

Dans ce numéro de Novembre 2020, vous trouverez cinq articles et une brève en santé animale. Les deux premiers articles font particulièrement écho à l'actualité sanitaire chez l'Homme et l'animal. Dans le contexte global de la Covid, François Moutou présente dans le premier article l'ordre des Chiroptères en insistant particulièrement sur les aspects de leur biologie pouvant se traduire en termes de vecteurs ou de réservoirs pour différents microorganismes, dont les coronavirus. Le deuxième article traite d'influenza aviaire alors que le niveau de risque a été relevé ces dernières semaines en raison de l'explosion du nombre de contaminations en Europe du Nord et que le 1er foyer en faune domestique vient d'être détecté en France. Les résultats de surveillance obtenus dans l'étude menée par l'Anses et le Synalaf montrent que le risque d'exposition aux virus d'influenza aviaire lié à l'élevage plein air peut être limité par les mesures de biosécurité visant à réduire le contact volailles — oiseaux sauvages, telles que la claustration en période à risque.

La tuberculose fait l'objet de deux articles dans ce numéro. Le premier dresse un bilan sur la tuberculose bovine dans un département indemne après la découverte en 2015 d'un sanglier infecté. Le second est une étude qui pointe des pistes d'amélioration dans les pratiques de dépistage de la tuberculose bovine, ces pistes ayant été prises en compte depuis dans le plan de lutte national contre la tuberculose, notamment via des mesures financières d'accompagnement.

Le cinquième article de ce numéro évalue les coûts de surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France suite à la résurgence de 2015. Il montre l'importance de la connaissance des coûts des systèmes de surveillance pour l'évaluation de l'efficience de chaque dispositif, et à l'identification des pistes d'amélioration pour répondre aux enjeux à la fois sanitaire et budgétaire imposés par des contraintes toujours plus importantes.

Enfin, une brève fait le point sur l'identification d'un nouveau virus influenza porcin H1avN2 dans plusieurs élevages en Bretagne. Cette analyse confirme l'intérêt d'un suivi rapproché des futurs épisodes grippaux dans les élevages à risque, ainsi que la poursuite des actions de surveillance des swIAVs par l'ensemble des acteurs impliqués afin d'appréhender l'installation ou non de ce nouveau virus dans les élevages français.

La réorganisation du bulletin épidémiologique se poursuit avec la mise en ligne des articles au fur et à mesure de leur production et la mise en place prochaine d'un système d'alerte automatique sur les publications.

Bonne lecture

### L'apport des chiroptères à l'épidémiologie

Résumé. Les chauves-souris ou Chiroptères intéressent les épidémiologistes et les responsables de santé publique depuis moins longtemps que d'autres groupes de mammifères. Néanmoins, depuis la fin du siècle précédent, plusieurs émergences de maladies nouvelles ont fait réaliser que les seuls mammifères volants occupaient peut-être une place privilégiée dans l'étude et la compréhension de certains cycles épidémiologiques. Pour vérifier si cette hypothèse est réaliste cette revue se propose de débuter par une présentation générale de l'ordre des Chiroptères en insistant particulièrement sur les aspects de leur biologie pouvant se traduire en termes de vecteurs ou de réservoirs pour différents microorganismes. Comme la science des chauves-souris, la chiroptérologie, est elle-même assez jeune, il reste encore beaucoup d'avancées à réaliser dans ce domaine. De nombreuses questions sont toujours sans réponse. La seconde partie de cet article passe en revue quatre familles virales pour lesquelles les Chiroptères semblent jouer un rôle épidémiologique particulier et où se trouvent quelques virus responsables d'infections potentiellement lourdes de conséquences. La conclusion propose quelques éléments autour d'une relation apaisée humains - chauves-souris.

### Situation sanitaire favorable vis-a-vis de *l'influenza* aviaire des poulets label rouge et biologiques en France en 2018

L'élevage de poulets de chair en plein-air connaît un développement constant en France mais l'accès des volailles à l'extérieur peut entraîner un risque accru d'exposition des animaux aux virus de l'influenza aviaire (IA) pouvant circuler dans l'avifaune sauvage. Une enquête sérologique a été menée volontairement par le Synalaf, syndicat représentant les productions avicoles plein air Label Rouge et biologiques en France, entre mars et juillet 2018. L'objectif était de détecter une éventuelle circulation de l'IA chez ces volailles à la suite de l'épizootie d'IA hautement pathogène survenue à l'hiver 2016-2017 en France. Cent-dix lots de poulets de chair plein-air ont été prélevés dans onze abattoirs de dix départements. Cinq sérums par lot ont été analysés par ELISA NP ciblant tout sous-type de virus Influenza A. Aucun sérum et aucun lot de poulets n'ont été détectés positifs. La séroprévalence des lots de poulets plein-air vis-à-vis de l'IA était donc de 0 % (intervalle de confiance à 95 % [0,0-3,4]). Ce résultat, comparable à ceux précédemment obtenus dans les enquêtes sérologiques nationales entre 2009 et 2015, montre que les mesures de biosécurité appliquées en élevages de poulets de chair plein-air contribuent à limiter le risque d'exposition de ces volailles aux virus.

### Tuberculose bovine : bilan de la surveillance 2015-2018 en Sologne suite à la découverte d'un sanglier infecté en 2015 dans un département indemne

Cet article dresse le bilan de la surveillance mise en œuvre à la suite de la découverte, lors d'une opération de chasse, d'un sanglier infecté par *Mycobacterium bovis* en janvier 2015 dans le Loir et Cher, département indemne de tuberculose bovine en élevage depuis 1986. De 2015 à 2018, les mesures de prophylaxie en élevage ont été appliquées conformément aux prescriptions réglementaires, tout comme celles relatives à la surveillance de la faune sauvage en milieu ouvert (353 sangliers et 269 cerfs analysés, correspondant à un taux de réalisation de l'échantillonnage de 269 % et 207 % respectivement) et dans les territoires clos (taux de réalisation moyen de 107 % pour les sangliers et de 100 % pour les cerfs). Dans ces territoires privés, le déploiement des mesures de surveillance à l'échelle de plusieurs parcs et enclos est une situation inédite en France. Aucun autre animal infecté par la tuberculose bovine que le sanglier de 2015 n'a finalement été détecté. Le profil génétique de la souche de M. bovis de ce sanglier ne correspond à aucun des profils de souches connues comme circulantes ou ayant circulé depuis 40 ans en France, et est à ce jour non décrit à l'étranger. Aussi, la ré-émergence d'une souche locale est écartée ; l'hypothèse d'une introduction ponctuelle d'un ou quelques sangliers infectés demeure la plus probable, mais sans que l'origine géographique, à l'échelle nationale ou internationale, ne puisse être définie. Ce cas souligne l'intérêt de la surveillance événementielle par examen de carcasse du gibier qui a permis la détection de l'infection en 2015 chez un sanglier, alors que l'infection n'était présente qu'à très faible prévalence.

### Étude des pratiques de dépistage de la tuberculose bovine par les vétérinaires sanitaires en France à travers des enquêtes qualitative et quantitative

La persistance et circulation au sein de certains élevages bovins français de *Mycobacterium bovis*, agent de la tuberculose bovine, questionne l'efficacité du système de surveillance de cette maladie. Dans ce contexte, dans un premier temps, nous avions pour objectif de collecter des données qualitatives sur la réalisation par les vétérinaires de l'acte de dépistage par intradermotuberculination et sur leur perception de la lutte contre cette maladie afin de réaliser, dans un second temps, une estimation quantitative de ces pratiques et perceptions. Les résultats ont montré l'existence de nonconformités dans la réalisation de l'acte, notamment dans le choix du site d'injection, la vérification de la qualité de l'injection et la lecture des résultats. Des pratiques de sous-déclaration des résultats ont également été identifiées comme fréquentes. Les données relatives à la perception témoignaient d'une réelle conscience de la nécessité de la lutte et d'une certaine abnégation des vétérinaires, compte tenu des contraintes de terrain (techniques et pratiques) qui apparaissaient être un réel frein à la bonne réalisation du dépistage. Une perception positive de l'acte et de la lutte semblait associée à de meilleures pratiques, renforçant l'idée qu'une sensibilisation continue des vétérinaires est nécessaire, du besoin de limiter la pénibilité (meilleure contention) et de renforcer l'attractivité (rémunération, relationnel avec les autorités sanitaires...) de la réalisation de ces dépistages.

### Évaluation des coûts liés aux dispositifs de surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France continentale suite à la résurgence de 2015

La nécessité de disposer de systèmes de surveillance efficients des maladies infectieuses animales rend nécessaire des études sur le coût de ces dispositifs. L'objectif de ce travail était de quantifier les coûts de la surveillance de la fièvre catarrhale ovine (FCO) au sein de la filière bovine et du suivi entomologique à la suite de la résurgence du sérotype 8 de la FCO en France continentale en septembre 2015. Les honoraires vétérinaires ont été extraits des conventions départementales entre les professions vétérinaires et agricoles et de la réglementation, les coûts unitaires des analyses ont été fournis par certains laboratoires agréés et le volume de chaque opération a été obtenu du système d'information de la DGAI (Sigal), du Laboratoire national de référence FCO et du Cirad. Entre septembre 2015 et décembre 2016, le coût total des opérations de surveillance en filière bovine a été estimé à 14,4 M€ HT, incluant 8,6 M€ HT pour les dépistages pré-mouvements à la charge des éleveurs, 4 M€ HT pour les enquêtes programmées, 1,6 M€ HT pour la gestion des suspicions, et 148k€ HT pour la surveillance évènementielle, prises en charge par l'État. Le coût des opérations de surveillance entomologique a été estimé à 214 k€ HT, payés par l'État. Ces estimations sont sous-estimées car elles ne prennent pas en compte les coûts liés à la gestion administrative et à l'animation du dispositif de surveillance bovine. La connaissance des coûts du système de surveillance est un travail nécessaire à l'évaluation coût-efficacité de chaque dispositif, et à l'identification des pistes d'amélioration pour répondre aux enjeux à la fois sanitaire et budgétaire imposés par des contraintes toujours plus importantes.

### Brève. Identification d'un nouveau virus *influenza* porcin H1avN2 dans plusieurs élevages en Bretagne

Des virus influenza A porcins (swIAVs) de quatre lignages génétiques sont connus pour circuler de manière enzootique dans les élevages de porcs en Europe (Tableau 1). Les swIAVs enzootiques les plus fréquemment rencontrés en France appartiennent aux lignages H1avN1 et H1huN2 (Hervé et al. 2019). D'autres virus sont également détectés sporadiquement, notamment de lignage H1avN2, issus de réassortiments générés à la faveur de co-infections, par des virus porcins enzootiques (Tableau 1, #A et #B), ou des virus porcin et humain (Tableau 1, #C et #D), ou introduits depuis un autre pays (Tableau 1, #E) (Bonin et al. 2016). Les analyses génétiques et antigéniques approfondies réalisées par l'Anses en aval des actions de surveillance des swIAVs qui circulent sur le territoire, actions menées parallèlement par le réseau national Résavip, CEVA et l'Anses, ont récemment permis d'identifier un virus H1avN2 d'un nouveau génotype en Bretagne (Tableau 1, #F).

### Article 1

Étude des pratiques de dépistage de la tuberculose bovine par les vétérinaires sanitaires en France à travers des enquêtes qualitative et quantitative

### Article 2

Situation sanitaire favorable vis-a-vis de l'*influenza* aviaire des poulets label rouge et biologiques en France en 2018

### Article =

Évaluation des coûts liés aux dispositifs de surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France continentale suite à la résurgence de 2015

### Article 4

Brève. Identification d'un nouveau virus *influenza* porcin H1<sub>av</sub>N2 dans plusieurs élevages en Bretagne

### Article 5

L'apport des chiroptères à l'épidémiologie

### Article 6

Tuberculose bovine: bilan de la surveillance 2015-2018 en Sologne suite à la découverte d'un sanglier infecté en 2015 dans un département indemne

### Paper '

Investigation of bovine tuberculosis screening practices by veterinarians in France through qualitative and quantitative surveys

### Paper 2

Favourable health situation with regard to avian influenza in freerange and organic broilers in 2018 in France

### Paper 3

Estimation of costs related to the bluetongue surveillance system in France after the re-emergence in 2015

### Paper 4

Short item. Identification of a novel swine influenza virus H1avN2 in several herds in Brittany

### Paper 5

The epidemiological importance of bats

### Paper 6

Bovine tuberculosis: results of the 2015-2018 surveillance in Sologne [Center of France] following the discovery of an infected wild boar in 2015 in a TB-free area

# pidémiologique Santé animale - alimentation

### Novembre 2020 Étude des pratiques de dépistage de la

tuberculose bovine par les vétérinaires sanitaires en France à travers des enquêtes qualitative et quantitative

Guillaume Crozet G, Barbara Dufour, Julie Rivière Auteur correspondant : julie.riviere@vet-alfort.fr

ENVA, Unité d'Epidémiologie des Maladies Infectieuses animales (USC Anses), Maisons-Alfort, France

### Addendum

Le plan de lutte national contre la tuberculose bovine adopté par la Dgal décline plusieurs actions visant à corriger certaines pratiques identifiées dans cet article. Des programmes de formations à la tuberculination des bovins à destination des vétérinaires sanitaires ont été élaborés avec la Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires (SNGTV) et des réunions d'informations et de sensibilisation sont régulièrement tenues par les DD(CS)PP avec les vétérinaires sanitaires dans les départements infectés.

La lutte contre la tuberculose ne peut être efficace que si certains prérequis sont respectés, notamment : pour les éleveurs, assurer une contention efficace des animaux permettant la réalisation des opérations de dépistage nécessaires à la lutte et telles que définies par la réglementation et pour les vétérinaires, conduire les opérations qui leur sont confiées ou pour lesquelles ils sont habilités ou mandatés conformément aux instructions en vigueur. Les DD(CS)PP réalisent des supervisions ciblées de clientèles vétérinaires dont les taux de déclarations de résultats non négatifs en IDC sont anormalement faibles. Cela peut conduire à l'amélioration de la contention par les éleveurs et de la pratique de l'IDC. Les Groupements de défense sanitaire (GDS) sont mis à contribution pour apporter une aide à la contention quand cela s'avère nécessaire.

Énfin, des mesures financières d'accompagnement ont été généralisées afin que la rémunération du vétérinaire sanitaire soit revalorisée.

La persistance et circulation au sein de certains élevages bovins français de Mycobacterium bovis, agent de la tuberculose bovine, questionne l'efficacité du système de surveillance de cette maladie. Dans ce contexte, dans un premier temps, nous avions pour objectif de collecter des données qualitatives sur la réalisation par les vétérinaires de l'acte de dépistage par intradermotuberculination et sur leur perception de la lutte contre cette maladie afin de réaliser, dans un second temps, une estimation quantitative de ces pratiques et perceptions. Les résultats ont montré l'existence de non-conformités dans la réalisation de l'acte, notamment dans le choix du site d'injection, la vérification de la qualité de l'injection et la lecture des résultats. Des pratiques de sous-déclaration des résultats ont également été identifiées comme fréquentes. Les données relatives à la perception témoignaient d'une réelle conscience de la nécessité de la lutte et d'une certaine abnégation des vétérinaires, compte tenu des contraintes de terrain (techniques et pratiques) qui apparaissaient être un réel frein à la bonne réalisation du dépistage. Une perception positive de l'acte et de la lutte semblait associée à de meilleures pratiques, renforçant l'idée qu'une sensibilisation continue des vétérinaires est nécessaire, du besoin de limiter la pénibilité (meilleure contention) et de renforcer l'attractivité (rémunération, relationnel avec les autorités sanitaires, ...) de la réalisation de ces dépistages.

Tuberculose bovine, vétérinaire sanitaire, intradermotuberculination, dépistage, surveillance

Investigation of bovine tuberculosis screening practices by veterinarians in France through qualitative and quantitative

The persistence and circulation of Mycobacterium bovis (agent of bovine tuberculosis) in some French cattle farms challenges the effectiveness of the surveillance system of this disease. In this context, our aim was to collect qualitative data on the realisation of the intradermal screening test by the veterinarians and their perception of the surveillance and control measures against this disease. In a second step, we made a quantitative estimation of these practices and perceptions. The results highlighted nonconformities in the execution of the intradermal screening test, mainly involving the choice of the injection site, the verification of the quality of the injection and the reading of the results. Furthermore, the underreporting of some results was relatively frequent. Analysis of perception data showed that veterinarians were aware of the need to control this disease and a certain resilience, given the field constraints (technical and practical) which appeared to represent a real obstacle to the successful implementation of the screenings. A positive perception of the intradermal screening tests and control measures seemed to be associated with better field practices, reinforcing the idea that a continuous awareness of the veterinarians is necessary, the need to limit the difficulties (better cattle restraint) and to reinforce the attractiveness (financial remuneration, better relationships with health authorities, ...) of the implementation of these screenings.

### Keywords:

Bovine tuberculosis, official veterinarian, intradermal skin test, screening, surveillance

### Introduction

La France a officiellement obtenu le statut indemne de tuberculose bovine (TB) en 2001 en conservant une prévalence inférieure au seuil réglementaire de 0,1 % pendant six années (décision n°1999/467/CE du 27 décembre 2000<sup>(1)</sup>). Depuis cette date, l'infection a toujours persisté sur le territoire français, dans l'espèce bovine mais également dans la faune sauvage (Gortázar et al. 2012; Hardstaff et al. 2014; Hauer et al. 2015; Réveillaud et al. 2018). Elle est considérée comme réémergente dans certaines zones telles que le Sud-Ouest. Ce phénomène questionne l'efficacité de la surveillance de la TB en France.

Cette surveillance repose sur la réalisation périodique par les vétérinaires sanitaires (VS) de tests de dépistage, les intradermotuberculinations (ID) dans les élevages ; la réalisation de ce même test lors de mouvements de bovins et sur l'inspection visuelle des carcasses de bovins à l'abattoir. L'ID est donc un élément central de la surveillance ante mortem de la TB. Il s'agit d'un geste technique devant répondre à des prescriptions réglementaires (Directive 97/12/ CE du 17 mars 1997<sup>(2)</sup>) mais pouvant être difficile à mettre en œuvre sur le terrain. Sa sensibilité est imparfaite, avec une valeur médiane de 83,9 % (valeurs pouvant varier de 53 % à 100 %) pour le test simple (IDS) et une valeur médiane de 80,0 % (valeurs pouvant varier entre 52 % et 100 %) pour le test comparatif (IDC) (permettant néanmoins de gagner en spécificité) (De La Rua-Domenech et al. 2006; Schiller et al. 2010; Bezos et al. 2014). Une méta-analyse récente, prenant en compte les données disponibles dans la littérature, a décrit une sensibilité médiane de 94 % (intervalle de crédibilité à 95 % de [49-100]) et de 63 % (intervalle de crédibilité à 95 % de [40-94]) pour l'IDC (Downs et al. 2018, Nuñez-Garcia et al. 2018). Un certain nombre de facteurs peuvent contribuer à faire baisser cette sensibilité, notamment les pratiques de réalisation de ce test sur le terrain (De La Rua-Domenech et al. 2006; Marie-France Humblet, Boschiroli, et Saegerman 2009). Cette sensibilité imparfaite peut conduire à une sous détection des bovins infectés, et donc des élevages infectés; elle peut donc constituer un frein à l'éradication de cette maladie. Par ailleurs, compte tenu du défaut de spécificité des tests de dépistage, un certain nombre de résultats positifs sont attendus, même dans des élevages supposés être indemnes. Or, le nombre de résultats non-négatifs notifiés par certains vétérinaires est en-deçà de ce qui serait théoriquement attendu (note de service DGAL/SDSPA/2017-841 du 23 octobre 2017<sup>(3)</sup>). Nous nous sommes ainsi intéressés aux raisons expliquant les écarts observés entre les résultats obtenus sur le terrain et les résultats attendus.

Dans ce contexte, il nous semblait essentiel d'étudier la réalisation des ID par les VS sur le terrain. Nous avions pour premier objectif de collecter des données qualitatives sur la réalisation de l'acte ainsi que sur la perception qu'ont les VS de cette surveillance et de la lutte en général contre la TB. Notre second objectif était de réaliser une estimation quantitative des principales pratiques et modèles décisionnels préalablement identifiés à l'aide de l'étude qualitative, en administrant un questionnaire en ligne auprès de VS. Ces données quantitatives seront notamment utiles au paramétrage de modèles stochastiques plus complexes, permettant d'estimer le rapport coûtefficacité du dépistage de la TB en France.

### Matériel et méthodes

### Enquête qualitative

L'objectif de la première étape, qualitative, était de mieux comprendre les différences constatées entre les résultats du dépistage attendus et ceux obtenus sur le terrain, en identifiant les contraintes pratiques de réalisation des ID, ainsi que les freins et leviers de la participation au dépistage de la TB pour les VS. Pour cela, nous avons réalisé des entretiens semi-directifs, reposant sur des notions de sociologie des normes et de sociologie cognitive (Birlouez 2010), accompagnés, lorsque cela était possible, d'observations visuelles de la réalisation de l'acte d'ID.

Les entretiens ont été réalisés dans des départements des typologies différentes, afin d'appréhender diverses situations pouvant être rencontrées par les VS. Les quatre départements les plus touchés par la TB au cours de ces dernières années (Côte-d'Or, Dordogne, Landes et Pyrénées-Atlantiques) ont été enquêtés entre janvier et février 2018 par un groupe d'étudiants de l'Ecole Nationale des Services Vétérinaires (ENSV). Une étudiante en stage de Master Pagers<sup>(4)</sup> a continué les investigations entre mai et juin 2018 dans des départements moins impactés ayant des caractéristiques variables : la Vienne (indemne depuis 2011, rythme de prophylaxie quadriennal en IDS sauf dans les élevages à risque), l'Yonne (indemne depuis 2013, absence de prophylaxie sauf dans des zones classées à risque en raison d'un risque particulier d'exposition - foyers bovins ou sauvages-), et la Vendée (indemne depuis plus de dix ans, absence de prophylaxie). Pour chacun de ces départements, des VS ruraux ont été sélectionnés en fonction de leur localisation géographique, afin de maximiser la diversité des situations sur le terrain.

La construction de la grille d'entretien utilisée lors de l'interview a reposé sur des hypothèses, initialement au nombre de trois, permettant d'expliquer les modalités de réalisation des dépistages : (i) difficultés techniques pour la réalisation de l'ID, (ii) possibles sous-déclarations de résultats (douteux ou positifs), (iii) perte de sens pour les VS de la lutte contre la TB. La grille a ainsi été divisée en cinq parties : caractéristiques du VS, organisation du travail dans la clinique, formation, réalisation d'actes de terrain, opinion du VS sur la TB et sa lutte. La conformité de la réalisation de l'acte d'ID, a été étudiée (soit par observation visuelle si l'entretien a eu lieu en période de prophylaxie, soit par description orale) pour les cinq étapes suivantes : repérage de la zone, mesure du pli de peau, injection, lecture à J3, gestion des résultats. Le critère de conformité a été évalué par rapport au référentiel du VS, émanant de la Direction départementale en charge de la protection des populations (DDecPP), qui peut différer de celui émanant de la DGAl; sans notion de jugement sur la qualité du travail car l'adaptation de pratiques à une réalité de terrain ne nuit pas forcément à l'efficacité des mesures.

Les entretiens ont été enregistrés en format audio, après obtention de l'accord des VS. Suite à la retranscription la plus fidèle possible des discours, les différentes idées, opinions, perceptions exprimées par les VS ont été analysées individuellement (de manière anonyme, des numéros ayant été attribués à chaque VS; seul le département a été conservé); puis de manière collective pour identifier les éléments communs semblant importants.

### Enquête quantitative

Pour réaliser l'enquête quantitative, la sélection d'un échantillon de VS ruraux a été réalisée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, 34 départements ont été sélectionnés de façon raisonnée (non probabiliste). Nous avons pris en compte quatre variables d'intérêt, afin d'illustrer au mieux la diversité des contextes en lien avec la TB pouvant être rencontrée sur le territoire français : (i) le

<sup>(1)</sup> Décision de la Commission du 27 décembre 2000 modifiant pour la quatrième fois la décision 1999/467/CE établissant le statut de troupeau officiellement indemne de tuberculose dans certains États membres ou régions d'États membres (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [notifiée sous le numéro C(2000) 4144]. (2) 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.

<sup>(3)</sup> Note de service DGAL/SDSPA/2017-841 du 23 octobre 2017 sur les modalités techniques et financières de mise en œuvre de la campagne de prophylaxie 2017-2018 concernant la tuberculose bovine en régions Nouvelle-Aquitaine et Occitanie.

<sup>(4)</sup> Master 2 en science politique, spécialité « politiques publiques et gouvernement comparé », parcours « politiques de l'alimentation et gestion des risques sanitaires ».

nombre de bovins du département (seuls les départements avec une activité d'élevage significative ont été retenus (> 40 000 bovins)); (ii) l'incidence de la TB sur la période 2012-2016, illustrant l'historique de la TB dans la zone; (iii) le rythme des dépistages de la TB dans le département qui influence d'expérience des VS pour la réalisation des ID et (iv) la typologie dominante de production bovine (laitier, bovin allaitant charolais, bovin allaitant limousin, bovin allaitant blond d'Aquitaine, bovin allaitant autre, typologie dominante autre), pouvant influencer les conditions de réalisation de l'ID (la contention, entre autres).

Au sein de ces 34 départements, nous avons sélectionné l'ensemble des VS ayant déclaré avoir une activité rurale ou mixte à dominante rurale dans l'annuaire de la profession (Roy 2017) et possédant une adresse mail valide ; ce qui correspondait à 1 084 vétérinaires. Le questionnaire était découpé en quatre parties : informations sur la clientèle, contention bovine dans la clientèle, acte d'ID et perception autour de cet acte et de la lutte contre la TB, informations personnelles. Les questions ont été orientées d'après les informations préalablement recueillies dans l'étude qualitative. Le questionnaire a ensuite été testé auprès d'un panel de VS ruraux (n = 9, non-inclus par la suite) puis administré aux VS précédemment sélectionnés. Ils ont reçu par mail le lien vers les questions élaborées à l'aide du logiciel LimeSurvey<sup>ND</sup>. Le questionnaire était disponible en ligne du 5 juillet 2018 (date d'envoi des mails) au 13 septembre 2018 et deux relances espacées d'un mois ont été effectuées.

Deux scores synthétiques ont également été établis pour permettre certaines analyses :

- Un score de **réalisation** de l'ID issu de la compilation de notes associées à chaque réponse portant sur la réalisation de l'acte. Chaque étape de l'acte était pondérée d'après un travail de Humblet *et al.* (2011) pour prendre en compte leur impact différent sur le risque de générer des faux-négatifs. Le score final était compris entre 0 et 1; 0 correspondant à une réalisation parfaite et 1 à une réalisation catastrophique pour la sensibilité du dépistage.
- Un score de perception de l'ID et de la lutte contre la TB. De façon similaire, des notes ont été attribuées aux réponses des items portant sur la perception. La note globale a été recodée pour être comprise entre 0 et 1; 0 correspondant à une perception totalement positive et 1 à une perception totalement négative.

Les analyses descriptives et les modèles de régressions linéaires simples et multiple ont été effectuées à l'aide des logiciels R (R Core Team, 2019) et R Studio (RStudio Team, 2015) et des packages « car » (Fox et Weisberg, 2019) et «lmerTest » (Kuznetsova et al., 2017).

