars, 34 badgers and 17 small mammals collected were found infected nor carrying lesions.

At the time of the study, the results indicated that these species did not host bovine tuberculosis. Therefore, the risk of contaminating cattle from wildlife can be considered low. However, wildlife should go on being monitored on the basis of terms defined each year by the Sylvatub network.

Keywords :

BOVINE TUBERCULOSIS / *Mycobacterium bovis* / GROUPEMENT DE DÉFENSE SANITAIRE / EPIDEMIOLOGICAL SURVEY / PREVALENCE OF DISEASES / CATTLE / WILDLIFE / DEER / *Cervus elaphus* / ROE DEER / *Capreolus capreolus* / WILD BOAR / *Sus scrofa* / BADGER / *Meles meles* / SMALL MAMMAL / CORREZE

Jury :

President : Pr.

Director : Pr. MILLEMANN Yves

Assessor : Pr. BENET Jean-Jacques

Guest : Dr Christelle ROY