



**HAL**  
open science

# Contribution à l'amélioration des systèmes de surveillance par l'interconnexion : application à trois maladies de la filière équine

Jean-Philippe Amat

► **To cite this version:**

Jean-Philippe Amat. Contribution à l'amélioration des systèmes de surveillance par l'interconnexion : application à trois maladies de la filière équine. Santé publique et épidémiologie. Université Paris-Saclay, 2016. Français. NNT : 2016SACLS499 . tel-01806325

**HAL Id: tel-01806325**

**<https://theses.hal.science/tel-01806325v1>**

Submitted on 2 Jun 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

NNT : 2016SACLS499

THESE DE DOCTORAT  
DE  
L'UNIVERSITE PARIS-SACLAY  
PREPAREE A  
L'UNIVERSITE PARIS-SUD

ECOLE DOCTORALE N° 570  
EDSP Santé publique

Spécialité de doctorat : Santé publique - épidémiologie

Par

**M. Jean-Philippe Amat**

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DES SYSTEMES DE SURVEILLANCE  
PAR L'INTERCONNEXION :  
APPLICATION A TROIS MALADIES DE LA FILIERE EQUINE

**Thèse présentée et soutenue à Maisons-Alfort, le 14 décembre 2016**

**Composition du Jury :**

M. BOUYER, Jean	Directeur de recherche, Inserm	Président
M. CADORE, Jean-Luc	Professeur, VetAgro Sup	Rapporteur
M. CALAVAS, Didier	Ingénieur de recherche, Anses	Rapporteur
Mme PRADIER, Sophie	Maître de conférence, Ecole vétérinaire de Toulouse	Examinatrice
Mme DUFOUR, Barbara	Professeur, Ecole vétérinaire d'Alfort	Co-directrice de thèse
Mme LEBLOND, Agnès	Professeur, VetAgro Sup	Co-directrice de thèse
M. HENDRIKX, Pascal	Inspecteur de la santé publique vétérinaire, Anses	Co-encadrant de thèse, Invité
Mme TAPPREST, Jackie	Ingénieur de recherche, Anses	Co-encadrante de thèse, Invitée



*Il n'existe qu'un seul Mal : la désunion.*

Pierre Teilhard de Chardin

*Heureux les artisans de paix.*

Matthieu, 5, 9.

Parce qu'il est des interconnexions plus importantes que celles des dispositifs de surveillance.



# Remerciements

**Monsieur Jean Bouyer**, je vous adresse mes plus vifs remerciements pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury. Je vous remercie également pour votre confiance et pour l'accueil au sein de l'Ecole doctorale de santé publique qui m'a permis de réaliser cette thèse dans des conditions tout à fait propices et agréables.

**Monsieur Jean-Luc Cadoré**, je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté d'être rapporteur de ma thèse universitaire. Vous avez dirigé mes travaux de thèse d'exercice vétérinaire à Lyon il y a bientôt dix ans et j'ai beaucoup de plaisir à bénéficier à nouveau de votre regard expert. C'est une chance et un honneur de pouvoir profiter de votre expérience et de votre pertinence pour continuer à apprendre et progresser.

**Monsieur Didier Calavas**, je tiens à vous exprimer ma sincère reconnaissance pour avoir répondu favorablement à notre demande d'être rapporteur de ce travail. Votre connaissance de la surveillance épidémiologique, unanimement reconnue, compte peu d'équivalents. Je ne vous cache pas que tout au long de la rédaction de ce manuscrit j'ai été impatient de connaître votre analyse des travaux réalisés afin d'améliorer ma façon de comprendre et de conduire des travaux de recherche à des fins d'application.

**Madame Sophie Pradier**, vous me faites l'honneur de juger mon travail en acceptant de participer à ce jury et je vous en remercie vivement. Votre double expérience en épidémiologie équine et en médecine interne des équidés est une richesse rare et je tiens à vous manifester toute ma considération.

**Madame Barbara Dufour**, comment t'exprimer toute ma gratitude en quelques lignes ? Il est des rencontres qui changent une vie professionnelle, d'autres qui façonnent les personnalités. Tu as suscité les deux chez moi. Si aujourd'hui je suis sur le point d'ouvrir avec un immense enthousiasme un nouveau chapitre de mon parcours professionnel, je te le dois en grande partie. Merci d'avoir dirigé ces travaux avec charisme et bienveillance.

**Madame Agnès Leblond**, je tiens à vous témoigner de ma profonde reconnaissance pour avoir dirigé mes travaux de thèse. Votre grande connaissance de l'épidémiologie et des maladies infectieuses équines ont énormément contribué à la richesse et à la structuration de ces travaux. Grâce à vous la démarche de recherche scientifique m'est devenue bien plus familière. Je vous adresse également mes remerciements pour l'accueil au sein de l'unité EPIA qui a permis la concrétisation de cette thèse.