### Résultats

### Enquête qualitative

Au total, 67 VS ont été rencontrés dans sept départements (10 en Côte-d'Or, 14 dans les Pyrénées-Atlantiques, 8 dans les Landes, 10 en Dordogne, 7 dans l'Yonne, 7 en Vendée, 8 dans la Vienne). 24 VS ont refusé de participé à l'étude. Les entretiens ont duré entre 30 minutes et quatre heures. Ils ont permis d'identifier des points critiques de réalisation du dépistage de la TB pouvant constituer des freins, ainsi que des facteurs motivationnels. Les résultats détaillés ont été publiés dans deux rapports (Guillon et al. 2018; Gully 2018).

Réalisation pratique de l'acte d'ID : les situations de non-conformités concernaient les mêmes étapes dans les départements fortement et faiblement infectés par la TB, à savoir l'injection (non réinjection en cas de doute ou lorsque la première injection n'a pas été correctement réalisée) et les conditions de réalisation de la lecture à J3 (pas toujours réalisée par le même VS, avec parfois un arrondi des mesures au cutimètre). Le repérage de la zone et la mesure du pli de peau étaient globalement conformes pour l'ensemble des VS. La proportion de non-conformités était plus élevée dans les départements faiblement impactés par la TB pour la mesure du pli de peau, la lecture à J3 et de façon plus marquée pour l'injection (figure 1). Sur les raisons de ces adaptions pour la non-réinjection, les VS ont fourni pour principales explications une peur de la « double dose » (risque de générer des résultats faussement positifs) et une dégradation du relationnel avec l'éleveur. L'absence de notification des résultats non-négatifs auprès de la DDecPP était justifiée par les conséquences négatives pour l'éleveur, jugées démesurées, en raison de la faible VPP. Les justifications fournies étaient ainsi toujours en lien avec une adaptation d'un acte réglementaire à la réalité de terrain, également influencée par la perception de la lutte contre la TB.

<u>Perception de la lutte contre la TB</u>: Plusieurs types de freins ont été exprimés par les VS.

Freins techniques: dans les zones où la prévalence de la TB est élevée, c'est la dangerosité qui est le premier frein technique cité par les VS. Dans les départements où la prévalence est plus faible, elle a été moins spontanément évoquée, et, le cas échéant, avec un registre lexical moins fort. Des difficultés de contention expliquent en grande partie cette notion de dangerosité. Une bonne contention semble plus difficile à obtenir chez les éleveurs des départements fortement impactés (effet de lassitude, incompréhension de la répétition des tests sur de nombreux animaux) que dans les départements où peu de tests sont effectués. La majorité des VS ont mentionné que l'ID

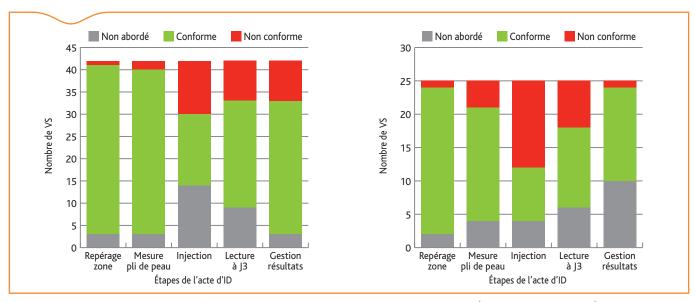


Figure 1. Comparaison des pratiques d'IDC dans les départements avec une forte prévalence (21/24/40/64, à gauche) et les départements ayant une prévalence faible (85/86/89, à droite)

était un acte chronophage, surtout lorsque la prophylaxie est réalisée régulièrement. Pour la plupart, ils ont également évoqué la subjectivité du test, en particulier la mesure du pli de peau et les problèmes de résultats faussement positifs pour les VS réalisant régulièrement des prophylaxies.

La préférence de l'IDC par rapport à l'IDS a été citée dans certains discours, notamment car, d'après les VS, elle facilite les relations avec les éleveurs, tout en permettant de diminuer le nombre d'abattages diagnostiques. Elle traduit implicitement une meilleure reconnaissance du travail fourni par l'administration à travers une meilleure rémunération de l'acte.

Freins économiques: dans les départements fortement impactés par la TB qui réalisaient des campagnes de prophylaxie régulières avec des conditions techniques de réalisation souvent difficiles et chronophages, la majorité des VS ont mentionné que la rémunération était insuffisante par rapport au temps passé et au regard de la dangerosité de l'acte. Pour les zones avec des campagnes de prophylaxie régulières mais des conditions techniques de réalisation plus faciles, les VS étaient dans l'ensemble satisfaits de la rémunération. La majorité des VS qui réalisent très peu d'actes n'abordaient spontanément pas la question de la rémunération.

Freins socio-psychologiques: La difficulté de positionnement entre vétérinaire libéral et salarié a régulièrement été citée par les VS, notamment ceux qui réalisent un nombre important d'ID par an sont confrontés quotidiennement à des choix et des prises de position entre les intérêts de clientèle (vis-à-vis de l'éleveur) et les intérêts de santé publique (vis-à-vis de leur mission de VS). La relation étroite entre un VS et son éleveur peut être à la fois un atout, permettant par exemple une aide lors de la contention des bovins, mais également une difficulté si les éleveurs utilisent cette relation (affective et/ou financière) pour faire pression sur le VS lors de la lecture et de la gestion des résultats. Le relationnel avec les agents des DDecPP influence également l'adhésion à la réalisation d'un acte techniquement contraignant.

Plusieurs facteurs motivationnels ont été cités : tout d'abord, de nombreux VS se sentent investis d'une mission de santé publique, considérant l'aspect zoonotique de la TB. Le maintien du statut indemne pour les exportations de bovins semble également être une motivation économique importante, valable également dans les départements faiblement infectés, même si dans ces départements cela correspond plus à une source d'inquiétude qu'une source de motivation. Un certain nombre de VS ont également mentionné leur conscience professionnelle vis-à-vis de la réalisation d'un acte réglementé. Enfin, plusieurs VS ont souligné le fait de vouloir maintenir de bonnes relations avec leur clientèle, notamment dans les départements fortement touchés par la TB.

Ainsi, le fait de ne pas réaliser l'acte d'ID de manière strictement conforme au référentiel réglementaire semble principalement lié aux contraintes pratiques et au relationnel avec l'éleveur, plus qu'à une perte de sens vis-à-vis de cette lutte. Davantage de contraintes ont été mentionnées par les VS issus de départements fortement impactés par la TB, mais ceux-ci ont également cité davantage de motivations pour la réalisation du geste.

### Étude quantitative

Un total de 240 VS a répondu au questionnaire (participation de 19,4 %). 234 questionnaires ont permis d'analyser les réponses relatives à la perception de l'acte d'ID et de la lutte contre la TB (6 vétérinaires ne réalisaient pas d'ID), et 210 pour les données relatives aux pratiques d'ID (24 questionnaires n'étaient pas exploitables pour la partie portant sur les pratiques en raison d'incohérences dans les réponses des VS). Les résultats détaillés sont disponibles dans la publication de Crozet et al. (2019).

**Réalisation pratique de l'acte d'ID :** les données recueillies sur les pratiques d'ID détaillaient chaque étape de la procédure, à savoir, le

choix du site d'injection, la préparation du site, le choix du matériel d'injection, la vérification de la qualité de l'injection, la lecture et la déclaration des résultats. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1.

Concernant l'acte d'IDS, les étapes de choix du site d'injection, de vérification de la qualité de l'injection et de lecture des résultats semblaient présenter des difficultés d'application sur le terrain. Pour chacune de ces étapes, 64,3 %  $[57,4;70,8]_{IC.95\%}$ ; 39,5 %  $[32,9;46,5]_{IC.95\%}$  des VS respectaient systématiquement la réglementation (instruction technique DGAL/SDSPA/2019-581 du 31 juillet 2019<sup>(5)</sup>). Par ailleurs, seulement 85,2 %  $[79,7;89,7]_{IC.95\%}$  des VS ont annoncé déclarer systématiquement les résultats non-négatifs, immédiatement ou de manière décalée (tableau 1). Lorsque les vétérinaires avaient recours à l'IDC, les non-conformités de réalisation de l'acte étaient moins fréquentes et la proportion de déclaration des résultats non négatifs était plus élevée (90,8 %  $[85,7;94,6]_{IC.95\%}$ ) (tableau 1).

Perception de l'acte d'ID et de la lutte contre la TB: les résultats relatifs à la perception de l'acte d'ID et de la lutte contre la TB sont présentés dans le tableau 2. Ces données illustrent un manque de confiance des VS dans les tests utilisés. Ainsi, la subjectivité de la lecture des résultats des tests était fréquemment mentionnée. Certains aspects tels que la charge administrative associée aux dépistages, la réglementation perçue comme non adaptée à la réalité du terrain et le blocage des élevages en attendant les recontrôles apparaissaient également comme des contraintes pour les vétérinaires.

Concernant les freins à l'éradication de la TB, la qualité des tests, surtout pour IDS, et la présence de certaines espèces de la faune sauvage infectées étaient fréquemment mentionnés. La rémunération, le danger et le double rôle VS / vétérinaire praticien étaient, dans une moindre mesure, également considérés comme des obstacles (tableau 2). Néanmoins, pour les VS cette lutte restait essentielle puisque la TB est une zoonose majeure et pour le maintien du statut officiellement indemne (tableau 2).

Par la suite, le modèle de régression linéaire multiple a permis d'identifier différentes variables associées au score de réalisation de l'acte d'ID. Le modèle final obtenu après la procédure de sélection de variables est présenté dans le tableau 3. Ainsi, le score de perception, le nombre d'années en pratique rurale et la proportion d'IDC pratiquées avaient un effet significatif sur le score de réalisation de l'ID après ajustement. La perception et la proportion d'IDC réalisées présentaient une association positive avec la réalisation de l'acte alors que l'association était négative pour le nombre d'années de pratique en clientèle rurale. L'effet le plus fort sur les pratiques d'ID a été observé avec le score de perception (tableau 3).

### **Discussion**

### Matériel et méthodes

Ce travail a été conduit de manière séquentielle : la première étape, qualitative, a permis de collecter les informations et hypothèses nécessaires à la réalisation de la seconde étape, quantitative.

Méthode qualitative: le choix des VS rencontrés n'a pas été réalisé par un échantillon aléatoire parmi la population de VS de chaque département. Il n'était pas lié à des critères spécifiques tels que le sexe ou l'âge. La population étudiée n'est donc pas représentative de l'ensemble des VS, mais cela n'était pas l'objectif recherché dans cette première étude de type qualitatif. Nous avons, au contraire, souhaité privilégier la diversité géographique et épidémiologique des situations. Le nombre de VS rencontrés (en moyenne 10 par département) a été

<sup>(5)</sup> Instruction technique DGAL/SDSPA/2019-581 du 31 juillet 2019 portant sur la tuberculose bovine : dispositions techniques au dépistage sur animaux vivant, modification.

Tableau 1. Réalisation des ID et gestion des résultats par les VS

Site d'injection (n=210)	%	IC95%
Encolure systématiquement	64,3	[57,4-70,8]
Encolure uniquement si bovins non-nerveux, pas d'IDT pour les bovins nerveux	17,6	[12,7-23,5]
Encolure si bovins non-nerveux, autre site pour les bovins nerveux	7,6	[4,4-12,1]
Pas de réalisation d'IDT si bovins trop nerveux dans l'élevage	6,2	[3,3-10,4]
Autre site d'injection pour tous les bovins si certains sont nerveux	4,3	[2-8]
Préparation du site d'injection (n=210)		
Ciseaux	41,4	[34,7-48,4]
Tondeuse	45,7	[38,8-52,7]
Rasoir	8,6	[5,2-13,2]
Marquage sans coupe de poils	0,5	[0-2,6]
Variable	2,4	[0,8-5,5]
Aucune préparation	1,4	[0,3-4,1]
Matériel d'injection (n=210)		
Seringues et aiguilles	1,4	[0,3-4,1]
Dermojet	0,5	[0-2,6]
McLintock	73,3	[66,8-79,2]
Muto	12,4	[8,2-17,6]
Synthéna	12,4	[8,2-17,6]
Vérification de la qualité de l'injection (n=210)		
Vérification systématique de la présence d'un rejet mais pas de réinjection si rejet et difficultés de contention	4,3	[2-8]
Pas de vérification de l'absence de rejet, notamment si difficultés de contention	32,4	[26,1-39,2]
Vérification systématique de la présence d'un rejet mais pas de réinjection si rejet par peur de générer un faux-positif	19,5	[14,4-25,5]
Vérification systématique de la présence d'un rejet et réinjection ajustée à l'échappement objectivé si tel est le cas	4,3	[2-8]
Vérification systématique de la présence d'un rejet et réinjection d'une dose complète si échappement de tuberculine	39,5	[32,9-46,5]
Personne effectuant la lecture (n=210)		
Parfois un autre vétérinaire que celui ayant injecté	30	[23,9-36,7]
Toujours le même que celui ayant injecté	70	[63,3-76,1]
Délai de lecture (n=210)		
Reportée au lendemain si lecture impossible à J3	96,2	[92,6-98,3]
Avancée si lecture impossible à J3	3,8	[1,7-7,4]
Modalité de lecture (n=210)		
Au cutimètre systématiquement	23,3	[17,8-29,6]
Au cutimètre si un doute uniquement, mesure comparée à un pli mesuré à J3 sur une zone non-injectée	18,6	[13,6-24,5]
Au cutimètre si un doute uniquement, mesure comparée à au pli mesuré à JO avant l'injection	50	[43-57]
Lecture uniquement par palpation	8,1	[4,8-12,6]
Lecture dans le cas de difficultés de contention importantes (n=210)		
À distance	15,7	[11,1-21,4]
Selon la réglementation	84,3	[78,6-88,9]
Isolement des bovins ayant fourni un résultat non-négatif (n=210)		
Isolement des bovins ayant fourni un résultat non-négatif	58,6	[51,6-65,3]
Pas d'isolement des bovins ayant fourni un résultat non-négatif	41,4	[34,7-48,4]
Gestion des résultats non-négatifs (n=210)		
Notification immédiate à la DDecPP	21,4	[16,1-27,6]
Notification en décalé à la DDecPP	63,8	[56,9-70,3]
Recontrôle six semaines après, sans notification à la DDecPP	13,8	[9,4-19,2]
Interprétation comme un faux-positif et pas de notification	1	[0,1-3,4]
Réalisation des IDC (n=188)		
Mesures des plis de peau sur les deux sites à J0 avant injection et comparaison aux deux mesures réalisées à J3	41,1	[33,9-48,5]
Mesure d'un pli de peau à J0 et comparaison aux plis de peau des deux sites d'injections à J3	8,1	[4,6-13]
Aucune mesure de pli de peau à J0, trois mesures à J3 : deux au niveau des sites d'injection, comparé à une mesure d'un pli à	3,2	[1,2-6,9]
coté en zone non-injectée  Mesure des plis de peau sur les deux sites à JO avant injection et mesures des plis de peau à J3 uniquement si une réaction est		
palpable	47,6	[40,2-55]
Déclaration des résultats non-négatifs en IDC (n=188)	1.0	[0.2.4.7]
Pas de déclaration si un seul résultat douteux pour l'élevage	1,6	[0,3-4,7]
	90,8	[85,7-94,6]
Déclaration systématique de tous les résultats douteux	7	[3,8-11,7]
Pas de déclaration systématique même si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable		
Pas de déclaration systématique même si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Déclaration seulement si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable	0,5	[0-3]
Pas de déclaration systématique même si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Déclaration seulement si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Utilisation du cutimètre (n=210)	0,5	
Pas de déclaration systématique même si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Déclaration seulement si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Utilisation du cutimètre (n=210)  Possède un cutimètre	95,2	[91,4-97,7]
Pas de déclaration systématique même si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Déclaration seulement si plusieurs résultats douteux lors de contexte épidémiologique favorable  Utilisation du cutimètre (n=210)	0,5	[0-3] [91,4-97,7] [4,4-12,1] [9,4-19,2]

Tableau 2. Perception des vétérinaires vis-à-vis de l'acte d'ID et de la lutte contre la TB

	%	IC95%
Concernant l'acte d'ID (n=234)		
Possède des informations de la part des autorités sanitaires	62	[55,4-68,2]
Pense être en mesure de réaliser une IDT de façon satisfaisante	72,6	[66,5-78,3]
Pense qu'une actualisation des connaissances sur l'IDT nécessaire	17,9	[13,3-23,5]
Pense que l'IDT est le meilleur test actuellement disponible	23,1	[17,8-29]
Pense que l'interprétation des IDT est trop subjective	46,6	[40,1-53,2]
Pense qu'il est nécessaire de réévaluer la partie administrative associée au dépistage (report, transmission des résultats,)	26,9	[21,4-33,1]
Pense qu'il est nécessaire d'adapter les recommandations à la réalité de terrain	33,3	[27,3-39,8]
Pense qu'il est nécessaire d'arrêter de bloquer les élevages pendant six semaines en cas d'obtention de résultats non-négatifs	25,6	[20,2-31,7]
Freins à l'éradication de la tuberculose bovine (n=234)		
Souligne les imperfections de l'IDS	69,2	[62,9-75,1]
Souligne les imperfections de l'IDC	34,6	[28,5-41,1]
Met en avant la faune sauvage en tant que potentiel réservoir	68,4	[62-74,3]
Souligne le manque de reconnaissance de la part des autorités sanitaires	29,1	[23,3-35,3]
Souligne la rémunération insuffisante des IDT	41,9	[35,5-48,5]
Souligne le danger lié à la réalisation de l'IDT	38,9	[32,6-45,5]
Souligne la double casquette vétérinaire "praticien" et "sanitaire"	34,6	[28,5-41,1]
Au sujet de la lutte contre la tuberculose bovine, les VS pensent qu'elle est (n=234)		
Essentielle car c'est une zoonose grave	81,6	[76,1-86,4]
Essentielle pour garder le statut indemne	84,2	[78,9-88,6]
Essentielle pour garder un cheptel exempt de maladies transmissibles	37,6	[31,4-44,2]
Essentielle pour finir un travail initié depuis des décennies	35	[28,9-41,5]
Inutile car la situation de la tuberculose bovine est favorable	0,4	[0-2,4]
Inutile car les résultats ne seront jamais au rendez-vous	1,7	[0,5-4,3]

Tableau 3. Résultats du modèle de régression linéaire et effets des variables sélectionnées sur le score de réalisation de l'ID

	Estimateur	IC 95%	Р	IIQ	Effet de la variation d'un IIQ
Ordonnée à l'origine	0,125	[0,056 ; 0,195]	< 0,001		
Nombre d'années de pratique en clientèle rurale	2,48e-03	[7,62e-04 ; 4,21e-03]	0,005	28-9	0,047
Proportion d'IDC	-5,58e-04	[-1,02e-03 ; -9,44e-05]	0,018	90-10	-0,045
Score de perception	0,459	[0,299 ; 0,618]	< 0,001	0,409-0,227	0,083

IIQ : intervalle inter-quartile IC : intervalle de confiance Statistique F: 14,28

: intervalle de confiance P : 1,73e-08

R<sup>2</sup> ajusté: 0,1601 Écart type des résidus: 0,1314 (206 degrés de liberté)

Les estimateurs renseignent sur l'effet de la variation d'une unité de chaque variable étudiée sur le score de réalisation de l'IDT. Les intervalles interquartiles (IIQ) des variables incluses dans le modèle et l'effet de la variation d'un IIQ de ces mêmes variables ont été fournis de façon à mieux appréhender leur effet sur le score de réalisation de l'ID en les faisant varier selon des valeurs probables (l'IIQ). À titre d'exemple, un gain d'expérience de 19 ans (28 ans – 9 ans) en clientèle rurale aboutit à un score de réalisation de l'acte d'ID augmenté de 0,047 (donc à des pratiques moins conformes).

Les valeurs p obtenues, toutes inférieures à 0,05, montrent que les variables sélectionnées dans le modèle final sont toutes associées de façon significative au score de réalisation de l'1D (au risque d'erreur 🗆 de 5 %).

Le R<sup>2</sup>, la statistique F, la valeur P du modèle et l'écart type des résidus fournissent des informations quant à la qualité de l'ajustement du modèle par rapport aux données observées.

choisi de façon empirique en prenant en compte les contraintes de temps imposées pour la réalisation de l'étude. Une partie des entretiens a porté sur la réalisation d'une action régalienne, encadrée par un référentiel réglementaire précis : il est ainsi légitime de s'interroger sur l'honnêteté des propos des VS; mais l'expression spontanée d'écarts à la norme (la plupart du temps accompagnée de justifications liées aux difficultés techniques de réalisation de l'acte) laisse supposer que les biais de discours ont été finalement, relativement limités.

Méthode quantitative: le questionnaire conçu afin de recueillir des données quantitatives sur la réalisation de l'acte d'ID et de perception s'appuyait largement sur les résultats de l'étude qualitative, afin de formuler des questions et propositions de réponses pertinentes, déjà ancrées dans la réalité de terrain des VS. Quelques réserves peuvent être émises sur ce type de protocole, reposant sur l'administration d'un questionnaire en ligne, même s'il s'agissait d'un moyen efficace pour cibler une population d'étude de plus grande taille. Tout d'abord, l'échantillon n'a pas été sélectionné de façon aléatoire et la

participation, bien que pouvant être considérée comme bonne pour ce type d'enquête, restait faible. Il pouvait donc affecter l'exactitude des résultats (biais de sélection). Néanmoins, ce phénomène a probablement été limité du fait d'un choix raisonné des départements d'étude afin de maximiser la représentativité de la population d'étude. Il est par ailleurs également important de rappeler que les réponses obtenues étaient fondées sur du déclaratif, exposant ainsi à un potentiel biais de mesure (biais de désirabilité sociale poussant les VS à sous déclarer les non-conformités par exemple). Ce type de biais a pu cependant être limité par l'anonymisation du questionnaire.

### Résultats

Suite à la réalisation de l'étude qualitative auprès des VS, plusieurs difficultés liées à l'acte de dépistage ont été mises en évidence. Les principaux freins et facteurs motivationnels influençant l'adhésion des VS à la lutte contre la TB, dont la plupart ont été confirmés ou renforcés à travers l'enquête quantitative, ont permis de révéler certaines informations.

Ainsi, les principales non-conformités lors de l'acte d'IDT pouvant avoir un impact important sur la sensibilité du dépistage identifiées lors de la première étape concernaient majoritairement l'injection, la lecture à J3 et la gestion des résultats non-négatifs. Les résultats de l'étude quantitative ont permis de confirmer, de préciser l'importance de ces non-conformités et d'objectiver également de meilleures pratiques lors de la réalisation de l'IDC par rapport à l'IDS; informations non fournies par l'enquête qualitative. Ces meilleures pratiques sont probablement à mettre en lien avec la nécessité d'une meilleure contention pour l'IDC, puisqu'il s'agit d'un acte plus long et technique à réaliser. Il est également probable que la meilleure confiance dans ce test (en comparaison à l'IDS), la meilleure perception déjà objectivée dans l'enquête qualitative et une meilleure rémunération conduisent à de meilleures pratiques.

Concernant la déclaration des résultats non-négatifs, le VS est confronté à un choix (particulièrement pour les résultats douteux) : soit il déclare à la DDecPP tout résultat non-négatif obtenu (tel que prévu dans la réglementation), quel que soit le contexte (situation épidémiologique du département, de l'élevage...), soit il réalise sa propre analyse de risque et ne déclare pas systématiquement. Dans ce dernier cas, qui semble fréquent d'après l'étude quantitative, les arguments donnés par le VS pour justifier sa pratique dépendent uniquement de son jugement, contrairement aux arguments avancés dans un cadre technique qui se veulent objectifs. En effet, ces arguments reposent sur sa connaissance et sa perception des contraintes liées à une déclaration (blocage de l'élevage, contraintes économiques pour l'éleveur), du contexte épidémiologique local et des caractéristiques de la TB. Ces connaissances peuvent ainsi conduire le VS à réaliser une analyse de risque avant toute décision ; ce qui n'est pas en accord avec la réglementation, mais qui d'un point de vue épidémiologique ne présente souvent pas de risque de propagation de la maladie (par exemple non-blocage dans un élevage suspect du départ de broutards vers un centre d'engraissement). Néanmoins, de telles pratiques de non-déclaration reposant uniquement sur un choix individuel doivent rester limitées. En effet, elles contribuent à faire baisser la sensibilité du système de surveillance et pourraient aboutir à des situations de persistance et de diffusion de l'infection. Par ailleurs, il est important de préciser que les vétérinaires ont rarement accès à toutes les informations, notamment d'ordre épidémiologique, permettant la bonne réalisation de l'analyse de risque. C'est pourquoi ce travail est la prérogative de l'administration qui est à même de centraliser toutes les informations nécessaires.

Les résultats obtenus sur la perception dans les enquêtes qualitatives et quantitatives viennent renforcer l'idée déjà présente de la nécessité d'améliorer la contention pour limiter le danger et faciliter les conditions de travail, de renforcer les bonnes relations entre VS et éleveurs, et d'améliorer la rémunération de ces dépistages. Il était cependant intéressant de constater, contrairement à nos hypothèses initiales, que les VS présentaient une certaine abnégation face aux contraintes rencontrées. La majorité d'entre eux mesurait les enjeux du maintien d'une bonne surveillance et d'une lutte active contre la TB, même si certaines distorsions avec la réalité étaient présentes (impact zoonotique de la TB surestimé, ainsi que le rôle de la faune sauvage dans l'infection des élevages bovins).

Les résultats du modèle de régression linéaire multiple établi après l'enquête quantitative ont permis d'objectiver le lien étroit entre perception et réalisation de l'acte, phénomène déjà bien décrit dans le domaine de la psychologie du travail (Grant 2008; Tong 2018). Le fait que le nombre d'années de pratique soit associé à de moins bonnes pratiques de réalisation des ID est probablement à mettre en lien avec un gain d'expérience associé à une adaptation des pratiques de terrain. Dans le contexte actuel de la faible prévalence de la TB, il est difficile d'évaluer l'impact de telles adaptations qui ont pu être acceptées dans le passé lorsque la prévalence était plus élevée (meilleure VPP des tests). L'existence de ces des pratiques, par rapport au référentiel, illustre

cependant l'importance de maintenir des opérations d'information, de sensibilisation des VS aux bonnes pratiques en matière de dépistage.

### **Perspectives**

Les objectifs de ces travaux étaient de mieux comprendre la réalité du dépistage sur le terrain, en décrivant tout d'abord comment ce dernier était effectué, et d'étudier l'influence de la situation épidémiologique sur les pratiques des VS. Certains éléments concrets ont émergé de ces études, et plusieurs recommandations ont été formulées par le groupe d'étudiants de l'ENSV à l'issue de l'étude qualitative. Elles sont appuyées par les résultats de l'enquête quantitative et notamment du modèle de régression. Ces recommandations sont :

- d'une part, le renforcement de la collaboration entre les différents acteurs du trépied sanitaire (DDecPP, vétérinaires, éleveurs). Par exemple par l'organisation par les DDecPP d'échanges sur le terrain avec les VS, afin qu'ils se sentent mieux écoutés dans leurs difficultés, et la proposition d'une réflexion conjointe sur les possibilités d'amélioration. Par ailleurs, il semble important que les VS soient davantage impliqués dans les suites de la prophylaxie (qu'ils soient, par exemple, informés des résultats des abattages diagnostiques ainsi que des décisions de gestion prises par la DDecPP). Enfin, le développement d'une communication adaptée permettrait de rappeler aux VS et éleveurs le pourcentage attendu de réactions non-négatives et l'importance d'assurer une bonne contention pour que la prophylaxie puisse être correctement réalisée. La communication doit également être adaptée dans sa forme pour améliorer la perception des vétérinaires.
- d'autre part, l'amélioration de l'attractivité et de l'intérêt des VS pour la réalisation des prophylaxies TB. En effet, actuellement, la rémunération de la prophylaxie à l'acte revient à considérer que l'acte est standardisé, ce qui n'est pas le cas sur le terrain. Le temps consacré aux opérations de prophylaxie est très dépendant du type d'élevage et de la contention à mettre en œuvre. La rémunération pourrait ainsi être indexée au temps passé, avec une indemnisation kilométrique. Le système d'enregistrement des mesures de pli de peau pourrait également être amélioré, en remplaçant l'actuelle saisie manuelle sur papier par un système de saisie informatique sur téléphone ou tablette, avec calcul automatique des deltas.

Par ailleurs, les résultats émanant de l'enquête quantitative seront utilisés dans des modèles de simulation plus complexes, permettant d'estimer le rapport coût-efficacité des mesures de dépistage de la TB en France, afin d'y inclure les contraintes de terrain rarement prises en compte dans ce type d'évaluation.

### Remerciements

Nous remercions vivement l'ensemble des VS et agents de DDecPP ayant participé à ces études (qualitative et quantitative), ainsi que les personnes ayant participé à l'analyse des données de l'enquête qualitative (Vincent Guillon, Sarah Gully, Estelle Hamelin, Marie-Luc Jeandaux, Lofti Khelifa, Anne Rabault, Clémentine Tadiello, Emily Veyer). Nous remercions également la DGAI, financeur de cette étude.

### Références bibliographiques

Bénet, Jean-Jacques, María-Laura Boschiroli, Barbara Dufour, et Bruno Garin-Bastuji. 2006. « Lutte contre la tuberculose bovine en France de 1954 à 2004 : Analyse de la pertinence épidémiologique de l'évolution de la réglementation ». *Epidémiol. et santé anim.* 50 (janvier): 127-43.

Bezos, Javier, Carmen Casal, Beatriz Romero, Bjoern Schroeder, Roland Hardegger, Alex J. Raeber, Lissette López, Paloma Rueda, et Lucas Domínguez. 2014. « Current Ante-Mortem Techniques for Diagnosis of Bovine Tuberculosis ». Research in Veterinary Science 97 Suppl (octobre): S44-52. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.04.002.

Birlouez, Eric. 2010. « La sociologie pour les nuls : exploration de quelques concepts utilisés dans le champ de l'alimentation humaine ». *Epidémiologie et santé animale* 58: 47-53.

Crozet, Guillaume, Barbara Dufour, et Julie Rivière. 2019. « Investigation of Field Intradermal Tuberculosis Test Practices Performed by Veterinarians in France and Factors That Influence Testing ». Research in Veterinary Science 124 (juin): 406-16. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.05.001.

De La Rua-Domenech, R., A. T. Goodchild, H. M. Vordermeier, R. G. Hewinson, K. H. Christiansen, et R. S. Clifton-Hadley. 2006. « Ante Mortem Diagnosis of Tuberculosis in Cattle: A Review of the Tuberculin Tests, Gamma-Interferon Assay and Other Ancillary Diagnostic Techniques ». *Research in Veterinary Science* 81 (2): 190-210. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.11.005.

Downs, S.H., Parry, J.E., Upton, P.A., Broughan, J.M., Goodchild, A.V., Nuñez-Garcia, J., Greiner, M., Abernethy, D.A., Cameron, A.R., Cook, A.J., de la Rua-Domenech, R., Gunn, J., Pritchard, E., Rhodes, S., Rolfe, S., Sharp, M., Vordermeier, H.M., Watson, E., Welsh, M., Whelan, A.O., Woolliams, J.A., More, S.J., Clifton-Hadley, R.S. 2018. « Methodology and preliminary results of a systematic literature review of antemortem and *post-mortem* diagnostic tests for bovine tuberculosis ». *Prev. Vet. Med.* 153, 117–126. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.004.Fox, J., Weisberg, S. 2019. An R Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/.

Gortázar, Christian, Richard J. Delahay, Robbie A. Mcdonald, Mariana Boadella, Gavin J. Wilson, Dolores Gavier-Widen, et Pelayo Acevedo. 2012. « The Status of Tuberculosis in European Wild Mammals ». *Mammal Review* 42 (3): 193-206. https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2011.00191.x.

Grant, Adam M. 2008. « The Significance of Task Significance: Job Performance Effects, Relational Mechanisms, and Boundary Conditions ». *The Journal of Applied Psychology* 93 (1): 108-24. https://doi.org/10.1037/0021-9010.93.1.108.

Guillon, Vincent, Sarah Gully, Estelle Hamelin, Marie-Luc Jeandaux, Lotfi Khelifa, Anne Rabault, Clémentine Tadiello, et Emilie Veyer. 2018. Lutte contre la tuberculose bovine: construction d'une pratique de la prophylaxie par le vétérinaire sanitaire - Rapport du Groupe d'Étude des Politiques Publiques.

Gully, Sarah. 2018. Dépistage de la tuberculose bovine en élevage en France, approche sociologique des pratiques mises en œuvre par les vétérinaires sanitaires. Rapport de mémoire pour l'obtention du Master Politiques Publiques et Gouvernements Comparés, parcours PAGERS. 105pp.

Hardstaff, Joanne L., Glenn Marion, Michael R. Hutchings, et Piran C. L. White. 2014. « Evaluating the Tuberculosis Hazard Posed to Cattle from Wildlife across Europe ». *Research in Veterinary Science* 97 Suppl (octobre): S86-93. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.12.002.

Hauer, Amandine, Krystel De Cruz, Thierry Cochard, Sylvain Godreuil, Claudine Karoui, Sylvie Henault, Tabatha Bulach, Anne-Laure Bañuls, Franck Biet, et María Laura Boschiroli. 2015. « Genetic Evolution of Mycobacterium Bovis Causing Tuberculosis in Livestock and Wildlife in France since 1978 ». *PloS One* 10 (2): e0117103. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117103.

Humblet, Marie-France, Maria Laura Boschiroli, et Claude Saegerman. 2009. « Classification of worldwide bovine tuberculosis risk factors in cattle: a stratified approach ». *Veterinary Research* 40 (5). https://doi.org/10.1051/vetres/2009033.

Humblet, M.-F., K. Walravens, O. Salandre, M. L. Boschiroli, M. Gilbert, D. Berkvens, M. Fauville-Dufaux, et al. 2011. « Monitoring of the Intra-Dermal Tuberculosis Skin Test Performed by Belgian Field Practitioners ». *Research in Veterinary Science* 91 (2): 199-207. https://doi.org/10.1016/j.

Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H.B. 2017. ImerTest package: tests in linear mixed effects models. J. *Stat. Softw.* 82. https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13.

Nuñez-Garcia, J., Downs, S.H., Parry, J.E., Abernethy, D.A., Broughan, J.M., Cameron, A.R., Cook, A.J., de la Rua-Domenech, R., Goodchild, A.V., Gunn, J., More, S.J., Rhodes, S., Rolfe, S., Sharp, M., Upton, P.A., Vordermeier, H.M., Watson, E., Welsh, M., Whelan, A.O., Woolliams, J.A., Clifton-Hadley, R.S., Greiner, M. 2018. « Meta-analyses of the sensitivity and specificity of antemortem and *post-mortem* diagnostic tests for bovine tuberculosis in the UK and Ireland ». *Prev. Vet. Med.* 153, 94–107. https://doi.org/10.1016/j. prevetmed.2017.02.017.

R Core Team. 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.Réveillaud, Édouard, Stéphanie Desvaux, Maria-Laura Boschiroli, Jean Hars, Éva Faure, Alexandre Fediaevsky, Lisa Cavalerie, et al. 2018. « Infection of Wildlife by Mycobacterium Bovis in France Assessment Through a National Surveillance System, Sylvatub ». Frontiers in Veterinary Science 5: 262. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00262.

RStudio Team. 2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, http://www.rstudio.com/.

Schiller, I., B. Oesch, H. M. Vordermeier, M. V. Palmer, B. N. Harris, K. A. Orloski, B. M. Buddle, T. C. Thacker, K. P. Lyashchenko, et W. R. Waters. 2010. « Bovine Tuberculosis: A Review of Current and Emerging Diagnostic Techniques in View of Their Relevance for Disease Control and Eradication ». *Transboundary and Emerging Diseases* 57 (4): 205-20. https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01148.x.

Tong, Ling. 2018. « Relationship between Meaningful Work and Job Performance in Nurses ». *International Journal of Nursing Practice* 24 (2): e12620. https://doi.org/10.1111/ijn.12620.

# ulletin pidémiologique

Santé animale - alimentation

Novembre 2020

### Situation sanitaire favorable vis-a-vis

## **de l'influenza aviaire** des poulets label rouge et biologiques en France en 2018

Adeline Huneau-Salaün<sup>(1)</sup>, Eric Niqueux<sup>(2)</sup>, Juliette Protino<sup>(3)</sup>, Marie Guyot<sup>(3)</sup>

Auteur correspondant : adeline.huneau@anses.fr

- (1) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Épidémiologie, santé et bien-être (EPISABE), Ploufragan, France
- (2) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Virologie, immunologie et parasitologie aviaires et cunicoles (VIPAC), Ploufragan, France
- (3) Synalaf, Syndicat National des Labels Avicoles de France, Paris, France

### Résumé

L'élevage de poulets de chair en plein-air connaît un développement constant en France mais l'accès des volailles à l'extérieur peut entraîner un risque accru d'exposition des animaux aux virus de l'influenza aviaire (IA) pouvant circuler dans l'avifaune sauvage. Une enquête sérologique a été menée volontairement par le Synalaf, syndicat représentant les productions avicoles plein air Label Rouge et biologiques en France, entre mars et juillet 2018. L'objectif était de détecter une éventuelle circulation de l'IA chez ces volailles à la suite de l'épizootie d'IA hautement pathogène survenue à l'hiver 2016-2017 en France. Cent-dix lots de poulets de chair plein-air ont été prélevés dans onze abattoirs de dix départements. Cinq sérums par lot ont été analysés par ELISA NP ciblant tout sous-type de virus Influenza A. Aucun sérum et aucun lot de poulets n'ont été détectés positifs. La séroprévalence des lots de poulets plein-air vis-à-vis de l'IA était donc de 0 % (intervalle de confiance à 95 % [0,0-3,4]). Ce résultat, comparable à ceux précédemment obtenus dans les enquêtes sérologiques nationales entre 2009 et 2015, montre que les mesures de biosécurité appliquées en élevages de poulets de chair plein-air contribuent à limiter le risque d'exposition de ces volailles aux virus.

### Mots-clés

Influenza aviaire, Poulet, Epidémiosurveillance, Sérologie

### **Abstract**

Favourable health situation with regard to avian influenza in free-range and organic broilers in 2018 in France

Free-range broiler chicken farming is constantly developing in France, but poultry's access to the outdoors may lead to an increased risk of their exposure to avian influenza (AI) viruses that may be circulating in the wild bird population. A voluntary serological survey was carried out by Synalaf, the French union for free-range Red Label and organic poultry, between March and July 2018. The survey's objective was to determine the health status of these poultry regarding AI, following the high pathogenic AI outbreak which occurred in France in winter 2016-2017. One hundred and ten batches of free-range broilers were sampled in eleven slaughterhouses. Five sera per batch were analysed by ELISA NP targeting all subtypes of Influenza A virus. No sera or chicken batches were found positive. The prevalence of free-range chicken batches with AI antibodies was therefore 0% (95% confidence interval [0.0-3.4]). This result, comparable to those obtained previously in national serological surveys conducted between 2009 and 2015, shows that biosafety measures applied in free-range broiler farms help to limit the risk of exposure of these poultry to AI viruses.

### Keywords

Avian Influenza, Chicken, Epidemiological surveillance, Serology

Environ 100 millions de poulets sont élevés en plein-air chaque année en France, ce qui représente 17 % de la production nationale (Synalaf, 2017<sup>(1)</sup>). L'élevage en plein-air bénéficie d'une image positive auprès des consommateurs et cette production a augmenté de 20 % sur les 20 dernières années. Cependant, l'élevage de volailles avec un accès à un parcours extérieur est considéré comme une pratique à risque vis-à-vis de l'introduction de virus de l'influenza aviaire (IA) chez les oiseaux domestiques (Décision 2010/367/UE<sup>(2)</sup>). Le risque accru d'infection des animaux en plein-air est lié à un risque d'exposition plus élevé aux virus IA circulant chez les oiseaux sauvages, par rapport aux volailles élevées en claustration. Une attention particulière est donc portée sur la surveillance des virus IA pouvant circuler dans les populations de volailles plein-air dans l'Union Européenne. La surveillance de l'IA chez les volailles dans l'UE est basée, d'une part, sur la surveillance événementielle portant sur tous les troupeaux de volailles et d'autre part, sur une surveillance programmée reposant sur une enquête sérologique annuelle dans certaines populations d'oiseaux domestiques considérées à risque. Cependant, les poulets élevés en plein-air ne sont plus suivis dans ce cadre depuis 2016 en France, afin de renforcer l'effort de surveillance sur les productions de palmipèdes. Entre novembre 2016 et avril 2017, la France a vécu l'épizootie la plus importante d'IA survenue dans l'Union Européenne depuis les années 2000. Au total, 484 foyers d'IA hautement pathogène (HP) de sous-type H5 ont été détectés, très majoritairement dans la filière palmipède du Sud-Ouest de la France. A la suite de cette épizootie, le Synalaf, syndicat représentant les productions avicoles plein air Label Rouge et biologiques, a décidé de réaliser une enquête sérologique dans les troupeaux de poulets élevés en plein-air en France, afin de détecter une éventuelle circulation virale d'IA. Cet article présente les résultats de l'enquête sérologique menée au printemps 2018.

(1) http://www.volaillelabelrouge.com/fr/chiffres-cles-volailles/
(2) DÉCISION DE LA COMMISSION du 25 juin 2010 concernant la réalisation par les États membres de programmes de surveillance de l'influenza aviaire chez les volailles et les oiseaux sauvages [notifiée sous le numéro C(2010) 4190]. Journal officiel de l'Union européenne L 166, 1.7.2010, p. 22–32. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/FR/TXT/?qid=1578987666401&uri=CELEX:02010D0367-20100701

### Matériel et méthode

En France, la production de poulets élevés en plein-air comprend les productions Label-Rouge, biologiques (AB) et quelques productions régionales traditionnelles. Les productions Label-Rouge et biologiques se caractérisent par le choix de souches de poulets à croissance lente, élevés jusqu'à l'âge de 81 à 110 jours. Les animaux ont accès à un parcours extérieur au moins la moitié de la durée d'élevage. Onze abattoirs produisant des poulets Label-Rouge et biologiques ont pris part à l'enquête sérologique entre mars et juillet 2018. Chaque abattoir a échantillonné aléatoirement neuf à dix lots de poulets sur une période de huit à quinze semaines. Un lot de poulets est défini comme l'ensemble des poulets provenant d'un même élevage et abattu le même jour dans l'abattoir. Un échantillon de sang a été prélevé individuellement sur cinq poulets d'un lot au moment de la saignée, après étourdissement par électronarcose. Les cinq échantillons étaient envoyés à température ambiante le jour de prélèvement au laboratoire Bio chêne Vert FINALAB. Après centrifugation (10 min, 4 000 rpm), les sérums ont été traités individuellement par Elisa NP (ID Screen Influenza A Antibody Competition Multi-species) pour identifier la présence d'anticorps dirigés contre tout sous-type de virus Influenza A. Quand un sérum ou plus sur cinq était positif en Elisa NP, le lot était considéré comme séropositif. L'unité épidémiologique retenue pour l'étude est un lot de poulet pleinair. Le nombre de lots à enquêter a été fixé sur la base de contraintes logistiques et financières. L'objectif d'enquêter 110 lots permettait de détecter une éventuelle circulation virale avec un taux de prévalence limite de 4 % au risque  $\square$  de 1 %. Les analyses statistiques et la carte ont été réalisées avec R 3.6.0. L'intervalle de confiance à 95 % pour la proportion de lots séropositifs a été calculé en utilisant une correction de la loi Binomiale adaptée aux proportions faibles (Machin et al., 2009).

### Résultats

Sur la période d'étude, 110 lots de poulets plein-air ont été échantillonnés, incluant 104 lots de Label-Rouge et six lots de poulets

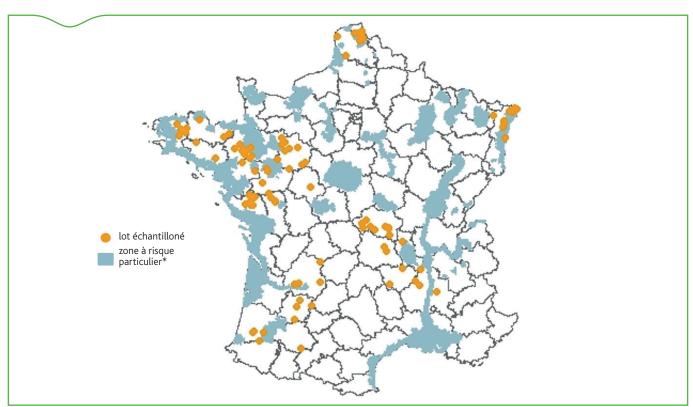


Figure 1. Répartition géographique (commune d'origine) des lots de poulets de chair contrôlés (N=102 lots avec origine renseignée, France, 2018)

\* Au sens de l'arrête du 16 mars 2016 : « zone écologique dans laquelle la probabilité de l'infection de l'avifaune sauvage par un virus de l'IAHP est jugée plus élevée que dans le reste du territoire »

biologiques. Les lots enquêtés n'ont fait l'objet d'aucune suspicion clinique d'IA telle que définie par l'arrêté du 16 mars 2016<sup>(3)</sup>. L'âge à l'abattage (reporté pour 92 lots) variait de 81 à 93 jours (médiane 86 jours). Les prélèvements ont été réalisés dans les principaux bassins de production de poulets plein-air en France (Figure 1). Neuf lots provenaient d'ateliers localisés sur des communes situées dans une zone à risque particulier, c'est-à-dire dans des zones écologiques où le risque d'infection d'IAHP dans l'avifaune sauvage est considéré plus élevé que dans le reste du territoire (zones humides favorables aux rassemblements d'oiseaux). Un total de 570 sérums a été analysé, étant donné que dix sérums ont été traités pour quatre lots (106\*5 et 4\*10 sérums). Aucun sérum positif n'a été détecté : la prévalence de lot séropositif était donc de 0 % (IC95 % [0-3,4 %]).

### **Discussion**

Le résultat obtenu est cohérent avec ceux reportés depuis plusieurs années dans le cadre de l'enquête sérologique nationale (Tableau 2) : aucun lot séropositif (H5 ou H7) de poulets de chair plein-air n'a été détecté entre 2009 et 2015. Depuis 2015, la production de poulets de chair en plein-air n'est plus visée dans les plans de surveillance nationaux. Bien que les méthodologies diffèrent entre la présente étude et le plan national (ELISA NP permettant la détection des anticorps consécutifs à l'infection par tout virus Influenza A, vs. technique d'inhibition de l'hémagglutination spécifique des infections à virus Influenza A de sous-types H5 et H7, utilisée en étape de confirmation après criblage des sérums par la technique d'immunodiffusion en gélose IDG), les résultats des auto-contrôles en 2018 suggèrent que la situation épidémiologique n'a pas évolué significativement depuis 2015 dans la filière de production de poulets de chair en plein-air. De plus, lors de l'épizootie d'IA dans le Sud-Ouest de la France durant l'hiver 2015-2016, une surveillance spécifique des lots de poulets et de pintades avait été menée dans les exploitations de la zone réglementée, reconnue infectée. Entre janvier et mars 2016, 128 lots de poulets et de pintades avaient été testés sérologiquement (Huneau-Salaün et al., 2016): aucun résultat positif (par criblage en IDG, permettant la détection des anticorps dirigés contre les virus Influenza A) n'avait été observé. Cette campagne de dépistage avait ainsi montré que malgré une circulation intense de virus IA hautement et faiblement pathogènes dans les troupeaux de palmipèdes de la zone, les lots de galliformes élevés en plein-air conservaient un statut sanitaire favorable jusqu'à l'abattage (pour les lots cliniquement sains). Plus généralement, les résultats de surveillance obtenus sur plusieurs années tendent à montrer que le risque d'exposition aux virus IA lié à l'élevage pleinair peut être limité par les mesures de biosécurité visant à réduire le contact volailles - oiseaux sauvages. Ces mesures de biosécurité (absence d'alimentation et d'abreuvement sur parcours, claustration en période à risque etc.) sont largement appliquées dans les élevages de poulets Label-Rouge et biologiques.

Comme précisé ci-dessus, la méthodologie suivie dans le programme de 2018 diffère de celle employée dans l'enquête de surveillance annuelle réalisée au niveau européen (décision 2010/367/UE du 25 juin 2010), tant du point de vue analytique que de l'échantillonnage. Le nombre de troupeaux contrôlés en 2018 est élevé, permettant de détecter une prévalence limite de 2,5 % au risque de 5 % dans la population. Cependant, le nombre d'échantillons analysés par troupeau (5) est relativement faible : la prévalence intra-troupeau limite détectable à 95 % est de 50 %. La dynamique d'infection par un virus IA faiblement pathogène et la dynamique de séroconversion dans un troupeau de poulets dépendent de nombreux paramètres, notamment

Tableau 1. Séroprévalence vis-à-vis de l'IA des troupeaux de poulets de chair élevés en plein-air (France, mars à juillet 2018)

Production	Nb abattoirs*	Nb de lots	Nb de sérums	Nb de lots séropositifs
Poulet plein-air	11	110	570	0
Label Rouge	11	104	540	0
Biologique	3	6	30	0

<sup>\*</sup> Trois abattoirs ont échantillonné les deux types de production

Tableau 2. Résultats des enquêtes sérologiques annuelles en poulet de chair plein-air entre 2009 et 2015 en France (Synthèse LNR)

Année	Nombre de lots contrôlés	Prévalence estimée
2009	99	0 % [0,0-3,7]
2010	133	0 % [0,0-2,8]
2011	62	0 % [0,0-5,8]
2012	91	0 % [0,0-4,1]
2013	87	0 % [0,0-4,2]
2014	83	0 % [0,0-4,4]
2015	69	0 % [0,0-5,3]

la souche virale impliquée et la réceptivité des animaux à ce virus. Peu de données sont disponibles décrivant l'évolution temporelle du taux d'anticorps au sein d'un troupeau : la plupart ont été obtenues en conditions expérimentales et sont difficilement généralisables à d'autres sous-types de virus que ceux testés. Etant donnée l'incertitude liée au manque de connaissance sur l'évolution de la séropositivité des animaux d'un troupeau infecté, il pourrait être intéressant d'augmenter le nombre d'échantillons réalisés par troupeau si l'étude était reconduite à l'avenir. Un alignement sur les préconisations européennes pour la surveillance (dix sérums) permettrait une meilleure sensibilité de l'enquête et une meilleure valorisation des résultats auprès des partenaires commerciaux.

L'enquête sérologique réalisée en 2018 a permis de mettre en évidence une situation sanitaire favorable des poulets Label Rouge et biologiques vis-à-vis de l'infection par les virus de l'influenza aviaire. Ce résultat, conforme à ceux précédemment obtenus même en situation d'épizootie d'IA, montre que les mesures de biosécurité appliquées en élevages de poulets de chair plein-air contribuent à limiter le risque d'exposition de ces volailles aux virus. Une modification notable de la situation de l'IA en France ou en Europe (par exemple une élévation du niveau de risque IA en France) peut justifier de renouveler ce type de surveillance programmée et volontaire. Elle fournit une garantie complémentaire à la surveillance événementielle, valorisable auprès des partenaires commerciaux et des autorités sanitaires.

### Remerciements

Les auteurs remercient les organismes de productions partenaires de l'étude et le laboratoire Bio chêne Vert FINALAB.

### Références bibliographiques

Huneau-Salaün A., Moisson, MC, Hamon, M, Niqueux, E, Scoizec, A, Schmitz, A, Briand, F-X, Michel, V, Fediaevsky, A, Le Bouquin, S, Bronner, A. 2016. « Résultats de la surveillance de l'influenza aviaire H5 HP en France Point de situation-12 au 13/06/2016 ». https://www.plateforme-esa.fr/article/resultats-de-la-surveillance-de-l-influenza-aviaire-h5-hp-en-france-point-de-situation-12-au

Machin M, Campbell M.J, Tan B.S and Tan S.H, 2009. "Distributions and confidence intervals." In: Sample size tables for clinical studies. Third Edition. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 14-29

<sup>(3)</sup> Arrêté du 16 mars 2016 relatif aux niveaux du risque épizootique en raison de l'infection de l'avifaune par un virus de l'influenza aviaire hautement pathogène et aux dispositifs associés de surveillance et de prévention chez les volailles et autres oiseaux captifs. *Journal Officiel* de la République française du 16 mars 2016, texte 82. https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032320450&categorieLien=id

# ulletin pidémiologique Santé animale - alimentation

Évaluation des coûts liés aux dispositifs de surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France continentale suite à la résurgence de 2015

Pierre Villard<sup>(1,2,3)</sup>, Laure Bournez<sup>(4)</sup>, Thierry Baldet<sup>(1,2)</sup>, Viviane Hénaux<sup>(3)</sup>

Auteur correspondant: viviane.henaux@anses.fr

(1) Cirad, UMR ASTRE, Montpellier, France

(2) Astre, Cirad, Inra, Université de Montpellier, Montpellier, France

(3) Université de Lyon - Anses, Laboratoire de Lyon, Unité Épidémiologie et Appui à la Surveillance, Lyon, France

(4) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage de Nancy, Unité de surveillance et éco-épidémiologie des animaux sauvages, Nancy, France

### Résumé

La nécessité de disposer de systèmes de surveillance efficients des maladies infectieuses animales rend nécessaire des études sur le coût de ces dispositifs. L'objectif de ce travail était de quantifier les coûts de la surveillance de la fièvre catarrhale ovine (FCO) au sein de la filière bovine et du suivi entomologique à la suite de la résurgence du sérotype 8 de la FCO en France continentale en septembre 2015. Les honoraires vétérinaires ont été extraits des conventions départementales entre les professions vétérinaires et agricoles et de la réglementation, les coûts unitaires des analyses ont été fournis par certains laboratoires agréés et le volume de chaque opération a été obtenu du système d'information de la DGAl (Sigal), du Laboratoire national de référence FCO et du Cirad. Entre septembre 2015 et décembre 2016, le coût total des opérations de surveillance en filière bovine a été estimé à 14,4 M€ HT, incluant 8,6 M€ HT pour les dépistages pré-mouvements à la charge des éleveurs, 4 M€ HT pour les enquêtes programmées, 1,6 M€ HT pour la gestion des suspicions, et 148 k€ HT pour la surveillance évènementielle, prises en charge par l'État. Le coût des opérations de surveillance entomologique a été estimé à 214 k€ HT, payés par l'État. Ces estimations sont sous-estimées car elles ne prennent pas en compte les coûts liés à la gestion administrative et à l'animation du dispositif de surveillance bovine. La connaissance des coûts du système de surveillance est un travail nécessaire à l'évaluation coût-efficacité de chaque dispositif, et à l'identification des pistes d'amélioration pour répondre aux enjeux à la fois sanitaire et budgétaire imposés par des contraintes toujours plus importantes.