**Monsieur Pascal Hendrikx**, je te remercie pour ton encadrement durant cette thèse mais aussi pour tout ce que tu m'as enseigné en épidémiologie depuis des années de diverses manières. Après avoir eu la chance de côtoyer *le* spécialiste français de la surveillance en travaillant à la Direction de l'évaluation des risques de l'Anses, j'ai eu le bonheur de me former au contact de l'instructeur passionné et désireux de diffuser et de transmettre toute la connaissance et l'expérience qui sont les tiennes. Je n'aurais pu imaginer meilleur *mentor* que toi et sache que j'apprécie tout autant tes qualités humaines que je n'ai pas fini de découvrir.

**Madame Jackie Tapprest**, ce fut un privilège d'être pris sous ton aile durant les quatre années du master et de la thèse. Il m'est impossible de mesurer tout ce que tu m'as appris. Si j'ai l'impression aujourd'hui de connaître -un peu- la filière équine et sa surveillance sanitaire, ainsi que notre compagnon *R*, c'est essentiellement grâce à toi. Je suis bluffé de la manière dont nos raisonnements se

rejoignent, se complètent, s'enrichissent, mais aussi des progrès scientifiques -et humains- que tu me permets de réaliser et de la sérénité que tu sais m'apporter en un instant. Puis-je m'inspirer toujours plus de ton humilité, de ta sincérité et de ta persévérance.

Merci infiniment à l'IFCE et à l'Anses qui ont cofinancé cette thèse, ainsi qu'à l'Inra qui a assuré le portage de ce travail durant les trois années. Je remercie vivement Gwenaél Vourc'h et Christian Ducrot pour leur accueil au sein de l'unité EPIA de l'Inra Theix et pour leur suivi malgré la distance. Des mercis tout particuliers adressés à Bénédicte Ferry, pour sa grande disponibilité, son aide et sa confiance, à Françoise Clément, Xavier Dornier et Sandrine Vinatier.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Claire Laugier, à Monsieur Roger Genet et à Madame Pascale Parisot qui ont permis que les travaux engagés en surveillance équine puissent se poursuivre à présent à l'Anses, en particulier à travers les nouvelles missions qui me seront confiées. Si cette perspective est devenue réalité, je le dois au soutien indéfectible de Didier, Pascal et Jackie. Ma motivation et ma reconnaissance n'ont d'égales que votre détermination, merci.

Merci à Timothée Vergne pour ton aide plus que précieuse. Que ce soit à distance ou à la même table, parfois celle d'un congrès à l'autre bout du monde, tu as toujours su te rendre disponible. Ce fut un plaisir de travailler avec toi et je fais le vœu que ce ne soit que le début.

Je remercie spécialement Marie Grandcollot-Chabot pour son aide et nos nombreux échanges passionnés sur la surveillance en filière équine. Merci à tous ceux qui ont participé aux différents travaux et notamment aux professionnels de la filière, aux acteurs sanitaires et aux scientifiques présents à l'atelier participatif de juin 2016 et aux évaluations Oasis. Merci en particulier à Aymeric Hans et Sandrine Petry de l'Anses ainsi qu'à Christel Marcillaud-Pitel et Marion Jourdan du Respe.

Merci appuyé aux collègues de l'unité Epidémiologie et anatomie pathologique du Laboratoire de Dozulé, Lydia Baudet, Nathalie Foucher, Maud Linster, Corinne Sevin, Benoît Ecolivet, Armand Pontin, Pascale Saussey et ceux qui ont vogué sous d'autres cieux en cours de route, David Carnicer, Cécile Roussel, Clara Martina et Laetitia Fleury, pour votre accueil chaleureux et votre aide. Merci à l'ensemble des collègues de Dozulé, et spécialement à Sabrina Hauvel et Arnaud Prehu pour leur précieux soutien, à Aymeric Hans pour sa disponibilité et nos échanges passionnés sur la surveillance et la filière équine, ainsi qu'à Séverine et Julien Cauchard, dont le présent éloignement ne saurait altérer ma profonde reconnaissance. Je remercie aussi les collègues équins d'Alfort et tout spécialement Stéphan Zientara et Cécile Beck pour leur confiance ; les perspectives de collaborations qui s'ouvrent ou s'ouvriront prochainement me ravissent.