### Mots-clés:

Fièvre catarrhale ovine, bovins, *Culicoides*, coût, surveillance

### Abstract

### Estimation of costs related to the bluetongue surveillance system in France after the re-emergence in 2015

The need for efficient surveillance systems for infectious animal diseases implies studies of the cost of these devices. The objective of this work was to quantify the costs of surveillance for bluetonque (BTV) in the cattle industry and entomological monitoring following the re-emergence of BTV-8 in France in September. Veterinary fees were extracted from convention in each department  $between \, veterinary \, and \, agricultural \, professions \, and \, from \,$ regulations for animal health rules, unit costs of analyses were provided by approved laboratories and the numbers of operations were obtained from the information system of the DGAl (Sigal), the BTV National Reference Laboratory, and CIRAD. Between September 2015 and December 2016, the total cost of surveillance operations in the cattle sector was estimated at 14.4 million (M) (excluding VAT), including 8.6 M€ for premovement screening at the expense of farmers and 4.0 M€ for planed surveillance, 1.6 M€ for the management of suspicions, and 148 thousand (k) € for event-driven surveillance, supported by the State. The cost of the entomological surveillance operations was estimated at 214 k€, paid by the State. These costs are underestimated because they do not take into account the costs related to  $the \, administrative \, management \, and \, the \, animation \, of \, the \,$ cattle surveillance system. The knowledge of the costs of the surveillance system is a necessary work for the costeffectiveness evaluation of each device, and to identify areas for improvement to meet the health and budgetary challenges imposed by current and incoming constraints.

### Keywords:

Bluetongue, cattle, Culicoides, cost, surveillance

### Introduction

La pression croissante sur les budgets publics et la nécessité de disposer de systèmes de surveillance de la santé animale efficaces rendent nécessaire des études de la rentabilité de ces dispositifs. À bien des égards, ces études requièrent des informations sur les pertes économiques occasionnées par les maladies ainsi que sur le coût des interventions de surveillance et de lutte vis-à-vis des dangers sanitaires.

La fièvre catarrhale ovine (FCO), maladie virale vectorielle affectant les ruminants domestiques et sauvages, fait figure de cas très intéressant à étudier puisqu'en l'espace d'une dizaine d'années, deux épizooties successives, de 2006 à 2008 puis à partir de 2015 (Sailleau et al. 2015), ont frappé la France continentale. La résurgence de la FCO ainsi que le résultat du programme de dépistage réalisé après la primo-détection, démontrent l'incapacité du dispositif de surveillance programmée à détecter une circulation du virus à bas bruit de manière précoce. Ainsi, on pourrait souhaiter renforcer la surveillance programmée afin d'augmenter la capacité de détection précoce du dispositif, et ainsi diminuer les dépenses liées aux mesures de lutte et les pertes économiques des éleveurs. Cependant, les contraintes budgétaires croissantes imposent des réflexions avant toute modification afin de maîtriser l'efficience des dispositifs, c'est-à-dire leur capacité à obtenir de bonnes performances épidémiologiques avec le minimum de dépenses. L'estimation des coûts de surveillance de l'épizootie de 2015 permettra d'en évaluer l'efficience et ainsi, d'apporter d'éventuelles modifications à ces dispositifs pour mieux répondre aux nouvelles situations, en tenant compte éventuellement de nouveaux objectifs.

La première épizootie, due aux sérotypes 8 (FCO-8) et 1 (FCO-1) de la FCO, a engendré des pertes économiques importantes liées à la circulation de ces virus dans les élevages (surmortalité, avortements, perte de production de lait et de viande) (Dal Pozzo, Saegerman, et Thiry 2009; Nusinovici et al. 2012b; 2012a; 2013) et aux mesures de lutte (restriction de mouvements, vaccination) imposées par la réglementation européenne (Prentice et al. 2017; Tago et al. 2014; Perrin et al. 2010; Nusinovici et al. 2011; 2012a; 2012b; 2013). À la suite des campagnes de vaccination obligatoire (2008-2010), puis facultative (2010-2012), la France a recouvré son statut indemne en 2012 (Arrêté AGRG1241825A du 10 décembre 2012<sup>(1)</sup>). Cette situation favorable a permis d'alléger la surveillance de la maladie sur le territoire (note de service DGAL/SDSPA/N2013-8015 du 23 janvier 2013<sup>(2)</sup>) pour ne conserver qu'une surveillance sérologique programmée (selon la directive 2000/75/CE<sup>(3)</sup> de l'union européenne, le règlement 2007/1266/CE<sup>(4)</sup> et l'arrêté du 10 décembre 2012) et une surveillance événementielle, i.e. surveillance qui repose sur la déclaration spontanée de suspicions par les acteurs de terrain et qui vise à détecter et alerter précocement en cas de nouvelle introduction ou de résurgence sur le territoire.

En août 2015, un cas de FCO-8 a été détecté dans l'Allier chez un bélier présentant des signes cliniques. La mise en évidence de la présence du virus dans onze des douze élevages analysés dans les deux kilomètres autour du foyer a conduit, d'une part à un renforcement de la surveillance évènementielle, et d'autre part à la mise en œuvre d'une enquête programmée à l'échelle nationale entre septembre et octobre 2015 (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-785 du

17 septembre 2015<sup>(5)</sup>). Cette enquête, conduite sur un échantillon aléatoire d'élevages bovins, a révélé une distribution spatiale étendue du virus FCO-8, avec 27 élevages de neuf départements français (Allier, Cantal, Cher, Creuse, Indre, Loire, Nièvre, Puy-de-Dôme et Saône-et-Loire) infectés au 12 novembre 2015. À cette même date, 52 foyers supplémentaires avaient été localisés via les analyses pré-mouvements et la surveillance événementielle dans d'autres départements de France continentale (Aveyron, Corrèze, Haute-Loire et Loiret) (Bournez et al. 2015). En application du règlement européen (2007/12668/CE) relatif à la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton, des restrictions de mouvements d'animaux sensibles ont été définies autour des foyers afin d'empêcher la diffusion du virus. Ainsi plusieurs zones ont été délimitées autour des foyers: un périmètre interdit (PI) de 20 km autour du foyer, une zone de protection (ZP) de 100 km autour du foyer, une zone de surveillance (ZS) de 50 km autour de la ZP, et enfin le reste du territoire défini comme une zone indemne (ZI). Les zones correspondant au PI, la ZS et la ZP sont appelées zone réglementée (ZR). Ces zones ont fusionné à partir du 16 octobre 2015, permettant ainsi la circulation et le rassemblement des animaux dans l'ensemble de la ZR (instruction technique DGAL/ SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015<sup>(6)</sup>).

La sortie des ruminants hors de la ZR, dont l'étendue spatiale a augmenté en automne 2015 à la faveur de la détection de foyers dans de nouveaux territoires, était autorisée sous certaines conditions de dérogation. Ainsi, en l'absence de vaccins disponibles, les mouvements intra-nationaux de sortie de ZR étaient initialement autorisés pour les veaux de moins de 70 jours et pour les bovins de retour d'estive, sous conditions d'une analyse RT-PCR avec un résultat négatif, de l'isolement et de l'assainissement des moyens de transport (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-789 du 18 septembre 2015<sup>(7)</sup>) puis à tout bovin soumis à deux analyses RT-PCR et à une désinsectisation (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015). Les doses de vaccins, en nombre insuffisant, ont été mises à disposition en priorité pour les animaux destinés aux exportations et aux échanges. Ainsi, les éleveurs pouvaient déroger à l'interdiction de sortie de la ZR (directive 2000/75/CE, instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015) soit par la vaccination, soit par une combinaison de deux analyses RT-PCR pré-mouvements, accompagnée de mesures de désinsectisation et de confinement (protocole « double RT-PCR ») pour les animaux destinés à un autre élevage, les petits ruminants en transhumance, les animaux reproducteurs à destination d'un centre de sélection, et ce depuis une exploitation de la ZR vers la ZI en France. Pour les échanges intra-communautaires, les animaux devaient être vaccinés, sauf dans le cas de l'Espagne, qui acceptaient l'importation de bovins français non vaccinés sous couvert d'un résultat RT-PCR négatif (complété par une protection contre les vecteurs pendant quatorze jours pour l'Espagne) (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015).

Au cours de l'hiver 2015-2016, un dispositif de surveillance combinant suivi entomologique hebdomadaire et dépistage programmé dans un échantillon d'élevages a été mis en place pour démontrer l'existence de zones saisonnièrement indemnes (ZSI) de FCO (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-1159 du 24 décembre 2015<sup>(8)</sup>) et ainsi lever temporairement les restrictions de mouvements des animaux non vaccinés. D'après le règlement 2007/1266/CE, pour qu'une zone soit déclarée zone saisonnièrement indemne (ZSI), il fallait démontrer

<sup>(1)</sup> Arrêté AGRG1241825A du 10 décembre 2012 modifiant l'arrêté du 22 juillet 2011 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton sur le territoire métropolitain.

la fièvre catarrhale du mouton sur le territoire métropolitain. (2) Note de service DGAL/SDSPA/N2013-8015 du 23 janvier 2013 relative à l'arrêt des dispositifs de surveillance entomologique et virologique de la fièvre catarrhale

ovine en France continentale.

(3) Directive 2000/75/CE arrêtant des dispositions spécifiques relatives aux mesures de lutte et d'éradication de la ECO.

mesures de lutte et d'éradication de la FCO.

(4) Règlement (CE) n° 1266/2007 de la Commission du 26 octobre 2007 portant modalités d'application de la directive 2000/75/CE du Conseil en ce qui concerne la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton, son suivi, sa surveillance et les restrictions applicables aux mouvements de certains animaux des espèces qui y sont sensibles.

<sup>(5)</sup> Instruction technique DGAL/SDSPA/2015-785 du 17 septembre 2015 relative à la surveillance (programmée et événementielle) et gestion des suspicions de la fièvre catarrhale ovine (FCO).

<sup>(6)</sup> Instruction technique DGÁL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015 relative aux conditions applicables aux mouvements, échanges et exportations de ruminants issus d'une zone réglementée au titre de la FCO en France continentale.

<sup>(7)</sup> Instruction technique DGAL/SDSPA/2015-789 du 18 septembre 2015 relative aux conditions applicables aux mouvements, échanges et exports de ruminants issus d'une zone réglementée au titre de la FCO en France continentale.

<sup>(8)</sup> Instruction technique DGAL/SDSPA/2015-1159 du 24 décembre 2015 relative à la surveillance hivernale 2015-2016 (programmée, événementielle et renforcée lors des mouvements) de la fièvre catarrhale ovine (FCO).

l'absence de circulation virale chez les bovins (en se basant sur les prélèvements réalisés dans le cadre de la surveillance programmée) et l'inactivité vectorielle. En effet, la FCO est une maladie vectorielle, pour laquelle l'ensemble des diptères piqueurs du genre Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) sont considérés comme vecteurs (Villard et al. 2019). La zone était considérée en inactivité vectorielle lorsque le seuil réglementaire de cinq femelles pares (ayant au moins pris un repas de sang) par piège et par nuit (règlement 2007/1266/CE) n'était pas dépassé pendant deux semaines consécutives. Le classement d'un département en ZSI permettait aux éleveurs de faire circuler les bovins en dehors de la ZR sans recourir à la vaccination (une analyse RT-PRC ou Elisa devait être effectuée en fonction de la durée de détention en ZSI). Cette surveillance visait également à actualiser la connaissance de la distribution spatiale du virus FCO-8 durant l'hiver et à estimer la séroprévalence des bovins sur le territoire national afin de préciser le statut immunologique du cheptel français et son niveau de protection vis-à-vis du sérotype 8 (Bournez et al. 2018). Ces zones ont été maintenues jusqu'à la reprise de l'activité vectorielle survenant classiquement au printemps.

À partir de juillet 2016, une surveillance programmée a été conduite dans les ZI et dans les départements de la ZR limitrophes des départements de la ZI, de manière à détecter le plus précocement possible la circulation du virus FCO-8 en ZI et à mettre à jour l'étendue de la ZR (instruction technique DGAL/SDSPA/2016-594 du 21 juillet 2016<sup>(9)</sup>).

Les résultats des opérations de surveillance et de lutte conduites en 2015 ont été décrits précédemment (Bournez et al. 2018; 2016). L'objectif de la présente étude était de répertorier l'ensemble des coûts liés aux dispositifs de surveillance vis-à-vis du virus FCO-8 mis en œuvre en 2015 et 2016 dans la filière bovine, de les répartir entre les différents acteurs de la filière et enfin de les quantifier.

### Méthodes

### Données d'interventions et d'analyses liées à la surveillance dans le cheptel bovin

Entre la résurgence de la maladie due au sérotype 8 de la FCO et fin 2016, les opérations de surveillance mises en œuvre dans les élevages de bovins ont été effectuées dans le cadre de différents dispositifs de surveillance (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-785 du 17 septembre 2015):

- la surveillance événementielle: visites, prélèvements et analyses RT-PCR.
- les dépistages pré-mouvements: visites, prélèvements et analyses RT-PCR. Les analyses RT-PCR pouvaient être réalisées dans le cadre de différentes modalités de dérogation de sortie des animaux de la 7R.
  - Pour les mouvements nationaux, deux analyses étaient requises: une première RT-PCR jusqu'à sept jours avant le mouvement et une seconde jusqu'à quatorze jours après l'arrivée des animaux,
  - Pour les échanges intra-communautaires, une RT-PCR négative pouvait permettre de réduire le délai pour l'exportation des animaux après vaccination,
  - Les animaux en provenance de la ZSI pouvaient également sortir de la ZR (France ou UE) avec un résultat négatif en RT-PCR et quatorze jours passés en ZSI ou avec un résultat négatif en sérologie et 28 jours passés en ZSI.

(9) Instruction technique DGAL/SDSPA/2016-594 du 21 juillet 2016 relative aux modalités de surveillance de la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO): surveillance programmée pour la zone indemne et une partie des départements de la ZR, renforcée pour les mouvements depuis la ZR et surveillance évènementielle au niveau national.

D'autres conditions existaient pour des catégories d'animaux et/ou des destinations plus spécifiques, notamment prévues par différents protocoles établis avec des pays partenaires (notamment l'Espagne qui autorisait l'importation d'animaux ayant eu un résultat négatif à une RT-PCR pré-mouvement combinée à une désinsectisation; instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015).

- la surveillance programmée prévoyait:
  - En septembre-octobre 2015: visites, prélèvements et analyses RT-PCR réalisées sur 30 bovins par élevage, dans 60 élevages par région, pour évaluer l'étendue de la zone d'infection consécutive à la résurgence de la FCO,
  - De décembre 2015 à avril 2016: visites, prélèvements et analyses ELISA réalisées une fois (départements non infectés) à deux voire trois reprises espacées d'au moins 21 jours (départements infectés), sur quinze bovins (entre 12 et 36 mois) dans cinq à dix élevages par arrondissement (323 en tout en France continentale) et sur quinze bovins (de plus de 36 mois) dans cinq à dix élevages par arrondissement pour déterminer la distribution géographique du FCO-8, confirmer le statut de ZSI une fois l'inactivité vectorielle validée et étudier la séroprévalence au niveau national,
- À partir de juillet 2016: visites, prélèvements et analyses ELISA réalisées mensuellement pendant la période d'activité vectorielle (et aussi le reste de l'année pour les départements à période d'inactivité vectorielle généralement courte, i.e. inférieure à cinq semaines par an), sur 20 bovins par élevage dans neuf élevages par département dans les départements de ZI et pourtour de ZR en contact avec la ZI, pour détecter précocement la circulation du FCO-8 en ZI.
- la gestion de suspicions: en cas de résultats non négatifs en RT-PCR et en fonction du contexte épidémiologique (statut du département vis-à-vis de l'infection), d'autres prélèvements ont pu être réalisés sur le troupeau suspect et envoyés à un laboratoire départemental d'analyses (LDA) agréé pour réaliser une RT-PCR de groupe et une RT-PCR de typage moléculaire. Le laboratoire national de référence (LNR) de virologie de la FCO de l'Anses Maisons-Alfort était amené à confirmer les résultats obtenus, au début de l'épizootie pour valider le résultat dans un département nouvellement atteint et, par la suite, statuer sur les résultats douteux.

Les nombres d'interventions et d'analyses par dispositif de surveillance ont été extraits de Sigal, le système d'information de la direction générale de l'alimentation (DGAI) et complété par le fichier du LNR FCO en virologie.

Les analyses réalisées à la suite d'un résultat positif en première intention (quel que soit le cadre initial de la surveillance) étaient enregistrées sous le même dispositif que les opérations de surveillance événementielle en 2015 et 2016, et sous le même dispositif que les opérations de surveillance programmée pour l'année 2016, elles n'ont donc pas pu être distinguées. Les analyses effectuées par les LNR (qui sont faites sur des prélèvements déjà effectués) ont été ajoutées aux opérations de gestion de suspicion en utilisant les tarifs des analyses des LDA.

Dans le cadre de la surveillance programmée réalisée au cours de l'hiver 2015/2016 pour établir les ZSI, le protocole consistait à prélever des bovins de différents élevages à une, deux ou trois reprises, en fonction du statut du département (ZI, ZR) et de l'activité vectorielle. Il a été donné la possibilité aux départements d'utiliser, pour la première série de dépistage, des prélèvements réalisés en décembre dans le cadre des opérations de surveillance programmée d'autres maladies réglementées (brucellose bovine, leucose bovine enzootique, etc.). Les coûts de ces visites et ces prélèvements n'ont donc pas été comptabilisés dans le coût de la mise en place et du maintien des ZSI. Les analyses sérologiques ont été réalisées entre janvier et avril 2016 et les tarifs unitaires pour 2016 ont donc été appliqués. Le nombre de déplacements, prélèvements et

analyses réalisés a été extrait des bilans réalisés par la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (plateforme ESA) (rapports non publiés).

### Honoraires vétérinaires et coûts unitaires des analyses

L'État prend en charge les coûts relatifs aux opérations techniques (visites et prélèvements), aux analyses réalisées dans le cadre de la suspicion clinique des enquêtes programmées et à la gestion des suspicions. Les opérations de dépistage (incluant la visite, le déplacement et le prélèvement par le vétérinaire sanitaire ainsi que les analyses de laboratoire) effectuées en amont et en aval du mouvement d'un bovin sont à la charge du détenteur.

Les tarifs des opérations techniques prises en charge par l'État sont fixés par l'arrêté AGRG0829420A du 10 décembre 2008<sup>(10)</sup>. L'indemnisation d'une visite correspond à la somme des honoraires vétérinaires pour la visite de l'élevage, de la rémunération du temps de déplacement (par km) et de l'indemnisation des frais de déplacement (par km). Les honoraires vétérinaires s'élevaient à trois fois le montant de l'acte médical vétérinaire (AMV) pour une visite, l'AMV étant fixé à 13,85 € HT depuis le 1er janvier 2013 (arrêté AGRG1239939A du 21 décembre 2012<sup>(11)</sup>). La rémunération du temps de déplacement était fixée forfaitairement à 1/15ème d'AMV par kilomètre parcouru (arrêté AGRG9100036A du 31 décembre 1990<sup>(12)</sup> et AGRG0402162A du 30 septembre 2004<sup>(13)</sup>) et le tarif d'indemnisation des frais de déplacement à 0,32 € HT par km (arrêté BCFF0818058A du 26 août 2008<sup>(14)</sup>); un trajet aller-retour de 15 km en moyenne (pour un véhicule de 6-7 CV) a été considéré afin de calculer la rémunération des frais et temps de déplacements. L'indemnisation d'un prélèvement de sang était de 1/5ème d'AMV pour un bovin (arrêté AGRG0829420A du 10 décembre 2008).

Pour les opérations à la charge des éleveurs, le montant des visites, des prélèvements, des indemnités de déplacement et des prélèvements sont établis dans les conventions départementales ou régionales, ou par arrêtés préfectoraux lorsque les parties concernées n'ont pu aboutir à un accord. Les tarifs moyens de ces actes ont été extraits d'une synthèse de 53 conventions ou arrêtés préfectoraux pour l'année 2015 (couvrant 66 départements métropolitains) effectuée par le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) (Gibon et Parle 2016; 2018). Le tarif moyen d'une visite était de 26,71 € HT (de 10,54 à 69,25 € HT). En ce qui concerne la rémunération des frais de déplacement et du temps de déplacement, les modalités divergeaient selon les conventions: pour 18 conventions, il s'agissait d'une rémunération globale kilométrique au taux de 0,59 € HT par km (de même que précédemment, un trajet aller-retour de quinze kilomètres en moyenne a été considéré); pour onze conventions, il s'agissait d'un forfait de 13,92 € HT par visite; pour 22 conventions, cette rémunération était incluse dans le tarif de la visite; et pour deux conventions, le montant de l'indemnisation n'était pas mentionné. Pour obtenir un tarif moyen applicable à toutes les visites à la charge des éleveurs, nous avons calculé la moyenne de la rémunération des frais et du temps de déplacement pondérée par le nombre de conventions correspondantes, à laquelle nous avons ajouté le tarif moyen d'une visite.

Le coût des opérations techniques par modalité de surveillance a été calculé au niveau du territoire national continental, à partir du produit entre le nombre d'opérations et le tarif unitaire correspondant.

Afin de connaître les tarifs des analyses, une enquête a été menée, avec l'appui de l'Association française des directeurs et cadres de laboratoires vétérinaires publics d'analyses (Adilva), auprès des laboratoires départementaux d'analyses agréés pour les méthodes de dépistage de la FCO. L'enquête portait sur les tarifs pratiqués par les laboratoires pour l'analyse Elisa sur sérum sanguin individuel, la détection par analyse RT-PCR sur sérum individuel, ainsi que sur le typage du sérotype 8 par analyse RT-PCR. Les tarifs étaient demandés en € HT et selon le contexte de surveillance (surveillance programmée, surveillance évènementielle, dépistage pré-mouvement ou investigation suite à une séroconversion).

Le coût des analyses de laboratoire par modalité de surveillance a été calculé au niveau du territoire national continental, à partir du produit entre le nombre d'analyses et la moyenne des tarifs unitaires de base correspondant.

### Surveillance entomologique

La surveillance entomologique des populations de l'ensemble des espèces de Culicoides dans les zones de protection est une exigence détaillée dans la directive 2000/75/CE. Le règlement 2007/1266/CE précise les modalités de la surveillance pour déterminer la période saisonnièrement indemne de Culicoides, dans l'objectif de bénéficier de dérogations à l'interdiction de sortie des zones réglementées. La réglementation européenne définit le nombre de pièges par unité géographique ainsi que le rythme de piégeage, mais permet de modifier ces préconisations sur la base de trois années consécutives de suivi entomologique. Le réseau de surveillance mis en place en 2009 a fonctionné avec 160 pièges pendant quatre années consécutives (Balenghien et al. 2013). Une analyse statistique des données de surveillance entomologique recueillies entre 2009 et 2011 (classification hiérarchique ascendante sur les données d'abondance, et de début et fin de période d'inactivité des Culicoides, aussi appelée inactivité vectorielle) a permis de proposer un allégement du réseau en 2015 avec 49 zones de piégeage définies sur le territoire continental français en hiver 2015-2016, ramenées à 24 zones de piégeage pour les campagnes hivernales suivantes (i.e. 2016-2017 et 2017-2018) (Villard et al. 2019).

Ces zones de piégeage rassemblaient et/ou découpaient (au niveau des arrondissements) un ou plusieurs départements, homogènes en termes de diversité des espèces, de durée d'inactivité vectorielle et de phénologie des populations (semaines de début et de fin d'inactivité). Chaque zone de piégeage (contiguë ou non) est représentée par un seul site de piégeage. Le choix du site de piégeage au sein de chaque zone repose sur un certain nombre de critères, à savoir: (i) une abondance annuelle forte en *Culicoides*, (ii) une bonne accessibilité pour l'agent responsable du piégeage et (iii) la meilleure sensibilité possible aux *Culicoides* vecteurs i.e. présentant un profil de fin d'activité la plus tardive et de début d'activité la plus précoce parmi les sites potentiels connus/disponibles au sein de la zone concernée. L'activité des populations de *Culicoides* dans chacune des zones est surveillée par un piégeage hebdomadaire.

La coordination du réseau de surveillance entomologique est assurée par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Le matériel de piégeage est fourni par le Cirad et envoyé par colis postal à la personne contact de la zone désignée par les DDecPPs en amont des premières dates de piégeage. Dans le cadre de la surveillance hivernale, les captures sont réalisées chaque semaine sur un site pour chacune des 24 zones de piégeage définies pour la France continentale dans la nuit du lundi au mardi (sauf contraintes logistiques ou météorologiques, auquel cas, la capture est repoussée à la nuit suivante pour le site concerné). Les prélèvements sont envoyés le lendemain de la capture au Cirad pour identification

<sup>(10)</sup> Arrêté AGRG0829420A du 10 décembre 2008 fixant les mesures financières relatives à la fièvre catarrhale du mouton.

<sup>(11)</sup> Arrêté AGRG1239939A du 21 décembre 2012 fixant le montant de l'acte médical vétérinaire en application de l'article L. 203-10 du code rural et de la pêche maritime.

<sup>(12)</sup> Arrêté AGRG9100036A du 31 décembre 1990 relatif à la nomenclature des opérations de police sanitaire telle que prévue à l'article 4 du décret n° 90-1032 du 19 novembre 1990.

<sup>(13)</sup> Arrêté AGRG0402162A du 30 septembre 2004 relatif à la rémunération des vétérinaires mandatés pour les opérations de police sanitaire. (14) Arrêté BCFF0818058A du 26 août 2008 modifiant l'arrêté du 3 juillet 2006

<sup>(14)</sup> Arrêté BCFF0818058A du 26 août 2008 modifiant l'arrêté du 3 juillet 2006 fixant les taux des indemnités kilométriques prévues à l'article 10 du décre n° 2006-781 du 3 juillet 2006 fixant les conditions et les modalités de règlement des frais occasionnés par les déplacements temporaires des personnels de l'État.

Tableau 1. Honoraires vétérinaires et tarif unitaire moyen des analyses (en € HT) dans le cadre des opérations de la surveillance de la FCO en 2015 et 2016

Dispositif		Surveillance évènementielle, surveillance programmée, gestion des suspicions	Dépistage pré-mouvement				
Prise en charge		Etat	Éleveurs				
Visite		60,20	32,60				
Prélèvement		2,77 2,41					
Détection par test Elisa	2015	10,93					
Detection par test elisa	2016	11,	22				
Détaction par PT DCP de groupe	2015	33,50					
Détection par RT-PCR de groupe	2016	32,21					
Tupogo FCO 9 par DT DCD	2015	30,	90				
Typage FCO-8 par RT-PCR	2016	29,06					

et dénombrement. Les résultats des prélèvements sont saisis dans la base de données Ocapi (base de données dédiée à la surveillance des Culicoides en France initiée par le Cirad et en lien avec la plateforme européenne de surveillance de la FCO), et rendus accessibles aux différents acteurs du réseau via le site http://ocapi.cirad.fr. Une approche conservatrice est appliquée pour les départements couverts par différentes zones de piégeage, i.e. l'entrée en période d'inactivité pour le département concerné est déterminée par la dernière zone le couvrant pour laquelle cette inactivité a été prononcée. De même, lorsque la dernière zone couvrant un département est déclarée en reprise d'activité vectorielle (i.e. fin de période d'inactivité), il en va de même pour le département.

D'autre part, une surveillance estivale peut être mise en place pour i) recueillir des données d'abondance et de dynamique des populations de Culicoides pour les confronter aux données historiques (2009-2012, 2015-2017) et aux données météorologiques et ii) réaliser une surveillance de virus FCO sans a priori au cours de la période d'activité vectorielle.

Les données concernant les coûts de la surveillance entomologique ont été récupérées auprès du Cirad. On peut distinguer les coûts de personnel et les coûts de terrain. Les coûts de terrain incluent la mise en place du dispositif (matériel de capture, cartons, envois postaux, reproduction des livrets du dispositif) et le déplacement des agents du Cirad sur les sites de capture pour former les acteurs en charge du piégeage et initier le dispositif. Les coûts de personnels correspondent notamment à l'identification des échantillons d'insectes piégés,

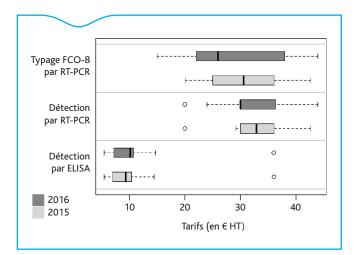


Figure 1. Tarifs des méthodes de diagnostic de la FCO appliqués par 14 laboratoires en 2015 et 2016. Pour chaque boîte à moustache (boxplot), les traits verticaux représentent les premiers et neuvièmes déciles, les extrémités de la « boîte » représentent les premiers (à gauche) et troisième (à droite) quartiles, le trait en gras représente la médiane et les points sont les valeurs extrêmes

à la saisie des résultats dans la base de données et à la restitution hebdomadaire qui en est faite auprès de la DGAl et des autres partenaires. La coordination technique des opérations de terrain, ainsi que la coordination et l'animation de la surveillance (impliquant la formation des acteurs – éleveurs et agents de terrain – et la restitution des résultats à l'ensemble des partenaires – éleveurs, agents, partenaires publics) est aussi incluse dans ces coûts de personnel. À partir de ces résultats, une analyse rétrospective de la distribution et de la dynamique des espèces de *Culicoides* en France, notamment celles vectrices de maladies d'intérêt vétérinaire, est menée; la réalisation de ces analyses statistiques est également incluse dans le coût de personnel. En 2016, une analyse statistique a été conduite pour redéfinir le maillage du dispositif de surveillance entomologique, à partir d'un zonage écologique (Villard et al. 2019). Le coût de cette analyse a été intégré dans l'estimation des coûts tout en tenant en compte du fait qu'il s'agissait d'une dépense ponctuelle. Les coûts de personnel ont été majorés de 68 % pour prendre en compte les coûts indirects (frais généraux et administratifs).

Le nombre de piégeages a été extrait de différentes instructions techniques et des bilans de la surveillance entomologique pour les années étudiées. En 2015, la surveillance entomologique a été réalisée uniquement dans le cadre de la surveillance hivernale 2015-2016 en vue de la mise en place des ZSI; il y a eu sept nuits de piégeage dans 49 sites (Garros et al. 2017), soit 343 piégeages. En 2016, la surveillance entomologique a été réalisée dans le cadre de la surveillance hivernale 2015-2016 pour la mise en place et le maintien des ZSI avec 18 nuits de piégeage dans 49 sites (Garros et al. 2017), dans le cadre de la surveillance entomologique en période estivale avec quatre nuits de piégeage dans 13 sites (note de service DGAL/SDSPA/2016-409 du 13 mai 2016<sup>(15)</sup>) puis, dans le cadre de la surveillance hivernale 2016-2017 avec huit nuits de piégeage dans 24 sites (instruction technique DGAL/SDSPA/2016-890 du 21 novembre 2016<sup>(16)</sup>), soit un total de 1 126 nuits de piégeage pour l'année 2016.

### Résultats

### Honoraires vétérinaires et coûts des analyses

Les honoraires vétérinaires pour les opérations techniques ainsi que les tarifs moyens des analyses sont listés dans le Tableau 1.

Nous avons reçu l'information sur les tarifs des analyses de 14 sur 68 laboratoires agréés, soit un taux de réponse d'environ 21 %. Les tarifs des analyses sont présentés dans la Figure 1.

Les résultats mettent en évidence que les tarifs médians des analyses étudiées ont très peu évolué entre les deux années étudiées. Les tarifs

<sup>(15)</sup> Note de service DGAL/SDSPA/2016-409 du 13 mai 2016 relative à la surveillance entomologique pendant l'été 2016. (16) Instruction technique DGAL/SDSPA/2016-890 du 21 novembre 2016 relative

à la surveillance entomologique de novembre 2016 à mai 2017.

Tableau 2. Nombre d'opérations techniques et d'analyses par dispositif de surveillance de la FCO entre septembre et décembre 2015 et coûts associés en € HT

Opérations	Survei évènem		Dépis pré-mou		Survei progra		Ges des sus		Total	
	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût
Visites	450	27090	419	13 661	1538	92 588			2 407	133 339
Prélèvements	750	2078	25 413	61245	43 077	119 323			69 240	182646
Détection par test Elisa			18	197	45	492			63	689
Détection par RT-PCR de groupe	750	25 125	25 443	852 341	42 271	1416079	826	27671	69 290	2 3 2 1 2 1 5
Typage FCO-8 par RT-PCR					895	27656	121	3 7 3 9	1016	31394
Total (HT)		54293		927444		1656137		31 410		2669283

Tableau 3. Nombre d'opérations techniques et d'analyses par dispositif de surveillance de la FCO en 2016 et coûts associés en € HT

Opérations	Surveillance évènementielle		Dépistage pré-mouvement		Surveillance programmée		Gestion des suspicions		Total	
	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût
Visites	301	18 120	4339	141 472	3 472	209014			8 112	368606
Prélèvements	2 596	7 191	217359	523835	150886	417954			370841	948980
Détection par test Elisa			95	1066	149910	1681990			150 005	1683056
Détection par RT-PCR de groupe	2 121	68317	218 435	7035791	1719	55 369	38 149	1228779	260 424	8388257
Typage FCO-8 par RT-PCR					45	1308	12 235	355 549	12 280	356857
Total (HT)		93 629		7 702 164		2365636		1584328		11745757

des analyses sérologiques ne variaient pas en fonction du contexte des analyses (surveillance évènementielle, programmée ou dépistage pré-mouvement). Par contre, pour les analyses virologiques, quatre laboratoires sur les quatorze agréés ont appliqué des tarifs différents selon le contexte: pour l'un des laboratoires, le tarif standard était utilisé uniquement pour les dépistages pré-mouvements tandis que les analyses réalisées dans les autres contextes étaient majorées à 51 %; pour trois laboratoires, le tarif des analyses pré-mouvements étaient diminué de 20 % à 56 % par rapport au tarif appliqué dans le cadre des enquêtes programmées ou de la surveillance événementielle. De la même manière, deux laboratoires sur les dix effectuant le typage FCO-8 appliquaient des tarifs différents selon le contexte de l'analyse: dans un laboratoire, le tarif était majoré de 50 % pour les analyses réalisées dans le cadre de la surveillance programmée ou événementielle par rapport aux analyses de dépistage pré-mouvement et d'investigation suite à une séroconversion; pour le second, le tarif de base était diminué de 70 % pour les analyses de surveillance programmée et évènementielle, de dépistage pré-mouvement et pour les investigations à la suite d'une séroconversion.

### Coût de la surveillance

Le coût total des opérations de surveillance dans la filière bovine entre septembre et décembre 2015 s'est élevé à 2,7 millions  $\in$  HT (M $\in$ ) (Tableau 2). Parmi ces opérations, les enquêtes programmées réalisées en septembre-octobre 2015 autour du premier foyer de FCO-8 puis à l'échelle nationale ont coûté 1,7 M $\in$  HT. Le coût associé à la surveillance évènementielle était de 54 milliers  $\in$  HT (k $\in$ ). Les dépenses liées aux dépistages pré-mouvements ont été estimées à 927 k $\in$  HT. Le coût des analyses de gestion de suspicions était de 31 k $\in$  HT.

En 2016, le montant total des opérations de surveillance dans la filière bovine était de 11,7 M $\in$  HT, incluant 94 k $\in$  HT pour la suspicion clinique, 7,7 M $\in$  HT pour les dépistages pré-mouvement, 2,4 M $\in$  HT pour la surveillance programmée et 1,6 M $\in$  HT pour la gestion des suspicions (Tableau 3).

La surveillance programmée durant l'hiver 2015-2016 (décembre-avril) pour identifier les ZSI a coûté 559 k€ HT; la répartition des coûts par

Tableau 4. Nombre de visites et d'analyses de laboratoire visant à établir les ZSI au cours de l'hiver 2015-2016 et coûts associés en € HT

	Nombre	Coût
Visites	673	40 515
Prélèvements	6725	18 628
Elisa	43 101	483 593
RT-PCR	501	16 137
Total (HT)		558873

Tableau 5. Nombre d'élevages soumis à des dépistages prémouvements vers des zones de meilleur statut sanitaire (en France ou à l'étranger) pour 2015 (septembre-décembre) et 2016 et distribution des coûts totaux (visites, prélèvements et analyses) entre élevages en € HT

Année	Nombre d'élevages	Nombre de bovins testés par élevage	Coût par élevage
2015	264	4 [1-25]	176 [69-947]
2016	1726	56 [14-358]	238 [102-648]

<sup>\*</sup> Médiane et intervalle interquartile

type de dépenses est détaillée dans le Tableau 4. Il est à noter que les volumes de prélèvements prévus par les instructions ministérielles n'ont pas été systématiquement atteints.

Nous avons décompté 264 cheptels ayant eu recours à des analyses pré-mouvement entre septembre et décembre 2015 et 1726 élevages en 2016. Le coût médian de ces opérations par cheptel, en incluant les visites, les prélèvements et les analyses, était de 176  $\in$  HT en 2015 et 238  $\in$  HT en 2016 (Tableau 5).

### Coût du dispositif de surveillance entomologique

La surveillance entomologique a eu un coût global de 43 k€ en 2015 et de 171 k€ en 2016 (Tableau 6).

La surveillance entomologique s'est déroulée sur quatre semaines en 2015 contre 30 en 2016. Il est à noter une augmentation des coûts unitaires entre 2015 et 2016: les coûts unitaires (par piège) liés à la

Tableau 6. Coûts par piège et coûts totaux de la surveillance entomologique pour novembre-décembre 2015 (343 piégeages) et pour l'année 2016 (1126 piégeages) en €

	Postes de dépenses liés	Catágorio do coûto	Coût pa	ır piège	Coûts	totaux
	à la surveillance entomologique	Catégorie de coûts	2015	2016	2015	2016
	Coordination de la surveillance entomologique, formation et restitution des résultats de la surveillance entomologique en France continentale	Animation	27	34	9 190	37852
	Analyse rétrospective de la distribution et de la dynamique des espèces de <i>Culicoides</i> en France (et définition du zonage écologique en 2016)	Appui scientifique et technique	13	13	4436	14673
	Coordination technique de la surveillance entomologique en France continentale	Animation	10	12	3580	13 098
	Identification des échantillons de la surveillance en France continentale et saisie des résultats dans la base de données Ocapi	Appui scientifique et technique	18	21	6060	24088
So	us-total coûts de personnel direct		68	80	23 266	89711
So	us-total coûts personnel indirects (68 % des coûts directs)		46	54	15821	61003
	Matériel pour remise en place du dispositif: Matériel de capture, cartons, envois postaux, reproduction des livrets du dispositif	Appui scientifique et technique	8	12	2800	13 284
	Missions et déplacements sur site	Animation	4	6	1400	6642
So	us-total des coûts de consommables et de missions		12	18	4200	19926
То	tal du coût de la surveillance entomologique		126	152	43 288	170 641

coordination de la surveillance entomologique, la formation et la restitution des résultats ont augmenté de 25 %, ceux de coordination technique de la surveillance entomologique de 11 %, ceux d'identification des échantillons de 21 % et ceux de consommables et de mission de 45 %. Seul le coût unitaire des analyses statistiques est resté stable entre 2015 et 2016 malgré la surcharge de travail entraînée par la définition d'un nouveau zonage, à partir de l'analyse statistique de la distribution et de la dynamique des *Culicoides*.

La répartition des coûts entre l'animation du dispositif d'un côté et l'appui scientifique et technique de l'autre est équilibrée (52,8 % en 2015 et 54,1 % en 2016 pour l'animation; 47,2 % en 2015 et 45,9 % en 2016 pour l'appui scientifique et technique). Les consommables et frais de missions relatifs à la mise en fonctionnement des sites de capture ne représentent que 11,3 % du total des dépenses (9,7 % en 2015 et 11,7 % en 2016).

### Répartition des coûts entre les éleveurs et l'État

Le coût total de la surveillance de la FCO dans la filière bovine et pour le suivi vectoriel a été estimé à 2,7 M€ HT en 2015 et 11,9 M€ HT en 2016. Les actes effectués dans le cadre des dépistages pré-mouvements sont à la charge des exploitants, pour un coût total de 927 k€ HT en 2015 (sur la période septembre-décembre) et 7,7 M€ HT en 2016. L'État a pris en charge l'ensemble des coûts liés aux opérations de surveillance évènementielle, de surveillance programmée et de gestion des suspicions (notamment les analyses de typages moléculaire sur les résultats non négatifs des analyses pré-mouvements) dans les élevages bovins, et les dépenses issues de la surveillance entomologique, pour un coût total estimé à 1,8 M€ HT en 2015 et 4,2 M€ HT en 2016.

### Discussion

Les mesures de surveillance des bovins mises en œuvre suite à la résurgence du sérotype 8 de la FCO en 2015 ont coûté à l'État environ 1,8 M€ HT sur la période septembre-décembre 2015 et 4,0 M€ HT en 2016. À titre de comparaison, le coût de la surveillance de la FCO pour l'État s'était élevé à 45 500 € HT en France continentale en 2014 (Perrin et al. 2015). Sur la période janvier-août 2015, le coût de la surveillance FCO était de 288 k€ HT pour l'État; l'augmentation entre 2014 et 2015 étant liée à l'enquête conduite dans les Bouches du Rhône à la suite de l'importation de taureaux positifs en RT-PCR (Bournez et al. 2018). Ainsi, le coût annuel de la surveillance dans les élevages bovins et des vecteurs en 2016 (7,9 M€ HT), où la maladie

était présente sur l'ensemble du territoire continental, était plus de 90 fois supérieur aux coûts de la surveillance en 2014 (lorsque la France avait le statut indemne, avec une surveillance uniquement dans les élevages bovins). Ce coût est comparable à celui de la surveillance de la tuberculose bovine, autre maladie réglementée présente sur le territoire, qui était de 6 M€ HT (hors surveillance de la faune sauvage) en 2014 pour l'État (Hénaux *et al.* 2017).

À ces coûts s'ajoutent les dépenses par les éleveurs pour les opérations techniques et analyses pour prouver le statut indemne des bovins en vue d'un mouvement, estimés à 927 k€ HT en 2015 (sur la période septembre-décembre) et 7,7 M€ HT en 2016; ces montants n'incluent pas le coût de désinsectisation (des animaux et des moyens de transport), ni celui des visites pour vaccination, également pris en charge par les éleveurs (le vaccin étant à la charge de l'État). De plus, une partie de ces analyses n'a pas été enregistrée dans Sigal par les laboratoires, en particulier au début de l'épizootie car les systèmes de gestion de l'information des laboratoires n'étaient pas adaptés. Malgré une plus courte durée d'exposition aux mesures de restrictions de mouvement en 2015 qu'en 2016, nos résultats ont montré que les éleveurs ont dépensé des montants équivalents pour les opérations liées aux dépistages pré-mouvement dans leur élevage (50 % des éleveurs ont payé entre 68,51 € HT et 947,48 € HT entre septembre et décembre 2015 et entre 101,84 € HT et 648,21 € HT sur l'année 2016). Compte tenu du nombre insuffisant de doses vaccinales en 2015, il est possible que les éleveurs aient eu recours aux analyses RT-PCR pour garantir le statut des animaux et ainsi, les vendre ou les exporter. En 2016, les vaccins étant de nouveau disponibles, les éleveurs pouvaient avoir recours soit à la vaccination soit aux analyses RT-PCR pour déplacer leurs animaux (sauf protocole spécifique; par exemple, seule la RT-PCR pour l'Espagne était possible pour l'exportation de veaux de lait en Espagne). La vaccination étant à la charge exclusive des éleveurs mais non-incluse dans cette estimation, cela pourrait expliquer la similarité des dépenses des éleveurs en fin d'année 2015 comparées à leurs dépenses sur l'ensemble de l'année 2016. Il est à noter que pour 1 % des exploitants, les montants dépensés dans le cadre des mouvements de bovins étaient très élevés (entre 77 k€ HT et 192 k€ HT en 2015 et entre 99 k€ HT et 767 k€ HT en 2016). Parmi ces élevages à forte dépense, il y avait des exploitations avec un atelier d'engraissement, des centres de rassemblement et des exploitations de négoce, c'est-à-dire des établissements où la revente de bovins vivants est le pilier principal de leur modèle économique. Il n'est pas à exclure que des détenteurs d'animaux aient modifiés leurs

pratiques (réorientation de flux de marché) afin d'être moins soumis aux analyses ou vaccins nécessaires aux mouvements de bovins (i.e. des mouvements au sein de la ZR — en extension au cours de l'année 2016) (Villard 2019).

Plusieurs sources de coûts n'ont pas été prises en compte (ou partiellement), faute de données complètes ou disponibles ou du fait d'un manque de connaissance sur les modalités d'application selon les départements. Ainsi, le coût du matériel de prélèvement et de conditionnement, les frais de collecte des échantillons par les laboratoires ou d'envoi aux laboratoires, les frais de préparation et de conservation n'ont pas été comptabilisés dans les coûts des analyses. Par exemple, certains laboratoires ont mentionné appliquer des coûts de préparation (entre 0,69 et 1,22 € par échantillon) et/ou de conservation (entre 0,69 et 2,60 € par échantillon), mais ces coûts ne sont pas systématiques (les frais de conservation n'étaient par exemple appliqués qu'au moment de la réutilisation de l'échantillon conservé). D'une manière générale pour la partie analytique il n'a pas été possible d'évaluer le coût complet environné de sa contribution.

L'évaluation des coûts de la surveillance dans la filière bovine a porté uniquement sur les coûts des opérations techniques et n'inclut pas les coûts liés à la gestion administrative et à l'animation de ces dispositifs. Or, le fonctionnement d'un réseau de surveillance engendre de multiples sources de coûts, telles que des ressources humaines pour les services de l'État et les organismes délégataires (Groupements de défense sanitaire), des coûts de fonctionnement et des charges de structure pour ces organismes. En 2015-2016, l'animation du dispositif était assurée par la DGAl, appuyée par les animateurs de chacun des réseaux de professionnels, intervenant dans la surveillance et la gestion de la FCO. L'estimation de ces coûts nécessiterait la mise en place en amont d'une comptabilité analytique, uniformisée entre l'ensemble des partenaires. En addition, un groupe national de la surveillance de la FCO était animé dans le cadre de la plateforme ESA. Il avait la charge de la rédaction des protocoles de surveillance et réalisait des analyses statistiques compilées en bilans très réguliers. La mise en place d'un système de comptabilité, comme c'est le cas pour la surveillance entomologique avec le Cirad, permettrait de mieux calculer les coûts de tous les dispositifs sanitaires soutenus par l'État. Ce changement devrait être précédé d'une importante sensibilisation des acteurs des différents services de l'État afin que les nouveaux outils de comptabilité soient adaptés aux différents types de dépenses et d'opérations de surveillance.

En complément, l'investissement des acteurs de terrain, et notamment des vétérinaires sanitaires et des éleveurs, est essentiel à la qualité des données ainsi qu'à leur transmission et donc à l'efficacité de ces dispositifs (Palussière, Calavas, et Bronner 2013). Dans un contexte où le coût des actes de prophylaxie est très hétérogène d'un département à l'autre, des travaux permettant de développer une méthode de construction des coûts, appuyée par une charte définissant les objectifs de la surveillance, et les rôles et responsabilités de chaque acteur, pourraient permettre d'objectiver et de clarifier la rémunération des vétérinaires. Ce travail complexe nécessiterait d'associer l'ensemble des acteurs concernés au niveau local et national pour co-construire cette méthode.

Pour les éleveurs, aux coûts des opérations de surveillance, s'ajoutent des coûts annexes liés à la mise en place des mesures de restriction et de perte de marché. En effet, ces restrictions contraignent les éleveurs à conserver les animaux dans l'exploitation. Elles, entraînent potentiellement une augmentation de la mortalité, de la morbidité, des coûts de médecine vétérinaire préventive, d'alimentation et de stabulation, comme cela avait été montré pour l'épizootie de FCO de 2006-2008 (Tago et al. 2014). Toutefois, la fusion des zones de surveillance et de protection (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015) a permis aux éleveurs de l'ancienne ZP de s'affranchir des mesures de restriction pour leurs mouvements vers l'ensemble de la ZR, et ainsi de se soustraire dans une certaine mesure,

aux risques sanitaires liés à une surpopulation animale au sein de leur élevage; cette ouverture de la zone réglementée n'a toutefois pas permis d'absorber l'ensemble de la production destinée aux échanges/exports. Les coûts liés à la mise en place des mesures de restriction dépendent des capacités matérielles des élevages, notamment en terme d'alimentation (achetées ou produites sur place) et de bâtiments (propriétaire ou locataire, avec ou sans contraintes capacitaires), ainsi que de l'accès aux marchés et aux implications financières associées.

Dans l'optique d'échanger/exporter leurs animaux, les éleveurs étaient contraints de faire réaliser soit une vaccination préalable des bovins concernés, soit un test de détection par RT-PCR dont le résultat devait être négatif (accompagné d'une désinsectisation), soit les deux (dans le cas où la seconde injection du vaccin aurait été réalisée trop tardivement par rapport au mouvement prévu), en fonction de la destination et des différents protocoles bilatéraux. S'ajoutaient des mesures de confinement vectoriel (i.e. désinsectisation des bâtiments et isolement des bovins) également réglementées par ces protocoles. Ces opérations étant à la charge des éleveurs, ces dépenses venaient peser sur ces acteurs primordiaux de la filière.

Au cours de l'épizootie de FCO de 2006-2008, les vaccins ont été utilisés comme moyen de lutte pour prévenir la diffusion de la FCO (avec une prise en charge des honoraires vétérinaires par l'État), et comme moyen de prévention en proposant aux éleveurs de vacciner leur cheptel de manière volontaire (instruction technique DGAL/SDSPA/2016-177 du 1er mars 2016<sup>(17)</sup>) et ce, à leur charge. Après cette épizootie, une fois la vaccination devenue facultative (i.e. en 2011), très peu d'animaux auraient bénéficié de la vaccination (Courtejoie, Salje, *et al.* 2018). Pour l'épizootie de 2015-2016, on ignore combien d'animaux ont été vaccinés, qu'ils soient destinés aux échanges et aux exportations ou non. Une étude complémentaire sur le recours et les conditions d'usage de la vaccination par les éleveurs, basée sur les données de vente de vaccin aux vétérinaires et autres circuits de distribution des dits vaccins, permettrait d'évaluer les coûts associés à la vaccination au cours de l'épizootie actuelle.

De même, il serait intéressant d'estimer l'efficience des ZSI en comparant, d'une part, les coûts associés à la mise en place et au maintien des ZSI, ceux associés aux analyses nécessaires aux mouvements depuis ces ZSI (instruction technique DGAL/SDSPA/2015-869 du 16 octobre 2015) et, d'autre part, les montants des analyses ou vaccins qu'il aurait fallu mettre en œuvre pour permettre les mouvements de bovins si le département était considéré comme une ZR. Il faudrait estimer en parallèle si la mise en place des ZSI a permis de restaurer des volumes d'échanges comparables à ceux attendus en ZI, ou si les analyses nécessaires dans le cas de mouvements depuis les ZSI étaient toujours trop contraignantes pour les éleveurs. Il est à noter qu'étant donné que ces mesures dérogatoires n'avaient jamais été implémentées, les opérateurs n'ont pas pu anticiper les sorties de bovins dans ce cadre. Une telle étude devrait également prendre en compte les périodes de mise en place potentielle des ZSI, ainsi que le temps nécessaire à leur implémentation sur les territoires concernés.

Enfin, la réémergence a été détectée grâce au dispositif de surveillance évènementielle. L'efficacité de la surveillance programmée était limitée car le virus circulait chez moins de 5 % des animaux dans les zones les plus touchées (Courtejoie, Salje, et al. 2018) alors que celle-ci était prévue pour détecter une prévalence supérieure ou égale à 20 % (CE/1266/2007, Directive 2007/75). Des tests sérologiques positifs avaient été obtenus auparavant mais ils n'avaient jamais été investigués plus en détail du fait de doutes sur la spécificité de la technique (Anses 2015). Par ailleurs, une étude récente a mis en évidence des résultats sérologiques positifs sur des échantillons récoltés au cours des hivers 2014-2015 et 2015-2016 dans le cadre de la surveillance contre la brucellose bovine et la rhinotrachéite infectieuse bovine (Courtejoie,

<sup>(17)</sup> Instruction technique DGAL/SDSPA/2016-177 du 1er mars 2016 relative à l'organisation de la vaccination contre la fièvre catarrhale ovine (FCO) de sérotype 8 en France continentale en mars et avril 2016.

Durand, et al. 2018). Cependant, bien que le niveau de circulation du virus était encore faible au moment de sa détection, sa présence était étendue à plusieurs régions et le nombre de vaccins disponibles aurait été très largement insuffisant pour envisager une éradication rapide dans ces conditions.

Rétrospectivement et au regard du caractère désormais enzootique du FCO-8, ces résultats remettent en cause la pertinence de la surveillance mise en place en amont de la détection du virus en septembre 2015. L'utilisation d'un modèle de diffusion de la FCO (Courtejoie et al. 2019; Turner, Bowers, et Baylis 2012) permettrait, par simulation, d'estimer tant l'efficacité que le coût de la mise en place et du maintien d'une surveillance programmée permettant la détection d'une prévalence plus faible. Il serait alors intéressant de vérifier si une détection plus précoce de cette diffusion à bas bruit aurait pu permettre la circonscription du virus à une zone restreinte voir à éradiquer l'infection (dans le cadre du BTV 8 ou d'un sérotype exotique), par la mise en place de mesures de lutte (notamment via la vaccination, à condition de disposer rapidement d'une banque de vaccins suffisante pour procéder à l'éradication précoce du virus).

### Impact de l'évolution des modalités de surveillance depuis 2018 sur les coûts

Comme suite à l'introduction du FCO-4 en novembre 2017 en Haute-Savoie, les sérotypes 4 et 8 de la FCO sont considérés comme enzootiques en France continentale depuis début 2018 (arrêté AGRG1736387A du 28 décembre 2017<sup>(18)</sup>). Dès lors, les règlementations qui régissaient la surveillance et la lutte contre la FCO-8 ont évolué (instruction technique DGAL/SDSPA/2018-744 du 3 octobre 2018<sup>(19)</sup>).

La surveillance évènementielle est toujours en place de manière continue sur l'ensemble du territoire afin de détecter l'intrusion d'un sérotype exotique ou la circulation des sérotypes 4 et 8 dans les zones sans foyer déclaré au cours de l'année et de connaître l'intensité de la circulation et de l'impact sanitaire des sérotypes 4 et 8 en ZR en France continentale. Pour cela, l'État prend en charge les opérations techniques et analyses (détection par RT-PCR de typage des sérotypes 4 et 8 si la RT-PCR de première intention s'est révélée positive).

La vaccination et le dépistage pré-mouvement sont également maintenus pour les échanges vers les pays européens, pour les exportations vers l'étranger (soumis à un protocole spécifique ou non) et pour les mouvements depuis une ZR vers une ZI d'un sérotype particulier (i.e. la Corse qui est indemne de sérotype 8 instruction technique DGAL/SDSPA/2018-156 du 28 février 2018<sup>(20)</sup>). Les détenteurs prennent en charge les opérations et les analyses de première intention et l'État s'acquitte des analyses complémentaires de typage des sérotypes 4 et 8 si la RT-PCR initiale s'est révélée positive (voire recherche un autre sérotype si les deux premiers se révèlent négatifs). L'impact financier pour les éleveurs ne devrait donc pas changer, à moins qu'ils n'aient modifié leurs pratiques d'élevage et de vente depuis 2016 ou que la maladie diffuse de manière plus importante au sein des élevages entraînant une augmentation du nombre de tests pré-mouvements. Comme l'ensemble du territoire continental est une ZR vis-à-vis des sérotypes 4 et 8, plus aucune restriction n'est appliquée aux élevages (sauf les élevages avec au moins un cas confirmé) pour les mouvements de bovins (vers l'abattoir ou un autre élevage) en France continentale. Au contraire, tous les établissements doivent désormais se plier aux mesures (i.e. vaccination, RT-PCR, désinsectisation), pour échanger/exporter leurs animaux, engendrant des dépenses supplémentaires.

(18) Arrêté AGRG1736387A du 28 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 22 juillet 2011 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton sur le territoire métropolitain.

(19) Instruction technique DGAL/SDSPA/2018-744 du 3 octobre 2018 relative

(19) Instruction technique DGAL/SDSPA/2018-744 du 3 octobre 2018 relative aux mesures de surveillance et de police sanitaire vis-à-vis de la fièvre catarrhale ovine (FCO) en France métropolitaine

ovine (FCO) en France métropolitaine.
(20) Instruction technique DGAL/SDSPA/2018-156 du 28 février 2018 relative aux conditions applicables aux mouvements des ruminants.

L'objectif de la surveillance programmée a été très largement revu à la baisse. Il s'agit depuis 2018 de démontrer l'absence de circulation d'un sérotype autre que les sérotypes 4 et 8 en France continentale (conformément aux obligations de l'annexe I du règlement CE/1266/2007 pour une prévalence seuil de 20 % par unité géographique de 45x45 km). Pour cela, l'État prend en charge quinze prélèvements sur tube sec pour Elisa dans trois exploitations par département en début de période d'inactivité vectorielle (instruction technique DGAL/SDSPA/2018-744 du 3 octobre 2018). L'envergure de la surveillance programmée diminuant (plus de 150000 analyses réalisées pour l'année 2016 contre 3 975 programmées pour la saison 2018-2019), les coûts à la charge de l'État devraient en faire de même. En effet, en utilisant les tarifs des visites et prélèvements de 2016 (qui n'ont pas changé depuis), ainsi que les tarifs des analyses Elisa de 2016, le coût annuel de la surveillance programmée pour 2018 peut être estimé à environ 72 k€ HT, sans compter les éventuelles analyses RT-PCR pour le typage moléculaire.

La surveillance entomologique hivernale n'a, quant à elle, pas repris sur le continent à l'automne 2018, ni depuis. Seule une surveillance estivale très allégée est maintenue en Corse puisque cette région est en première ligne du risque d'introduction de nouveaux sérotypes de la FCO circulant en Afrique du Nord et dans le Sud du bassin méditerranéen.

### Remerciements

Nous remercions Philippe Nicollet (Adilva), Eric Guillemot (Adilva) et Lisa Cavalerie (DGAl) pour leurs suggestions afin d'améliorer le questionnaire sur les coûts des analyses de laboratoire et Lidia Zerrouki (Adilva) pour la diffusion du questionnaire au sein du réseau de l'Adilva. Pour leur implication dans l'entomosurveillance, nous remercions aussi Lisa Cavalerie (DGAl), Marie Grandcollot-Chabot (DGAl), Anne Bronner (DGAl) et Alexandre Fediaevsky (DGAl). Nous remercions enfin la DGAl et Corinne Sailleau, Emmanuel Bréard et Cyril Viarouge du LNR Anses pour avoir fourni les données nécessaires à la réalisation de ce travail.

### Références bibliographiques

Anses. 2015. « Saisine n°2015-SA-0226. Avis relatif à l'évaluation du risque lié à la réapparition du sérotype 8 de la FCO en France continentale ».

Balenghien, J. C. Delécolle, M. L. Setier-Rio, D. Delécolle, X. Allène, I. Rakotoarivony, B. Scheid, et al. 2013. « L'activité des populations de *Culicoides* en 2012 et bilan des quatre années du dispositif de surveillance ». *Bulletin Épidémiologique Santé animale - Alimentation* 59: 39-40.

Bournez, L., A. Fediaevsky, L. Cavalerie, S. Rautureau, C. Sailleau, E. Bréard, et S. Zientara. 2015. « Bilan de situation FCO (point n° 8) – 12 novembre 2015 ». 2015. https://www.plateforme-esa.fr/article/bilan-de-situation-fco-point-ndeg8-12-novembre-2015.

Bournez, L., C. Sailleau, E. Bréard, R. Servan de Almeida, G. Zanella, P. Hendrikx, D. Calavas, et al. 2018. « Fièvre catarrhale ovine en 2015 en France métropolitaine: ré-émergence du sérotype 8 en France continentale ». Bulletin Épidémiologique Santé animale - Alimentation 83.

Bournez, L., C. Sailleau, E. Bréard, S. Zientara, G. Zanella, A. Troyano-Groux, P. Hendrikx, A. Fediaevsky, et L. Cavalerie. 2016. « Ré-émergence de la fièvre catarrhale ovine BTV-8 en France: bilan de la situation épidémiologique entre septembre et décembre 2015 ». Bulletin Épidémiologique Santé animale – Alimentation 74: 2.

Courtejoie, N., S. Cauchemez, G. Zanella, et B. Durand. 2019. « A Network-Based Approach to Modelling Bluetongue Spread in France ». *Preventive Veterinary Medicine* 170 (octobre): 104744. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104744.

Courtejoie, N., B. Durand, E. Breard, C. Sailleau, D. Vitour, S. Zientara, A. Gorlier, et al. 2018. « Serological Status for BTV-8 in French Cattle Prior to the 2015 Re-Emergence ». *Transboundary and Emerging Diseases* 65 (1): e173-82. https://doi.org/10.1111/tbed.12718.

Courtejoie, N., H. Salje, B. Durand, G. Zanella, et S. Cauchemez. 2018. « Using serological studies to reconstruct the history of bluetongue epidemic in French cattle under successive vaccination campaigns ». *Epidemics* 25 (décembre): 54-60. https://doi.org/10.1016/j.epidem.2018.05.005.

Dal Pozzo, F., C. Saegerman, et E. Thiry. 2009. « Bovine infection with bluetongue virus with special emphasis on European serotype 8 ». *Veterinary journal* 182 (2): 142-51. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.05.004.

Garros, C, M Duhayon, T Lefrançois, A Fediaevsky, et T Balenghien. 2017. « La surveillance entomologique des populations de *Culicoides* en France pendant la période supposée d'inactivité vectorielle 2015-2016 ». *Bulletin Épidémiologique Santé animale - Alimentation* Numéro spécial maladies animales réglementées Bilan 2015.

Gibon, Christophe, et Lionel. Parle. 2016. « Modalités de fixation des tarifs des prophylaxies animales ». *CGAAER* 15046. https://agriculture.gouv.fr/telecharger/79667?token=c8fdefa12fd94f139da347f1bf4e262b.

Gibon, Christophe, et Lionel. Parle. 2018. « Suivi des recommandations émises dans le rapport de mission CGAAER N°15046 sur la fixation des tarifs des prophylaxies animales. » CGAAER 18030. https://agriculture.gouv.fr/telecharger/91267?token=716a6bc695526e248e7ab3b3d6532ec1.

Hénaux, David Ngwa-Mbot, Sophie Memeteau, Anne Bronner, et Didier Calavas. 2017. « Première estimation des coûts vétérinaires et de laboratoire de la surveillance et de la lutte vis-à-vis des maladies réglementées chez les ruminants en France en 2014 ». Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 79: 2-11.

Nusinovici, S., H. Seegers, A. Joly, F. Beaudeau, et C. Fourichon. 2011. « A side effect of decreased fertility associated with vaccination against bluetongue virus serotype 8 in Holstein dairy cows ». *Preventive Veterinary Medicine* 101 (1-2): 42-50. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.05.011.

Nusinovici, S., H. Seegers, A. Joly, F. Beaudeau, et C. Fourichon. 2012a. « Quantification and at-risk period of decreased fertility associated with exposure to bluetongue virus serotype 8 in naive dairy herds ». *Journal of Dairy Science* 95 (6): 3008-20. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4799.

Nusinovici, S., H. Seegers, A. Joly, F. Beaudeau, et C. Fourichon. 2012b. « Increase in the Occurrence of Abortions Associated with Exposure to the Bluetongue Virus Serotype 8 in Naive Dairy Herds ». *Theriogenology* 78 (5): 1140-51. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.05.010.

Nusinovici, S., C. Souty, H. Seegers, F. Beaudeau, et C. Fourichon. 2013. « Decrease in milk yield associated with exposure to bluetongue virus

serotype 8 in cattle herds ». *Journal of Dairy Science* 96 (2): 877-88. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5800.

Palussière, M., D. Calavas, et A. Bronner. 2013. « Evaluation de la qualité des données collectées dans le cadre du dispositif de déclaration obligatoire des avortements chez les bovins sen France ». Bulletin Épidémiologique Santé animale - Alimentation 58: 17-20.

Perrin, J. B., S. Desvaux, C. Sailleau, E. Bréard, C. Viarouge, L. Bournez, et S. Zientara. 2015. « Fièvre catarrhale ovine en 2014: maintien du statut indemne en France continentale, maîtrise de l'épizootie de sérotype 1 en Corse ». Bulletin Épidémiologique Santé animale - Alimentation 71: 41-44.

Perrin, J. B., C. Ducrot, J. L. Vinard, E. Morignat, A. Gauffier, D. Calavas, et P. Hendrikx. 2010. « Using the National Cattle Register to Estimate the Excess Mortality during an Epidemic: Application to an Outbreak of Bluetongue Serotype 8 ». *Epidemics* 2 (4): 207-14. https://doi.org/10.1016/j.epidem.2010.10.002.

Prentice, Jamie C., Glenn Marion, Michael R. Hutchings, Tom N. McNeilly, et Louise Matthews. 2017. « Complex Responses to Movement-Based Disease Control: When Livestock Trading Helps ». *Journal of the Royal Society, Interface* 14: 20160531. https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0531.

Sailleau, C., E. Bréard, C. Viarouge, D. Vitour, A. Romey, A. Garnier, A. Fablet, et al. 2015. « Re-emergence of bluetongue virus serotype 8 in France, 2015 ». *Transboundary and Emerging Diseases* 64: 998–1000. https://doi.org/10.1111/tbed.12453.

Tago, D., J. K. Hammitt, A. Thomas, et D. Raboisson. 2014. « Cost assessment of the movement restriction policy in France during the 2006 bluetongue virus episode (BTV-8) ». *Preventive Veterinary Medicine* 117 (décembre): 577–89. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.10.010.

Turner, J., R. G. Bowers, et M. Baylis. 2012. « Modelling bluetongue virus transmission between farms using animal and vector movements ». *Scientific Reports* 2: 319. https://doi.org/10.1038/srep00319.

Villard, Pierre, Facundo Muñoz, Thomas Balenghien, Thierry Baldet, Renaud Lancelot, et Viviane Hénaux. 2019. « Modeling *Culicoides* abundance in mainland France: implications for surveillance ». *Parasites & Vectors* 12 (1): 391. https://doi.org/10.1186/s13071-019-3642-1.



Brève. Identification d'un nouveau virus influenza porcin H1<sub>av</sub>N2 dans plusieurs élevages en Bretagne Short item. Identification of a novel swine influenza virus H1<sub>av</sub>N2 in several herds in Brittany

Séverine Hervé<sup>(1)</sup>, Amélie Chastagner<sup>(1)</sup>, Stéphane Quéguiner<sup>(1)</sup>, Nicolas Barbier<sup>(1)</sup>, Stéphane Gorin<sup>(1)</sup>, Yannick Blanchard<sup>(2)</sup>, Agnès Jardin<sup>(3)</sup>, Laure Dommergues<sup>(4,5)</sup>, Nicolas Rose<sup>(6)</sup>, Gaëlle Simon<sup>(1)</sup>

Auteur correspondant: severine.herve@anses.fr

- (1) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Virologie immunologie porcines, Laboratoire national de référence Influenza porcin, Ploufragan, France
- (2) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Génétique virale et biosécurité, Ploufragan, France
- (3) CEVA Santé Animale, Libourne, France
- (4) La Coopération Agricole, Paris, France
- (5) Plateforme d'épidémiosurveillance santé animale
- (6) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Epidémiologie, Santé et Bien Etre, Ploufragan, France

Mots-clés: virus influenza A porcin, porc, infections récurrentes/Keywords: swine influenza A virus, pig, recurrent infections

Des virus influenza A porcins (swIAVs) de quatre lignages génétiques sont connus pour circuler de manière enzootique dans les élevages de porcs en Europe (Tableau 1). Les swIAVs enzootiques les plus fréquemment rencontrés en France appartiennent aux lignages H1<sub>av</sub>N1 et H1<sub>hu</sub>N2 (Hervé et al. 2019). D'autres virus sont également détectés sporadiquement, notamment de lignage H1<sub>av</sub>N2, issus de réassortiments générés à la faveur de co-infections, par des virus porcins enzootiques (Tableau 1, #A et #B), ou des virus porcin et humain (Tableau 1, #C et #D), ou introduits depuis un autre pays (Tableau 1, #E) (Bonin et al. 2016). Les analyses génétiques et antigéniques approfondies réalisées par l'Anses en aval des actions de surveillance des swIAVs qui circulent sur le territoire, actions menées parallèlement par le réseau national Résavip, CEVA et l'Anses, ont récemment permis d'identifier un virus H1<sub>av</sub>N2 d'un nouveau génotype en Bretagne (Tableau 1, #F).

Ce virus H1<sub>av</sub>N2 a été identifié à l'occasion de syndromes grippaux survenus chez des porcelets âgés de 6 à 8 semaines entre octobre 2018 et octobre 2019 dans six élevages situés dans le Morbihan et les Côtes d'Armor (Fig. 1). Les élevages étaient de type post-sevreurengraisseur (PSE) pour deux d'entre eux (#1 et #5) et naisseurengraisseur (NE) pour les quatre autres. Les syndromes grippaux ont été qualifiés d'intensité élevée dans deux cas (#3 et #4). Les vétérinaires ont déclaré une situation de grippe récurrente dans les six élevages. Dans tous les sites, sauf peut-être le cas #1 (PSE) pour lequel l'information n'a pas été obtenue, tous les porcelets touchés étaient nés de truies vaccinées.

Dans ces six élevages, le virus responsable des cas de grippe a en premier lieu été caractérisé comme étant un réassortant H1<sub>av</sub>N2 par sous-typage moléculaire réalisé à l'aide de RT-qPCRs ciblant les gènes codant l'hémagglutinine (HA) et la neuraminidase (NA). Les séquençages des génomes complets ont permis de montrer que les gènes PB1, PB2, PA, NP, M et NS appartiennent au lignage H1N1 pandémique 2009 (H1N1pdm). Les reconstructions phylogénétiques

ont révélé que le segment HA appartient au clade 1C.2 comme celui des virus H1<sub>a</sub>,N2 (Tableau 1, #E) distingués dans le Sud-Ouest en 2015-2016, clade connu pour circuler dans le Nord de l'Europe (Bonin *et al.* 2016). Le segment NA se classe également dans le même clade que le gène N2 des souches H1<sub>av</sub>N2 enzootiques au Danemark (Tableau 1, #E). Des analyses complémentaires effectuées en collaboration avec un laboratoire expert au Danemark ont confirmé une forte identité (97-98 % de similarité selon les gènes) avec un virus H1<sub>av</sub>N2 multiréassortant isolé dans ce pays en 2018 (Pia Ryt-Hansen, communication personnelle).

Dans les cas #1 à #5, les souches virales ont pu être isolées sur cellules MDCK, puis confrontées à des sérums hyper immuns de référence lors d'un test d'inhibition de l'hémagglutination (IHA), afin d'évaluer leurs niveaux de réactions antigéniques vis-à-vis d'anticorps dirigés contre différents types de HA. Des titres IHA nuls (<10) à très faibles (10) ont été obtenus avec les anticorps anti-H1<sub>av</sub>(Ny) du clade 1C.2.1 circulant en France. En revanche, ces virus ont nettement réagi avec des anticorps anti-H1<sub>av</sub>N2 du clade 1C.2 et anti-H1N1pdm (titres IHA de 20 à 80), montrant une proximité antigénique avec le virus H1<sub>av</sub>N2 identifié dans le Sud-Ouest en 2015-2016 et potentiellement avec le virus H1N1pdm, en lien avec le génotype identifié par ailleurs.

Ainsi, au vu de l'ensemble des résultats d'analyses, il est formulé l'hypothèse que ce nouveau virus H1<sub>av</sub>N2 a été introduit *in toto* dans un ou plusieurs élevage(s) breton(s), à la faveur d'importation(s) d'animaux vivants contaminés en provenance d'un autre pays européen. Le virus introduit dans un élevage a ensuite pu diffuser vers un ou d'autre(s) élevage(s) de la région, mais à ce stade, seul un lien épidémiologique entre les sites #5 et #6 est connu.

Un suivi rapproché des futurs épisodes grippaux dans ces élevages, ainsi que la poursuite des actions de surveillance des swIAVs par l'ensemble des acteurs impliqués sont à encourager afin d'appréhender l'installation ou non de ce nouveau virus dans les élevages français.

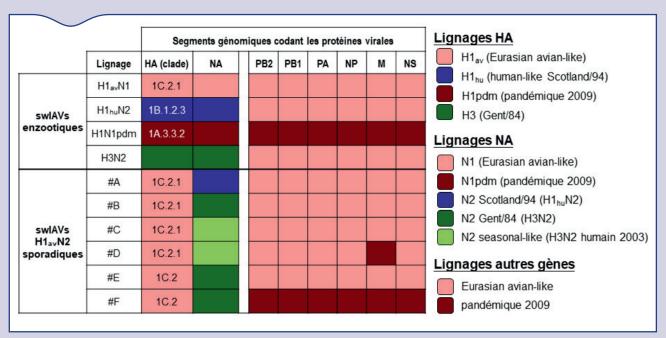


Tableau 1. Génotypes des swIAV enzootiques et des virus sporadiques de lignage H1, N2 identifiés en France.

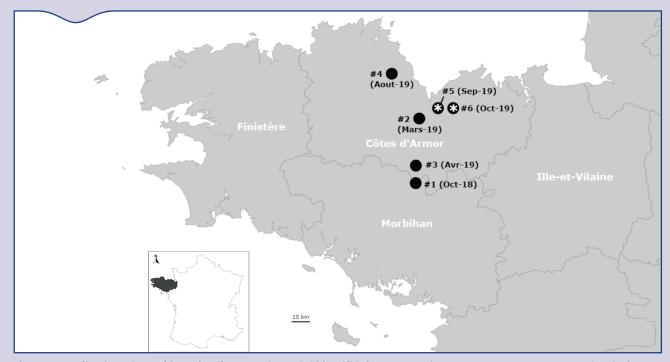


Figure 1. Localisation géographique des élevages où ont été identifiés le nouveau virus H1<sub>av</sub>N2 en 2018-2019, numérotés dans l'ordre chronologique de détection. L'astérisque indique des sites d'élevage liés épidémiologiquement.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des acteurs des dispositifs de surveillance des virus influenza A chez le porc, notamment les éleveurs, les vétérinaires, les membres du réseau national Résavip, la firme CEVA Santé Animale ainsi que le personnel de l'Unité EPISABE de l'Anses. Ils remercient également les collaborateurs de la plateforme NGS de l'Anses pour leur contribution.

### Références bibliographiques

Bonin, Emilie, Séverine Hervé, Stéphane Quéguiner, Nicolas Barbier, Stéphane Gorin, Emmanuel Garin, Sébastien Wendling, and Gaëlle Simon. 2016. "Distinction of several subpopulations of H1<sub>av</sub>N2 swine influenza viruses in France." *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 75:11. https://be.anses.fr/fr/node/1366

Hervé, Séverine, Emmanuel Garin, Didier Calavas, Ludovic Lecarpentier, David Ngwa-Mbot, Sylvie Poliak, Sébastien Wendling, Nicolas Rose, and Gaëlle Simon. 2019. "Virological and epidemiological patterns of swine influenza A virus infections in France: Cumulative data from the RESAVIP surveillance network, 2011-2018." *Veterinary Microbiology* 239:108477. doi: https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108477.

# ulletin pidémiologique Santé animale - alimentation

Novembre 2020

### L'apport des chiroptères à l'épidémiologie

### Francois Moutou

Président d'honneur de la Société française pour l'étude et la protection des mammifères (www.sfepm.org) Ancien responsable de l'unité épidémiologie, laboratoire Santé Animale, Anses, Maisons-Alfort Auteur correspondant: francoismoutou@orange.fr

### Résumé

Les chauves-souris ou Chiroptères intéressent les épidémiologistes et les responsables de santé publique depuis moins longtemps que d'autres groupes de mammifères. Néanmoins, depuis la fin du siècle précédent, plusieurs émergences de maladies nouvelles ont fait réaliser que les seuls mammifères volants occupaient peut-être une place privilégiée dans l'étude et la compréhension de certains cycles épidémiologiques.

Pour vérifier si cette hypothèse est réaliste cette revue se propose de débuter par une présentation générale de l'ordre des Chiroptères en insistant particulièrement sur les aspects de leur biologie pouvant se traduire en termes de vecteurs ou de réservoirs pour différents microorganismes. Comme la science des chauves-souris, la chiroptérologie, est elle-même assez jeune, il reste encore beaucoup d'avancées à réaliser dans ce domaine. De nombreuses questions sont toujours sans réponse.

La seconde partie de cet article passe en revue quatre familles virales pour lesquelles les Chiroptères semblent jouer un rôle épidémiologique particulier et où se trouvent quelques virus responsables d'infections potentiellement lourdes de conséquences.

La conclusion propose quelques éléments autour d'une relation apaisée humains - chauves-souris.

### Mots-clés:

Chiroptères, Biologie, Epidémiologie, Rhabdoviridae, Filoviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae

### A*bstract*

### The epidemiological importance of bats

Bats (order Chiroptera) have been of interest to epidemiologists and public health specialists for a shorter period than other mammalian orders. Nevertheless, since the end of the last century, a number of emerging diseases have brought to light the fact that these flying mammals might be one of the keys to increasing our understanding of certain epidemiological cycles involving a variety of different pathogens, both old and new

To test whether this hypothesis might actually be true, this review will start with a comprehensive presentation of Chiroptera with a special focus on bats' biological capacities and their potential role as a vector or reservoir for various microorganisms. It must also be pointed out that the actual scientifics study of bats, known as chiropterology, is quite recent. So much is still to be discovered about bats and many questions have yet to receive adequate answers.

In the second part of this paper, we will present in detail four viral families for which Chiroptera seem to have played a specific key epidemiological role. Several of the viruses found in these four families are associated with serious diseases.

And finally, our conclusion will provide a few ideas for promoting the peaceful cohabitation between humans and bats.

### Keywords:

Chiroptera, Biology, Epidemiology, Rhabdoviridae, Filoviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae

Les chauves-souris -ou Chiroptères- sont entrées assez tardivement en épidémiologie. Seuls mammifères volants, presque toujours nocturnes, souvent très discrètes sous les climats tempérés, elles paraissaient peu concernées par les cycles épidémiologiques des maladies importantes en santé publique comme en santé animale. Depuis trois ou quatre décennies, de nouvelles informations sur leur écologie, associées à l'émergence de maladies inconnues jusque-là, ont enrichi les connaissances à leur égard dans de nombreux champs dont celui de la médecine, humaine et vétérinaire (Newman et al., 2011; Wang, Cowled, 2015). Cette synthèse résume d'une part, quelques caractéristiques biologiques propres aux chauves-souris et, d'autre part, présente certaines entités pathologiques représentatives, ces deux parties étant mises en résonnance.

### Les chiroptères au sein des mammifères

Le dernier recensement des espèces contemporaines de mammifères date de 2018 (Burgin et al., 2018). Enquête après enquête, les chiffres publiés croissent toujours grâce à la conjugaison de deux phénomènes. D'un côté, la découverte de nouvelles espèces encore ignorées de la science se poursuit, de l'autre une meilleure compréhension des espèces déjà décrites, enrichit un peu plus leur diversité. En effet, l'apport des outils moléculaires appliqués à la génétique a considérablement renouvelé l'approche des espèces, essentiellement reconnues sur des critères morphologiques jusque-là. Dans le cas des Chiroptères, l'analyse des émissions sonores, les ultrasons, augmente encore la diversité des outils disponibles. De nouvelles espèces sont apparues à la suite de l'usage conjoint des approches génétiques et acoustiques. On appelle « espèces jumelles » des espèces confondues par les zoologistes, les chiroptérologues dans ce cas, car elles étaient non ou difficilement reconnaissables morphologiquement avant l'usage de ces méthodes. C'est ainsi que sur les 6 495 espèces de mammifères décrites en 2018, si 2 552 sont des Rongeurs, pas moins de 1 386 espèces sont rassemblées au sein de l'ordre des Chiroptères. Tous les autres ordres restant, 25 sur 27, cumulent une diversité spécifique bien moindre. Les Primates, dont Homo sapiens fait partie, sont 518 dans cette publication. Le total des espèces les plus connues, les plus populaires, les plus étudiées, girafes, grands félins, baleines, éléphants, animaux de rente et de compagnie, fait à peine le tiers du total. Sachant les lacunes d'information existant encore autour de ces espèces phares, on imagine le peu de données disponibles pour des Chiroptères.

Jusqu'à la fin du XX° siècle, les chauves-souris étaient classées en deux sous-ordres, les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Propres aux zones tropicales de l'Ancien Monde, les Mégachiroptères ou roussettes possèdent quelques caractéristiques originales. C'est là que l'on trouve les plus grandes espèces (1,5 kilogramme pour 1,8 mètre d'envergure) même s'il en existe de bien plus petites. Toutes sont frugivores et/ou nectarivores, pollinivores. Les plus grandes sont arboricoles. Elles vivent en colonies assez bruyantes le jour et sont capables de longs déplacements la nuit à la recherche d'arbres en fruits, détectés sans doute grâce à l'odorat. Elles ont une bonne vue et n'émettent pas d'ultrasons.

Aujourd'hui, cela a un peu évolué (Arthur, Lemaire, 2015; Wilson, Mittermeier, 2019). De récentes études génétiques ont mis à jour une autre histoire des chauves-souris. Les anciens Mégachiroptères sont à rapprocher des *Rhinolophidae* et de cinq autres familles au sein d'un premier ensemble et les quatorze familles restantes sont à placer dans un second groupe. Les noms donnés aux deux nouveaux sous-ordres sont respectivement Ptéropodiformes (synonyme *Yinpterochiroptera*) et Vespertilioniformes (synonyme *Yangochiroptera*). *Pteropus* correspond au nom de genre des renards volants, les plus grandes des chauves-souris. Vespertilion est l'ancien nom de nombreuses petites chauves-souris européennes, aujourd'hui

appelées murins (genre *Myotis*). La plupart pèsent entre cinq et 40 grammes et mesurent de 20 à 50 centimètres d'envergure. La plus petite chauve-souris connue, un Vespertilioniforme, présente au Myanmar et en Thaïlande, pèse deux grammes pour quinze centimètres d'envergure.

Cette reconfiguration pose de nombreuses nouvelles questions autour de l'origine de l'ordre au sein des Mammifères. Cela suggère également que le sonar des diverses familles de chauves-souris autres que *Pteropodidae* serait apparu au moins deux fois, ce qui représenterait un phénomène de convergence adaptatif assez remarquable (Tsagkogeorga et al., 2013).

### Caractéristiques biologiques

La biologie, l'écologie et l'éthologie des Chiroptères sont assez particulières. Ici, il ne peut s'agir que des grandes lignes, toujours en pensant aux implications possibles en épidémiologie (Arthur, Lemaire, 2015; Wilson, Mittermeier, 2019). Les Chiroptères représentent les mammifères les plus largement répartis sur le globe, les humains mis à part. Ils peuplent tous les continents, sauf l'Antarctique, dépassent le cercle polaire vers le nord et sont parfois les seuls mammifères naturellement présents sur de nombreux archipels et îles (Açores, Mascareignes, Seychelles, Nouvelle-Calédonie par exemple). Pour la France, 35 espèces sont décrites en métropole. Elles sont plus de 100 espèces en Guyane française et seule la Polynésie, Clipperton et les Terres australes et antarctiques françaises n'en hébergent pas.

Certaines espèces sont capables de grands déplacements, soit de véritables migrations comme les oiseaux, c'est le cas de quelques espèces européennes, soit de mouvements plutôt liés à la fructification des arbres recherchés. C'est le cas de diverses roussettes africaines, asiatiques et australiennes. Si ces espèces hébergent des virus, on peut imaginer qu'elles les déplacent en conséquence. Certains de ces déplacements peuvent donner lieu à de grands rassemblements d'individus, aux mêmes endroits, aux mêmes moments, également intéressants d'un point de vue épidémiologique.

Les régimes alimentaires des Chiroptères sont les plus variés connus pour un ordre de mammifères. Si l'essentiel des petites espèces (Vespertilioniformes) sont insectivores, on connait également des carnivores (grenouilles, rongeurs, autres chauves-souris), des pêcheuses piscivores, des hématophages (les trois vampires américains), ainsi que des frugivores, nectarivores et pollinivores. Cette diversité leur permet d'explorer de nombreux écosystèmes et, potentiellement, de croiser de nombreuses autres espèces.

Les espèces frugivores, nectarivores et pollinivores jouent un rôle important dans la dispersion des graines et la fécondation de nombreuses espèces végétales tropicales. Les espèces insectivores peuvent consommer un nombre considérable d'arthropodes ayant un impact négatif en agriculture comme pour la santé.

En zones tempérées, les invertébrés disparaissent en hiver. Leurs prédateurs doivent migrer ou hiberner. Les chauves-souris européennes hibernent toutes. Quelques une migrent avant d'hiberner mais aucune ne passe l'hiver en zone tropicale comme le font les hirondelles. Cela pose la question du devenir de leur microbiote, comme de l'activité éventuelle de leur système immunitaire, à cette période. La sensibilité des chauves-souris nord-américaines au champignon *Pseudogymnoascus destructans*, responsable du syndrome du nez blanc pendant leur hibernation, n'est pas encore bien expliquée.

Le suivi d'animaux bagués en nature a permis de découvrir qu'une chauve-souris de 30 grammes atteint et peut vivre plus de 30 ans, sans doute 40 ans. Dans leurs gîtes diurnes, de nombreuses espèces vivent en colonies parfois nombreuses, sous forme d'essaims qui peuvent associer plusieurs espèces. Cela offre donc des possibilités de schémas épidémiologiques originaux.

Le système sonar des Vespertilioniformes a été découvert dans les années 1940. Si les chauves-souris sont capables d'émettre dans leurs gites des cris sociaux audibles pour l'oreille humaine, en vol, pour se déplacer et pour chasser, elles utilisent des ultrasons, émis soit par la bouche, soit par le nez (*Rhinolophidae* par exemple) mais toujours reçus par les oreilles. Selon les espèces, les fréquences, le rythme et la puissance des émissions varient. Les espèces chassant en plein ciel émettent des cris puissants mais avec une mauvaise résolution, peu précis, celles cueillant leurs proies posées sur le feuillage ont des signaux faibles mais extrêmement précis. La période séparant cris et écoute est de l'ordre du millième de seconde. Pour ne pas s'assourdir les chauves-souris « ferment » leurs oreilles quand elles émettent les ultrasons.

Chez les Ptéropodiformes, les espèces du genre *Rousettus*, volontiers cavernicoles, émettent des clics audibles avec leur langue. Ce sont les seules roussettes utilisant le principe du sonar pour se déplacer dans l'obscurité.

Enfin, le vol battu, pratiqué par toutes les chauves-souris, aboutit à un intense métabolisme oxydatif au niveau des muscles pectoraux, sans équivalent chez les autres mammifères. Chez elles, le risque associé de dégradation de l'ADN dans les cellules semble avoir favorisé deux familles de gènes. Leur fonction de réparation de l'ADN est connue mais leur développement, bien supérieur à ce qui existe chez les mammifères non volants étudiés, conduirait à un renforcement du système immunitaire. Il pourrait donc y avoir un lien entre le vol battu et la fonction immunitaire des Chiroptères (Zhang et al. 2013). Des études se développent dans cette direction (Wang, Cowled, 2015). Une autre voie de recherche explore du côté des nombreux virus endogènes qui commencent à être identifiés dans leur génome (Skirmuntt et al., 2020).

### Microbiote de mammifères

Les études consacrées au microbiote en général, au virome en particulier, chez diverses espèces de Chiroptères ont mis en évidence assez récemment un certain nombre de virus nouveaux, parfois potentiellement pathogènes pour d'autres espèces. Pourtant, en termes de «risque relatif », il semble que le nombre de virus décrits par ordre de mammifères reste assez proportionnel au nombre d'espèces connues, en tenant compte du nombre d'études et de recherches effectuées par groupe (Mollentzea, Streicker 2020). Les mammifères domestiques, de rente et de compagnie ainsi que les Rongeurs ont été explorés depuis bien plus longtemps que les Chiroptères. Les découvertes actuelles tendent surtout à combler ce retard.

Même si la biologie des chauves-souris ouvre quelques perspectives épidémiologiques assez originales, les Rongeurs représentent encore l'ordre hébergeant le plus de virus connus. Certains continuent à tuer, comme Lassa en Afrique ou Hantaan dans diverses régions du monde. Ces épisodes sont seulement moins médiatisés que certains autres dans lesquels des chauves-souris apparaissent.

Seules les roussettes sont chassées de manière régulière et à une vaste échelle. Elles représentent très majoritairement les seuls Chiroptères pouvant être capturés, vendus, cuisinés et donc manipulés avec des risques de contamination propres à chaque étape. Il peut aussi exister une contamination indirecte, sans contact avec une chauve-souris, si des fruits ou des boissons ayant été contaminés par des excréta de Chiroptères sont consommés (suspecté pour Nipah au Bengladesh par exemple). A côté du risque infectieux, il existe également un risque toxique (Cox et al., 2005).

Enfin, les chauves-souris n'ont pas été domestiquées mais, paradoxalement, de nombreuses espèces habitent dans des bâtiments sans que les habitants humains n'en soient le plus souvent conscients. Parfois, seuls des bruits, quelques traces suspectes sur un plafond ou de petites crottes au pied d'un mur, sous un auvent ou sous le faîte

d'un toit, peuvent trahir les locataires. Cela ne semble pas se traduire par des risques sanitaires particuliers en France métropolitaine où il existe un réseau de bénévoles pour faciliter la cohabitation (SFEPM).

Au-delà, en particulier dans les zones tropicales, les chauves-souris peuvent héberger l'agent de l'histoplasmose pulmonaire (*Histoplasma capsulatum*), qui se retrouve alors dans leur guano. Comme ce guano peut-être récolté et utilisé comme engrais naturel, cela impose des mesures de précautions appropriées, pour sa récolte comme pour son usage. Ce champignon est par exemple présent aux Antilles.

Inversement, que penser de l'observation de chauves-souris en vente vues en septembre 2019, lors d'une "Bourse aux insectes" tenue en lle-de-France? Un des exposants proposait quatre espèces indonésiennes "en papillotes", de quatre familles différentes, dont des rhinolophes et une petite espèce de roussette (genre *Cynopterus*), toutes étiquetées « Java 2018 ».

### Quelques familles virales

### Rhabdoviridae, genre Lyssavirus

C'est bien le virus, devenu « les virus », de la rage qui ont fait entrer les Chiroptères dans le champ de l'épidémiologie (Mourez et al., 2019). Les virologues ont longtemps parlé du virus de la rage comme d'une « espèce » monotypique. Ensuite, jusque dans les années 1980, ils avaient décrit quatre types, le virus historique de Pasteur (RABV), assez ubiquiste et associé essentiellement au chien, ainsi que le Lagos Bat Virus (LBV), le virus Mokola (MOKV) et le virus Duvenhage (DUVV). Tous trois sont africains et seul Mokola n'est pas associé aux chauves-souris. Son réservoir n'est d'ailleurs pas encore connu aujourd'hui. Dans le courant des années 1980 on découvre en Europe les deux virus EBL1 et 2 (pour European Bat Lyssavirus). À ce jour seul EBLV-1 a été décrit en France, sur sérotine commune (Eptesicus serotinus) près d'une centaine de fois depuis 1989. Aujourd'hui on connait une petite vingtaine de Lyssavirus dont deux seulement non associés aux chauves-souris, Mokola et Ikoma (IKOV), tous deux africains. BBLV (pour Bokeloh Bat Lyssavirus) et LLEBV (pour Lleida Bat Lyssavirus) ont également été identifiés en France métropolitaine, respectivement sur murin de Natterer (Myotis nattereri) en 2012 et 2013, sur minioptère de Schreibers (Miniopterus schreibersii) en 2017.

Cette diversité et ces nouveaux types sont décrits de l'Ancien Monde (Afrique, Asie, Océanie, Europe). Curieusement, sur le continent américain seul RABV est connu et circule, y compris chez les Chiroptères. Il est présent en Guyane (vampire roux, *Desmodus rotundus*).

L'épidémiologie de la rage des Chiroptères est vraiment différente de celle des mammifères terrestres. Il arrive que des chauves-souris meurent de rage mais elles semblent bien capables de survivre à l'infection et même de se débarrasser du virus. Les études sur les Lyssavirus se poursuivent. Parmi les mammifères, les Chiroptères pourraient en représenter le réservoir avec quelques passages vers des espèces non volantes dans des circonstances non définies. Au cours des temps historiques certaines vagues épidémiques rabiques sont cependant plus à relier à des déplacements d'espèces terrestres par les humains, chiens tout particulièrement, qu'aux Chiroptères. En Amérique du Sud, l'arrivée du bétail domestique avec les européens a peut-être favorisé les vampires. Aujourd'hui l'essentiel des contaminations humaines fait suite à des morsures canines.

### Filoviridae

Depuis les années 1970, plusieurs épidémies plus ou moins meurtrières de fièvres hémorragique se sont développées en Afrique avec différentes « espèces » de Filoviridae (Mourez et al., 2019). La systématique virale de la famille est devenue assez complexe avec au moins deux genres, *Marburqvirus* et *Ebolavirus*, et six espèces

africaines connues pour être pathogènes chez les humains (Feldmann et al., 2020). Il existe également des souches non pathogènes pour les humains comme RESTV (Reston), asiatiques. Les liens avec les Chiroptères sont indirects mais existent. Des sérologies et des PRC pour le virus Reston ont été trouvées positives chez plusieurs espèces aux Philippines (Jaymes et al., 2015). Etonnamment, si les deux espèces de Marburgvirus sont bien associées à la roussette d'Egypte (Rousettus aegyptiacus) en Afrique, il n'a encore jamais été possible d'isoler un seul Ebolavirus d'une chauve-souris. Cela interroge les épidémiologistes et les virologues car les roussettes africaines (plusieurs genres comme Hypsignathus, Eidolon, Epomops, Myonycteris) sont probablement réservoir de ces virus. Certaines ont donné des PCR et/ou des sérologies positives. Le cycle biologique des roussettes comme le cycle épidémiologique des virus restent à décrire.

De nouveaux *Filoviridae* ont été trouvés ces dernières années chez d'autres espèces de chauves-souris de divers continents. On peut citer BOMV (*Bombali* virus) isolé d'un *Molossidae* africain (*Mops condylurus*), LLOV (*Lloviu* virus) d'un minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) en Espagne et en Hongrie et MLAV (Mengla virus) d'une roussette (*Rousettus* sp.) de Chine (Mourez *et al.*, 2019; Forbes *et al.*, 2019). On ne connait pas l'éventuelle pathogénicité de tous ces nouveaux virus.

### Paramyxoviridae

Dans les années 1980-1990, plusieurs *Paramyxoviridae* encore non connus ont été décrits chez plusieurs espèces de mammifères sauvages. Les Chiroptères sont impliqués dans deux épisodes épidémiques de la seconde de ces deux décennies, l'un en Asie du Sud-Est (Malaisie, Singapour) et l'autre en Australie. C'est ainsi que les virus Hendra puis Nipah ont été découverts et décrits puis associés dans le nouveau genre *Henipavirus* (Mourez *et al.*, 2019). Ils sont régulièrement identifiés depuis, à la suite de foyers équins en Australie pour Hendra, de foyers humains en Asie tropicale pour Nipah.

Dans les deux cas le réservoir se situe au niveau de roussettes du genre *Pteropus*. Le schéma épidémiologique propre à Hendra en Australie associe chevaux, haras, paddocks et visite des roussettes locales dans des arbres proches des pâtures et des bâtiments. Il existe aujourd'hui un vaccin équin et des méthodes préventives pour réduire les risques de rencontre chauves-souris indigènes, et chevaux « exotiques » arrivés avec les européens il n'y a pas si longtemps.

La première épidémie de Nipah associait en Malaisie roussettes, arbres fruitiers plantés contre des élevages de porcs, éleveurs et abatteurs. Le développement d'unités de production porcine pour des marchés d'exportation, associé à des plantations de vergers remplaçant peu à peu les forêts tropicales, avaient favorisé le rapprochement des roussettes des porcs, puis le passage du virus aux humains. Ces grandes chauves-souris ont l'habitude de grands déplacements à la recherche d'arbres en fructification. Le déboisement massif des forêts tropicales peut expliquer leur arrivée dans la région où les premiers cas ont eu lieu. Depuis, d'autres épisodes décrits, comme au Bengladesh, sont associés à la consommation d'un jus de palme directement souillé par des excrétions de roussettes dans les arbres où ce liquide est récolté.

### Coronaviridae

Cette famille virale est devenue célèbre avec le XXI<sup>e</sup> siècle et les deux épisodes de SARS (« syndrome respiratoire aigu sévère » en français) (Mourez et al., 2019). Dans un premier temps, en 2003, c'est un petit carnivore arboricole asiatique qui a été pointé du doigt au cours des investigations épidémiologiques entreprises lors du développement de l'épidémie. La civette palmiste masquée (Paguma larvata) a peut-être bien transmis le virus devenu responsable du SARS1 aux humains. Il se pourrait bien cependant qu'elle n'ait joué que le rôle de

vecteur et ne représente pas le réservoir. Ce dernier a probablement été découvert quelques années après. Il doit s'agir de petites chauvessouris insectivores asiatiques du genre Rhinolophus, appartenant à la famille des Rhinolophidae propre à l'Ancien Monde (Afrique, Asie, Europe). Un schéma proche a pu se produire en 2019 avec l'arrivée du SARS-CoV-2 responsable de la Covid-19. Mi-2020, on ne sait toujours pas si une espèce de mammifère terrestre a pu jouer le rôle de vecteur entre rhinolophes et humains ou si le passage aurait pu être direct. Comme pour 2002, on ne connait pas le cheminement permettant de passer des virus de rhinolophes aux virus humains. Les rhinolophes qui ne pèsent que quelques dizaines de grammes, ne sont pas commercés comme les roussettes et semblent, au mieux, rares sur les marchés chinois. Inversement ces marchés représentent d'excellents endroits pour tester des réceptivités et des sensibilités croisées à divers microorganismes entre espèces, humaine comprise. Si c'est bien le point de départ de 2019, alors la leçon de 2002-2003 n'a pas été retenue mais ce n'est ni le fait des Chiroptères, ni d'aucune autre espèce animale non humaine.

Dans le cas des deux SARS, les virus identifiés chez les malades humains ne sont pas ceux présents et identifiés, chez les chauves-souris. Cette situation est tout à fait différente de celles de tous les cas précédents (*Rhabdoviridae*, *Filoviridae*, *Paramyxoviridae*) où les virus isolés des malades humains sont les mêmes que ceux connus chez les chauves-souris.

### Conclusion: relations humains – chiroptères

La discipline propre à l'étude des Chiroptères, la chiroptérologie, est finalement assez jeune. Au-delà des travaux de certains pionniers, elle a vraiment pris son essor à la fin de la seconde moitié du XXe siècle. Le développement des détecteurs d'ultrasons et de l'informatique légère y est pour beaucoup. Il existe maintenant des applications pour téléphones dits intelligents capables de capter les émissions ultrasonores des espèces en vol afin de les identifier. Même s'il reste des marges d'erreur à savoir apprécier, cela représente néanmoins un apport considérable pour le travail de terrain.

Les chiroptérologues s'intéressent d'abord à l'étude et à la protection des chauves-souris. Leur expertise, leur connaissance du terrain et leur confiance ont permis de développer en France un réseau reconnu de surveillance de *Lyssavirus* depuis une vingtaine d'années. Les animaux suspects sont envoyés, selon un protocole préétabli, au laboratoire de l'Anses, Nancy, sauf en cas d'exposition humaine, auquel cas ils partent au laboratoire de référence de l'Institut Pasteur de Paris.

Le développement des connaissances dans le domaine de l'apport des Chiroptères à l'épidémiologie s'est fait pratiquement en même temps que l'étude de leur biologie. Ils sont entrés dans le domaine de la recherche médicale assez rapidement après l'émergence de la discipline même qui leur est dédiée. D'un côté, les écologues s'inquiètent de la réduction des effectifs de nombreuses espèces et populations. De l'autre, les épidémiologistes et les virologues poursuivent la description de nouvelles espèces microbiennes propres à ces animaux. En cela les chauves-souris ne sont pas très différentes des autres mammifères (Mollentzea, Streicker 2020). Décrire d'abord des maladies touchant l'espèce humaine et découvrir les agents responsables a représenté une première étape indispensable. Maintenant, décrire des virus nouveaux, au pouvoir pathogène non connu, à l'occasion d'inventaires microbiens réalisés grâce aux outils du séquençage haut débit correspond à une démarche complémentaire mais pas directement comparable. Espérer identifier à l'avance les futurs microorganismes responsables d'épidémies reste cependant un exercice délicat, quelle que soit la famille virale et quel que soit le groupe zoologique.

Dans un autre domaine, une meilleure compréhension de l'immunité des Chiroptères pourrait déboucher sur des applications médicales intéressantes en santé publique.

### Remerciements

Pour leur confiance, je remercie l'équipe de rédaction du Bulletin d'épidémiologie qui m'a ouvert ses colonnes, pour leur regard enrichissant je remercie les deux relecteurs.

### Références bibliographiques

Arthur L., Lemaire M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg & Suisse. Deuxième édition. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544p.

Burgin C., Colella J., Kahn P., and Upham N. (2018). How many species of mammals are there? Journal of Mammalogy, 99(1):1–14, DOI:10.1093/jmammal/gyx147

Cox P., Banack S, Murch S. (2005). Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the Chamorro people of Guam. PNAS, 100(23): 13380-13383.

Feldmann H., Sprecher A., Geisbert T. (2020). Ebola. N Engl J Med. 382:1832-42. DOI: 10.1056/NEJMra1901594

Forbes K. M. (2019). Bombali virus in Mops condylurus bat, Kenya. EID 25(5):955-957.

Jayme S. L. et al. (2015). Molecular evidence of Ebola Reston virus infection in Philippine bats. Virol J, 12, 107, https://doi.org/10.1186/s12985-015-0331-3.

Mollentzea N., Streicker D. (2020). Viral zoonotic risk is homogenous among taxonomic orders of mammalian and avian reservoir hosts. PNAS, 117(17):9423-9430.

Mourez et al. (eds.) (2019). Traité de virologie médicale. 2e édition. SFM, SFV, Paris, 793p.

Newman S., Field H., Epstein J., Jong C. (2011). Investigating the role of bats in emerging zoonoses. FAO, Rome, 169p.

Skirmuntt E. C. (2020). The potential role of endogenous viral elements in the evolution of bats as reservoir for zoonotic viruses. Annu. Rev. Virology, doi: 10.1146/annurev-virology-092818-015613.

Tsagkogeorga, G. et al. (2013). Phylogenomic Analyses Elucidate the Evolutionary Relationships of Bats. Current Biology, 23(22):2262 – 2267.

Wang L., Cowled C. (eds.) (2015). Bats and Viruses. A New Frontier of Emerging Infectious Diseases. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 368p.

Wilson D., Mittermeier R. (eds.) (2019). Handbook of the Mammals of the World. 9. Bats. Lynx, Barcelona, 1008p.

Zhang G. et al. (2013). Comparative Analysis of Bat Genomes Provides Insight into the Evolution of Flight and Immunity. Science, 339:456-460. -Sitographie

Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges,

http://www.museum-bourges.net/chauve-souris-en-europe-35.html

SFEPM, Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, www.sfepm.org

UNEP/EUROBATS, Agreement on the Conservation of Populations of European Bats, www.eurobats.org

### Annexes : photos de chiroptères



Annexe 1. Nyctere - Kenya



Annexe 2. Megaderme - Kenya



Annexe 3. Roussette - Borneo



Annexe 4. Roussette - Borneo



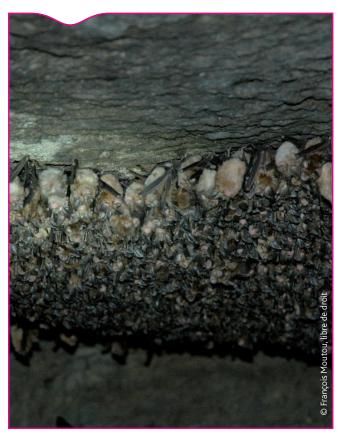
Annexe 5. Uroderme - CostaRica



Annexe 6. Artibé - Guadeloupe



Annexe 7. Noctilio - Guadeloupe



Annexe 8. Rhinolophe - Inde



Annexe 9. Megaderme - Malaisie



Annexe 10. Epomophore -Tanzanie



Annexe 11. Cynoptère - Singapour



Annexe 12. Eidolon - Tanzanie



Annexe 14. Taphien - Thaïlande



Annexe 13. Eidolon - Tanzanie

# ulletin pidémiologique

Santé animale - alimentation

### Tuberculose bovine: bilan de la surveillance 2015-2018 en Sologne suite à la découverte d'un sanglier infecté en 2015 dans un département indemne

Céline Richomme<sup>(1)</sup>, Stéphanie Desvaux<sup>(2)</sup>, Édouard Réveillaud<sup>(3)</sup>, Alain Houchot<sup>(4)</sup>, Eva Faure<sup>(5)</sup>, Jean-Joël Courthial<sup>(6)</sup>, Maria-Laura Boschiroli<sup>(7)</sup>, Fabrice Chevalier<sup>(8)</sup>

Auteur correspondant: celine.richomme@anses.fr

- (1) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage de Nancy, Malzéville, France
- (2) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Direction études et recherche, Unité sanitaire de la faune, Birieux, France (3) Anses, Direction scientifique des laboratoires, Unité de coordination et d'appui à la surveillance, Maisons-Alfort, France (adresse actuelle: DRAAF Nouvelle-Aquitaine, Limoges, France)
- (4) Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations du Loir-et-Cher, Blois, France
- Fédération nationale des chasseurs, Issy-les-Moulineaux, France
- Office national de la chasse et de la faune sauvage, Service départemental du Loir-et-Cher, Blois, France
- Anses, Laboratoire de santé animale, Unité Zoonoses bactériennes, Laboratoire national de référence tuberculoses animales, Maisons-Alfort, France
- (8) Direction générale de l'Alimentation, Bureau santé animale, Paris, France

### Résumé

Cet article dresse le bilan de la surveillance mise en œuvre suite à la découverte, lors d'une opération de chasse, d'un sanglier infecté par Mycobacterium bovis en janvier 2015 dans le Loir-et-Cher, département indemne de tuberculose bovine en élevage depuis 1986. De 2015 à 2018, les mesures de prophylaxie en élevage ont été très bien appliquées, tout comme celles relatives à la surveillance de la faune sauvage en milieu ouvert (353 sangliers et 269 cerfs analysés, correspondant à un taux de réalisation de l'échantillonnage de 269 % et 207 % respectivement) et dans les territoires clos (taux de réalisation moyen de 107 % pour les sangliers et de 100 % pour les cerfs). Dans ces territoires privés, le déploiement des mesures de surveillance à l'échelle de plusieurs parcs et enclos est une situation inédite en France. Aucun autre animal infecté par la tuberculose bovine que le sanglier de 2015 n'a finalement été détecté. Le profil génétique de la souche de M. bovis de ce sanglier ne correspond à aucun des profils de souches connues comme circulantes ou ayant circulé depuis 40 ans en France, et est à ce jour non décrit à l'étranger. Aussi, la ré-émergence d'une souche locale est écartée; l'hypothèse d'une introduction ponctuelle d'un ou quelques sangliers infectés demeure la plus probable, mais sans que l'origine géographique, à l'échelle nationale ou internationale, ne puisse être définie. Ce cas souligne l'intérêt de la surveillance événementielle par examen de carcasse du gibier qui a permis la détection de l'infection en 2015 chez un sanglier, alors que l'infection n'était présente qu'à très faible prévalence.

Mycobacterium bovis, sanglier, cerf, surveillance, faune sauvage, bovins

### **Abstract**

Bovine tuberculosis: results of the 2015-2018 surveillance in Sologne [Center of France] following the discovery of an infected wild boar in 2015 in a TB-free area

This article assess the surveillance carried out following the discovery of a hunter-harvested wild boar infected by Mycobacterium bovis in January 2015 in the Loir-et-Cher, a department that has been free of bovine tuberculosis since 1986. From 2015 to 2018, the surveillance measures were very well applied in cattle, and in wildlife in open areas (353 wild boars and 269 deer analysed, corresponding to a sampling completion rate of 269% and 207% respectively) and in fenced areas (average completion rate of 107% for wild boar and 100% for deer). In the latter private territories, it was the first time in France that surveillance measures were implemented in several parks and enclosures. No other animal than the wild boar found infected in 2015 was finally detected. The genetic profile of the M. bovis strain of this wild boar does not fit to any of the strain profiles known to be circulating or having circulated for 40 years in France, and is to date undescribed abroad. Therefore, the re-emergence of a local strain is ruled out. The hypothesis of a one-off introduction of one or a few infected wild boars remains the most probable, but the geographical origin cannot be defined. This case highlights the interest of eventbased surveillance by game carcass examination, which led to the detection of the infection in 2015 in a wild boar when the infection was present only at very low prevalence.

### Keywords:

Mycobacterium bovis, Wild boar, Deer, Surveillance, Wildlife, Cattle

Le 28 janvier 2015, un sanglier malade était capturé par des chiens en action de chasse sur un territoire de chasse privé non clos à Vernou-en-Sologne (Loir-et-Cher). L'animal, dont l'âge a été estimé à moins d'un an, présentait à l'ouverture de la carcasse des lésions pulmonaires suspectes (Chevalier et al., 2015). La présence de M. bovis était confirmée peu de temps après par des méthodes de diagnostic moléculaire au laboratoire national de référence (LNR) de l'Anses à Maisons-Alfort. Le département du Loir-et-Cher était alors confronté à une situation particulière, puisque c'était la première fois en France qu'un animal sauvage infecté de tuberculose bovine (TB) était détecté en milieu ouvert, hors d'une zone d'infection bovine connue. À l'issue de cette découverte, des premières investigations sur le contexte et l'origine de la souche ont été menées, ainsi qu'une étude sérologique rétrospective a été conduite chez des sangliers chassés dans le département (dans le but de rechercher les marqueurs d'une circulation de la TB avant l'apparition du cas index). Elles ont, en vain, notamment tenté d'identifier l'origine de l'infection (Chevalier et al. 2015). Le profil génétique de la souche de M. bovis isolée à partir du sanglier infecté (spoligotype SB 0140, VNTR 7 5 6 3 10 3 4 7) était identique au profil de celle isolée chez un bovin abattu en France en 1997 (Vendée). Néanmoins, l'origine géographique de cette dernière demeure inconnue malgré les investigations conduites dans les archives de la DDPP85<sup>(1)</sup> et du LNR, et auprès de l'abattoir vendéen concerné et du LDA85<sup>(2)</sup>. Depuis ce cas, ce profil génétique n'a plus été isolé à nouveau en France et il demeure, à ce jour, non décrit à l'étranger. Sur ce dernier point, les données disponibles sont cependant partielles car le typage des souches n'est pas systématiquement mis en œuvre et/ou publié dans les autres pays). De plus, en 2019, le séquençage du génome de ces deux souches (sanglier de 2015 et bovin de 1997) a été réalisé. Cette technique, récemment développée pour apporter des données épidémiologiques supplémentaires sur la transmission de l'agent de la tuberculose bovine, permet une distinction encore plus précise de la connaissance des souches de M. bovis que les méthodes de typage utilisées auparavant. Cette analyse a permis de mettre en évidence de nombreuses différences entre la souche isolée à partir du sanglier de Sologne et celle issue du bovin abattu en Vendée. Elle a ainsi démontré une origine différente de l'infection pour les deux cas (Maria-Laura Boschiroli, com. pers.). Enfin, les intradermotuberculinations comparatives (IDC), réalisées sur tous les animaux de plus de 24 mois entre fin mars et début mai 2015 sur les 844 bovins de plus de 24 mois des troupeaux<sup>(3)</sup> d'une zone dite tampon de 5 km du lieu de découverte du sanglier infecté, ont toutes présenté un résultat négatif.

Cette première découverte, en France et en milieu ouvert, d'un animal sauvage infecté par la TB, et ce hors d'une zone d'infection bovine connue, a justifié le passage d'emblée du département du Loir-et-Cher au niveau 3<sup>(4)</sup> du programme de surveillance national de la tuberculose dans la faune sauvage, Sylvatub (Note de service DGAL/SDSPA/2015-708 du 12/08/2015). Ainsi, des mesures de surveillance spécifiques ont été mises en œuvre chez les ruminants domestiques et au sein de la faune sauvage du département (Chevalier et al., 2015). Cet article présente le bilan des résultats issus de cette surveillance mise en œuvre de 2015 à 2018.

### Matériel et méthode

### Surveillance des ruminants domestiques

Suite à la découverte du sanglier infecté, la DDCSPP 41 a placé 24 élevages bovins sous arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS), sans restriction de mouvements cependant. Il s'agit de

(1) Direction départementale de la protection des populations de Vendée

troupeaux localisés dans la zone tampon de 5 km³. Entre fin mars et début mai 2015, des intradermotuberculinations comparatives (IDC) ont été réalisées par les vétérinaires sanitaires sur tous les bovins de plus de 24 mois qui y étaient détenus (844 animaux). En cas de résultat non négatif en IDC, les bovins concernés devaient être conduits vers l'abattoir en vue d'un abattage diagnostique. En cas de découverte de lésion, des analyses complémentaires devaient être réalisées: PCR, culture bactérienne et histologie.

Par ailleurs la surveillance, lors de l'inspection post-mortem dans les abattoirs de bovins et de caprins du département, a été renforcée par des actions de sensibilisation et de formation des personnes en charge de l'inspection vétérinaire.

Cette surveillance renforcée chez les ruminants domestiques a été poursuivie lors des deux campagnes annuelles de prophylaxie de 2015/2016 et 2016/2017.

### Surveillance de la faune sauvage

Suite à la découverte du cas index, le Loir-et-Cher a été classé en niveau 3<sup>4</sup> de surveillance Sylvatub (décision validée lors du comité de pilotage de Sylvatub du 13 mai 2015) afin de pouvoir mettre en œuvre un plan de surveillance adapté à cette situation inédite. Les mesures mises en œuvre sont détaillées dans l'article de Chevalier et al. (2015). Nous rappelons ci-dessous les points principaux concernant la définition de la zone, les modalités de surveillance et les tailles d'échantillons

### Définition de la zone de surveillance

La zone de surveillance a été définie de manière prioritaire, dans un rayon de dix à douze km autour du lieu de découverte du sanglier tuberculeux, correspondant à une moyenne des distances possibles de déplacements des cerfs et des sangliers dans la zone (Calenge et al., 2002; Baubet et al., 2008). Cette zone est composée de milieux ouverts et de territoires cynégétiques clos (parcs et enclos de chasse).

Concernant les milieux ouverts, la zone de surveillance était composée de 1213 territoires de chasse privés répartis sur six massifs cynégétiques. Ces territoires de chasse privés sont, de manière simplifiée, gérés dans le cadre d'un plan de chasse départemental pour les cervidés et sans plan de chasse pour les sangliers.

Concernant les territoires clos, la surveillance concernait neuf parcs de chasse et deux enclos de chasse sur huit communes (quatre massifs cynégétiques concernés - figure 1) et le Domaine national de Chambord.

### Modalités de surveillance

Compte-tenu de la faible présence des blaireaux dans la zone de surveillance, aucune surveillance programmée n'a été mise en place chez cette espèce. Par contre, tout blaireau prélevé en action de chasse, abattu dans la zone en éventuel tir de nuit, piégé accidentellement ou tout cadavre de blaireau collecté sur le bord de la route devait être transmis au laboratoire départemental d'analyse (LDA) de Touraine pour le dépistage de la tuberculose.

Concernant les ongulés sauvages, le protocole de surveillance s'est appuyé sur les modalités du dispositif national Sylvatub (note de service DGAL/SDSPA/2015-556). Il reposait sur trois modalités de surveillance: (1) l'examen des carcasses pratiqué par les chasseurs en période de chasse, visant la découverte de lésions suspectes, (2) le renforcement du réseau Sagir<sup>(5)</sup> pour les sangliers et cervidés trouvés morts, (3) des mesures de surveillance programmée chez les sangliers et les cerfs élaphes tirés à la chasse. Pour les cerfs, en plus de l'inspection de la carcasse et des viscères, une PCR a systématiquement été réalisée sur pool issus des prélèvements des nœuds lymphatiques

<sup>(2)</sup> Laboratoire départemental d'analyse de Vendée (3) troupeaux localisés ou pâturant dans les communes situées au moins en partie à moins de cinq km du lieu de découverte du sanglier infecté

<sup>(4)</sup> Le niveau 3 est appliqué afin de caractériser la circulation de la tuberculose dans la faune sauvage en termes de distribution géographique, de niveau d'infection et de leurs évolutions.

<sup>(5)</sup> Le réseau Sagir est un dispositif national de surveillance des maladies de la faune sauvage fondé sur l'autopsie et l'analyse de cadavres par les LDA de proximité, ici le laboratoire de Touraine.

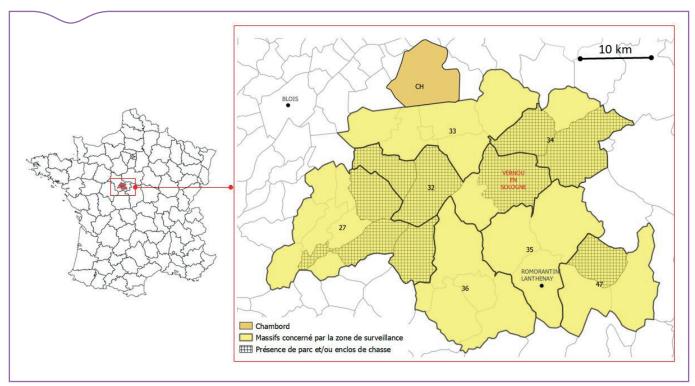


Figure 1. Massifs cynégétiques du Loir-et-Cher visés par la surveillance en milieu ouvert et communes (hachurées en noir) hébergeant des parcs et/ou enclos de chasse visés par la surveillance en territoire clos. Le domaine de Chambord (CH) était également concerné par la surveillance programmée.

rétropharyngiens et pulmonaires de chaque individu (le protocole Sylvatub ne préconisant en règle générale une PCR que sur les animaux présentant des lésions). Pour les sangliers, afin de faciliter la réalisation des prélèvements et l'atteinte des objectifs numériques, seules les têtes ont fait l'objet de prélèvements (analyse des nœuds lymphatiques sous-mandibulaires), sans qu'il n'y ait d'envoi des blocs pulmonaires pour recherche à partir de lésions observées au laboratoire. En cas de détection par le LDA d'un ADN mycobactérien en PCR ou d'une souche de mycobactéries à partir d'un prélèvement issu de la surveillance, la souche devait être envoyée au LNR pour identification et typage moléculaire

### Tailles d'échantillons de sangliers et de cerfs préconisées

La stratégie d'échantillonnage et d'analyse des sangliers et des cerfs a été définie en territoires ouverts et clos. Son objectif devait permettre de détecter l'infection à des niveaux de prévalence faibles (Chevalier et al., 2015). Dans les territoires ouverts, les sous-populations de sangliers et de cerfs de l'ensemble des six massifs de la zone de surveillance ont été considérées comme homogènes vis-à-vis du risque infectieux, donc comme une seule population par espèce échantillonnée. Aussi la taille d'échantillon attendue a été calculée pour l'ensemble des six massifs puis cet échantillon a été réparti dans chaque massif proportionnellement au tableau de chasse réalisé en 2014-2015. En revanche, chaque enclos ou parc de chasse de la zone a été considéré comme une entité épidémiologique distincte, et ce par espèce échantillonnée. En effet, la gestion en termes de pression de chasse et de repeuplements (introductions éventuelles d'animaux pouvant être transfrontaliers) diffère dans chaque structure. Par ailleurs, il s'agit de territoires plus ou moins clos, limitant les contacts avec les populations sauvages présentes en milieu ouvert.

Les tailles d'échantillon attendues ont été calculées par la formule de Cannon (2001) en tenant compte des facteurs suivants:

(1) les effectifs respectifs des populations de sangliers et de cerfs dans l'ensemble des six massifs de chasse et dans chaque parc et enclos. À

défaut de comptage précis disponible, ces effectifs ont été, comme généralement, estimés à deux fois le tableau de chasse avant étude pour les sangliers et à quatre fois le tableau de chasse pour les cerfs;

(2) la prévalence seuil à détecter, fixée à 3 % pour les ongulés en territoires ouverts et les sangliers en territoires clos sur la base des données de la littérature et conformément au protocole du dispositif Sylvatub dans les départements de niveau 3. Pour les cerfs en territoires clos, l'échantillonnage proposé avait pour objectif de détecter une prévalence de tuberculose bovine d'au moins 5 %, du fait que le Cerf n'était pas l'espèce cible prioritaire (le cas index est un sanglier et il n'y avait pas de cerf détecté infecté après les premières données de surveillance) et que, dans la plupart des territoires fermés, l'analyse d'un grand nombre de cerfs s'avérait difficile (les tableaux de chasse de cerfs étant moins importants que ceux de sangliers);

(3) le risque d'erreur par défaut accepté (fixé à 5 %);

(4) la sensibilité et la spécificité du test diagnostique utilisé, à savoir la PCR sur pool de nœuds lymphatiques, respectivement fixées pour des analyses effectuées sur échantillons provenant d'animaux sauvages à 75 % et 100 % (Tableaux 1 et 2). La sensibilité considérée ici correspond à la sensibilité de la PCR évaluée chez les bovins (en moyenne 87,7 % [82,5-92,3 %], Courcoul et al., 2014) diminuée de 10-15 % à dire d'experts (LDA agréés tuberculose et LNR tuberculose) considérant (1) que la sensibilité est probablement plus faible en raison des conditions de terrain et de la contamination et de la dégradation potentielles des échantillons, (2) du fait que les échantillons d'un même animal sont groupés pour être analysés, alors que les échantillons d'un bovin sont analysés séparément (Maria-Laura Boschiroli, com. pers.).

Il était prévu que la surveillance soit poursuivie, *a minima*, jusqu'à l'obtention du nombre d'échantillons prévus, voire plus longtemps en cas de découverte d'animaux infectés.

### Taux de réalisation et prévalences minimales détectables

Au terme de trois années de surveillance, nous avons calculé les taux de réalisation par territoire (ratio du nombre d'individus analysés

sur l'échantillon attendu initialement) et les prévalences minimales détectables étant donné le nombre d'échantillons ayant été analysés, calculées comme en amont de l'étude en tenant des caractéristiques du test et des tailles de populations estimées pour chacun des territoires (Cannon, 2001) (Tableaux 1 et 2).

### Résultats et discussion

### Chez les ruminants domestiques

Lors des investigations épidémiologiques menées en 2015 et des deux campagnes annuelles de prophylaxie de 2015/2016 et 2016/2017, les 24 élevages bovins recensés dans la zone à risque de 14 communes ont fait l'objet d'une surveillance par dépistage en IDC. Au cours de cette surveillance, 2 437 IDC ont été réalisées et 3,9 % de celles-ci ont présenté un résultat non négatif (94 bovins réagissants). Dix cheptels ont été concernés par des mesures de police sanitaire; elles ont notamment conduit à l'abattage diagnostique de 48 bovins suspects. Aucun animal n'a été confirmé infecté par les analyses de laboratoire.

### Chez les animaux sauvages

Au total, la mise en œuvre des mesures de surveillance sur les trois années en milieu ouvert chez les ongulés sauvages a conduit à l'analyse de 353 sangliers et 269 cerfs (cf. tableau 1 pour le détail des réalisations par massif), ce qui correspond respectivement à un taux de réalisation de l'échantillonnage prévu de 269 % et 207 %. Ce taux de réalisation,

Tableau 1. Échantillons attendus, nombre d'individus analysés, taux de réalisation de la surveillance et prévalence minimale détectable chez les cerfs et les sangliers en milieu ouvert dans les six massifs de chasse de la zone de surveillance de la tuberculose bovine dans le Loir-et-Cher entre 2015 et 2018.

	Sangliers										Cerfs		
Milieu ouvert		Tableau de chasse 2014-2015	Échantillons attendus <sup>(1)</sup>	Nombre d'individus analysés	Taux de réalisation <sup>(2)</sup>	Nombre d'individus infectés par <i>M. bovi</i> s	Prévalence minimale détectable <sup>(3)</sup>	de chasse	Échantillons attendus <sup>(1)</sup>	Nombre d'individus analysés	Taux de réalisation <sup>(2)</sup>	Nombre d'individus infectés par <i>M. bovis</i>	Prévalence minimale détectable <sup>(3)</sup>
Global		4 175	131	353	269 %	0		576	130	269	207 %	0	
	27	706	7	18	257 %	0		73	0	10	NC	0	
	32	796	29	102	352 %	0		100	30	78	260 %	0	1,4 %
Code du	33	633	23	47	204 %	0	1,1 %	223	68	127	187 %	0	
massif	34	777	25	54	216 %	0		132	18	32	178 %	0	
	35	789	29	89	307 %	0		33	10	18	180 %	0	
	36	474	17	43	253 %	0		15	4	4	100 %	0	

<sup>(1)</sup> calculés sur la base des effectifs de population - eux-mêmes estimés à partir du tableau de chasse réalisé en 2014-2015 dans chaque massif -, de la prévalence de l'infection seuil à détecter et des caractéristiques du test de détection (cf. méthodologie)
(2) ratio du nombre d'individus analysés sur le nombre d'individus attendus d'après les hypothèses initiales

Tableau 2. Tableaux de chasse avant étude, échantillons attendus, nombres d'individus analysés, taux de réalisation de la surveillance et prévalences minimales détectables chez les cerfs et les sangliers dans les territoires clos de la zone de surveillance de la tuberculose bovine dans le Loir-et-Cher entre 2015 et 2018. TIC: pour les territoires avec très peu d'animaux, il était demandé que tous les individus chassés (TIC) soit analysés. SO: sans objet car a priori pas d'animaux de cette espèce dans le parc ou enclos. NC: non calculé car trop peu d'animaux analysés.

		Sangliers					Cerfs						
Identifiant du parc/enclos et massif concerné		Tableau de chasse 2014-2015	Échantillons attendus <sup>(1)</sup>	Nombre d'individus analysés	Taux de réalisation <sup>(2)</sup>	Nombre d'individus infectés par <i>M. bovi</i> s	Prévalence minimale détectable <sup>(3)</sup>	Tableau de chasse 2014-2015	Échantillons attendus <sup>(1)</sup>	Nombre d'individus analysés	Taux de réalisation <sup>(2)</sup>	Nombre d'individus infectés par <i>M. bovis</i>	Prévalence minimale détectable <sup>(3)</sup>
Α	27	50	84	100	119 %	0	2,15 %	0	SO	2	-	0	NC
A'	32	50	84	85	101 %	0	2,95 %	0	SO	10	-	0	NC
В	27	260	118	118	100 %	0	3 %	57	72	77	107 %	0	4,45 %
С	27	285	122	122	100 %	0	3 %	34	63	65	103 %	0	4.9 %
D	34	<10	TIC	1	-	0	NC	0	SO	0	-	-	-
E	34	98	102	103	101 %	0	2,95 %	73	70	67	96 %	0	5,4 %
G	47/35	<30	TIC	61	-	0	5,2 %	<30	63	51	81 %	0	6,4 %
Н	27	23	TIC	9	-	0-	NC	4	TIC	2	-	0	NC
H'	27	<20	TIC	1	-	0	NC	4	TIC	4	-	0	NC
1	32	0	SO	0	-	-	-	33	61	59	97 %	0	5,5 %
K	СН	654	128	151	118 %	0	2,5 %	216	77	91	118 %	0	4,45 %
L	32	<20	TIC	19	-	0	NC	<5	TIC	2	-	0	NC
				Taux de réalisation moyen*	107 %	Prév. moyenne détectable*	3 %			Taux de réalisation moyen*	100 %	Prév. moyenne détectable*	5 %

calculés pour les territoires présentant plusieurs dizaines d'individus

<sup>🔋</sup> calculée en tenant compte du nombre d'individus analysés, des résultats obtenus, de la taille de la population et de la sensibilité du test de détection (cf. méthodologie)

<sup>(</sup>l') calculés pour chaque territoires ur la base de la taille de population - elle-même estimée à partir du tableau de chasse réalisé en 2014-2015 dans le parc ou enclos -, de la prévalence seuil à détecter, et de la sensibilité de la méthode de détection (cf. méthodologie)

(2) ratio du nombre d'individus analysés sur le nombre d'individus attendus d'après les hypothèses initiales, calculés pour les territoires présentant plusieurs dizaines

d'individus

(3) calculée pour les territoires présentant plusieurs dizaines d'individus analysés, en tenant compte du nombre d'échantillons analysés, des résultats obtenus, de la taille de population estimée et de la sensibilité de la méthode de détection (cf. méthodologie)

nettement au-delà des attentes, permet d'abaisser le seuil de prévalence minimale détectable: aucun nouvel ongulé sauvage infecté n'a été détecté et si elle était toujours présente, la TB circulerait en milieu ouvert dans la zone de surveillance à des prévalences inférieures à 1,1 % chez les sangliers et 1,4 % chez les cerfs.

Dans les territoires clos contenant plusieurs dizaines d'individus, les objectifs de réalisation des échantillons ont été atteints pour les sangliers dans les six territoires où les effectifs estimés étaient de plusieurs dizaines d'individus avec un taux moyen de réalisation de 107 % (tableau 2). Concernant les cerfs, les objectifs de surveillance dans les plus grands territoires ont été globalement atteints avec un taux moyen de réalisation de 100 %. Notons toutefois que ce taux de réalisation n'a pas été totalement atteint dans trois des territoires sur les six, dont un dans lequel le taux de réalisation est de 81 %, ce qui ne permet pas de remplir les objectifs initialement fixé pour ce territoire (prévalence détectable chez les cerfs de 6,4 % versus 5 %). Par ailleurs, dans les territoires clos avec peu de sangliers et/ou de cerfs, aucun contrôle n'a pu être effectué pour s'assurer que le nombre d'individus analysés correspondait bien à tous les individus chassés comme initialement souhaité. De même, aucun contrôle n'a pu être effectué en amont de la surveillance pour s'assurer que les tableaux de chasse transmis pour pouvoir calculer les tailles d'échantillons à prélever étaient exacts ou non. Nous observons a posteriori que, pour un parc notamment, alors qu'aucun sanglier n'avait été déclaré présent, 61 sangliers ont finalement fait l'objet d'analyse. Ces éléments doivent donc amener à observer les taux de réalisation avec recul - une sousestimation involontaire des effectifs vrais ayant pour conséquence d'avoir minoré la taille des échantillons attendus et favorisé une surréalisation apparente des objectifs d'échantillonnage -, et à analyser les résultats de la surveillance avec une certaine prudence.

Comme en milieu ouvert, aucun animal n'a été trouvé infecté, et les prévalences minimales détectables chez les sangliers et les cerfs dans les territoires clos les plus importants sont respectivement estimées à 3 et 5 %

Les blaireaux ne faisaient pas l'objet d'une surveillance programmée en raison d'une densité de population estimée faible (Chevalier *et al.*, 2015). Toutefois 30 individus ont été analysés dans le cadre de la surveillance évènementielle renforcée dans la zone de surveillance (collecte de blaireaux trouvés morts sur les routes). Tous ont obtenu des résultats négatifs en PCR.

### Conclusions et perspectives

La découverte en milieu ouvert d'un sanglier sauvage atteint de TB en 2015 dans le Loir-et-Cher, hors d'une zone d'infection bovine connue, a justifié la mise en œuvre de mesures de prophylaxie renforcée chez les bovins. Le département est par ailleurs passé en niveau 3 du dispositif de surveillance Sylvatub, avec définition d'une zone de surveillance et de modalités de surveillance programmée sur les populations de sangliers et de cerfs en milieu ouvert, comme en territoires clos. À l'issue de trois années de mise en application de ces mesures de surveillance, le bilan fait état d'une très bonne réalisation de la prophylaxie en élevage et de la surveillance de la faune sauvage, y compris dans les territoires clos. Le département du Loir-et-Cher a pu être reclassé à un niveau 2 de surveillance Sylvatub en septembre 2018 (Instruction technique DGAL/SDSPA/2018-699 du 19/09/2018), et sera prochainement reclassé en niveau 1. Dans les territoires concernés, le déploiement des mesures de surveillance à l'échelle de plusieurs parcs et enclos privés est une

situation inédite en France. Le très bon bilan fonctionnel est le résultat d'une implication forte de tous les acteurs locaux, ce qu'il convient de souligner ici. En milieu ouvert, le taux de réalisation de la surveillance dépasse les attentes. Il permet ainsi d'augmenter la sensibilité de la détection avec un seuil de prévalence détectable abaissée par rapport au seuil qui était initialement prévu. Hormis le sanglier de 2015, aucun autre animal infecté par M. bovis n'a finalement été détecté. Le profil et la séquence génétique de la souche issue de ce sanglier n'ont plus été isolés en France depuis. À ce jour, ils ne sont pas non plus identifiés à l'étranger. Sur ce dernier point, il est important de rappeler ici, comme indiqué en introduction de l'article, que les données disponibles dans les autres pays sont partielles car le typage des souches n'est pas systématiquement mis en œuvre et/ou publié. De plus, de nombreux mouvements liés à l'introduction d'ongulés sauvages à vocation cynégétique ont lieu dans le département du Loir-et-Cher et la gestion de ces mouvements n'a pas toujours été optimale; elle a notamment révélé des irrégularités dans la traçabilité des animaux lors de contrôles sanitaires réalisés par les services de l'État (Chevalier et al., 2015).

Au final, compte-tenu de tous ces éléments épidémiologiques, l'hypothèse d'une ré-émergence d'une souche locale est écartée, et celle d'une introduction ponctuelle d'un seul ou de quelques sangliers infectés demeure la plus probable, mais sans que leur origine géographique, à l'échelle nationale ou internationale, ne puisse être définie. Quoiqu'il en soit, l'infection ne semble pas s'être installée. Ce cas souligne l'intérêt de la surveillance événementielle qui a permis en 2015 la détection de l'infection chez un sanglier, intérêt d'autant plus notable que l'infection n'était présente qu'à un très faible niveau de prévalence.

### Remerciements

Les auteurs remercient: l'équipe du SD-ONCFS du Loir-et-Cher et notamment Philippe Le Bras; José Delaval et ses collaborateurs au LDA de Touraine; Hubert-Louis Vuitton et Denis Debenest de la FDC du Loir-et-Cher); Sylvie Poliak (Adilva) et Isabelle Tourette (GDS France) de la cellule d'animation Sylvatub; Francis Allié, Janique Bastok et Isabelle-Sophie Taupin de la DDecPP du Loir-et-Cher; Pierre Papadopoulos et son équipe à la DDT du Loir-et-Cher; Arnaud Dalle (Clinique vétérinaire de Bracieux) et Laurent Perrin (Clinique vétérinaire de Valencay); Frédéric Jaffre et Serge Nouzières (GDS du Loir-et-Cher); Henri Touboul (GTV du Loir-et-Cher).

### Références bibliographiques

Baubet, Eric, Vassant, Jacques, Brandt, Serge, Maillard, Daniel. 2008. Connaissances sur la biologie du sanglier: Utilisation de l'espace et régime alimentaire. Colloque Sanglier de Rennes pp. 59–69

Calenge Clément, Maillard Daniel, Vassant Jacques, Brandt Serge. 2002. Summer and hunting season home ranges of wild boar (*Susscrofa*) in two habitats in France. Game Wildl Sci 19:281–301

Cannon, 2001. Sense and sensitivity –designing surveys based on an imperfect test. Prev. Vet. Med. 49: 141-163

Chevalier, Fabrice, Hars, Jean, Courcoul, Aurélie, Hansen, Eric, Boschiroli, Maria-Laura, Richomme, Céline. 2015. Découverte d'un sanglier infecté par *M. bovis* en Sologne: investigations sur l'origine de l'infection et mesures de surveillance préconisées chez les ruminants domestiques et la faune sauvage. Bull. Epid. Santé Anim. – Alim. 72: 12-16.

Courcoul, Aurélie, Moyen, Jean-Louis, Brugère, Laure, Faye, Sandy, Hénault, Sylvie, Gares, Hélène, & Boschiroli, Maria-Laura (2014). Estimation of sensitivity and specificity of bacteriology, histopathology and PCR for the confirmatory diagnosis of bovine tuberculosis using latent class analysis. *PloS One*, 9(3), e90334.

# **NOTES**

Directeur de publication : Roger Genet Directeur associé : Bruno Ferreira Directice de rédaction : Emilie Gay Rédacteur en chef : Julien Cauchard Rédacteurs adjoints : Hélène Amar, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailler, Yves Lambert Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit Durand, Françoise Gauchard, Guillaume Gerbier, Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Elisabeth Repérant, Céline Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard Secrétaire de rédaction : Isabelle Stubljar Responsable d'édition: Fabrice Coutureau

Assistante d'édition: Elsa Vidal Anses - www.anses.fr 14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex Courriel: bulletin.epidemio@anses.fr Conception et réalisation: Parimage Crédits photos: Anses, AdobeStock