Je remercie l'unité EpiMAI, mon autre unité de rattachement et d'attachement, tout spécialement Julie Rivière, Anne Praud, Elena Arsevska et Jean-Jacques Benet. Chaque rencontre est un plaisir et je vous suis reconnaissant de me donner votre confiance et l'opportunité d'animer quelques TD ; j'espère qu'ils intéressent les étudiants autant qu'ils enthousiasment leur interlocuteur.

Un grand merci à Benoît Durand, pour ta disponibilité, ta bienveillance et ton regard expert. Merci à toute l'équipe d'EPI et tout particulièrement à Gina Zanella, Aurélie Courcou, Maud Marsot, Aurore Palisson et Malika Bouchez Zacia. C'est tout simplement un bonheur de vous côtoyer et j'espère ardemment que nous aurons bientôt de nombreuses occasions de travailler ensemble.

Merci à Laure Bournez, Edouard Réveillaud, Marie-Pierre Chauzat, Catherine Delorme et toute l'unité UCAS, à Emmanuel Garin, aux autres collègues épidémiologistes à Lyon, Nancy et Ploufragan, en particulier Carole Sala, Mathilde Saussac et Stéphanie Bougeard. Une pensée émue

pour l'unité UERSABA d'Alfort et toutes les autres personnes attachantes d'Alfort avec lesquelles j'ai eu grand plaisir à travailler et que j'espère continuer à croiser régulièrement.

Un grand merci à celles et ceux qui m'ont permis de planifier et de réaliser cette thèse, en particulier Marc Mortureux, Dominique Gombert, Gilles Salvat, Edith Authié et Charlotte Dunoyer.

Je souhaite remercier vivement les personnes qui, par leur exemple, m'ont donné goût à cette formidable discipline qu'est l'épidémiologie. Impossible de ne pas citer ici Bernard Toma, Jaqueline Vialard, Jean-Pierre Ganière, François Moutou, Marc Savey, Claude Saegerman, Eric Collin et tant d'autres experts fabuleux que j'ai eu la chance de côtoyer durant plusieurs années dans les groupes d'expertise de l'Afssa et de l'Anses. Un merci tout particulier à Stéphane Zientara, Jean Guillotin, Yves Leforban, Barbara Dufour et Pascal Hendrikx pour le temps consacré et nos précieux échanges durant cette période. Une bonne étoile vous a placé sur mon chemin et je n'oublierai pas que ma vocation a germé grâce à vous.

Un remerciement plus personnel à mes parents, frères et sœur, belles-sœurs, neveux, belle-famille et amis, à ceux qui sont partis trop vite, à tous ceux qui sont là et qui arrivent pour mon plus grand bonheur.

Enfin merci à Myriam, Estelle, Cécile... et Adrien !



# Valorisation des travaux

## PUBLICATIONS DANS DES REVUES SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES

**Amat J.P.**, Vergne T., Tapprest J., Ferry B., Hans A., Hendriks P., Dufour B., Leblond A. (2016) Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock, *Veterinary Microbiology*, **192**, 34-42

**Amat J.P.**, Hendriks P., Tapprest J., Leblond A., Dufour B. (2015) Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies. *Epidemiology and Infection*, **143** (14), 3122-3333

## PUBLICATIONS DANS DES REVUES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES

**Amat J.P.**, Vergne T., Tapprest J., Ferry B., Hans A., Hendriks P., Dufour B., Leblond A. (2016) Incidence de l'artérite virale équine chez les équidés reproducteurs en France et sensibilité de sa surveillance : estimation par méthode de capture-recapture. *Epidémiologie et santé animale*, **70**, 5-22

**Amat J.P.**, Hendriks P., Tapprest J., Grandcollot-Chabot M., Ferry B., Marcillaud-Pitel C., Hans A., Petry S., Leblond A., Dufour B. (2016) Evaluation comparative de trois systèmes de surveillance de maladies infectieuses équines par la méthode Oasis flash et propositions d'améliorations. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, **74**, 19-24

**Amat J.P.**, Hendriks P., Ferry B., Hans A., Grandcollot-Chabot M., Tapprest J., Leblond A., Dufour B. (2015) Evaluation de la surveillance épidémiologique de l'anémie infectieuse des équidés en France et propositions d'amélioration. *Epidémiologie et santé animale*, **67**, 51-62

Hans A., Jean-Baptiste S., **Amat J.P.**, Chevé F., Amelot G., Guyot J.J., Dalgaz F., Lecouturier F., Courcoul A., Gay P., Gaudaire D., Grandcollot-Chabot M. (2015) Surveillance de l'anémie infectieuse des équidés: deux foyers détectés dans le sud de la France en 2014. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, **71**, 72-76

Hans A., **Amat J.P.**, Garcia P., Lecouturier F., Gaudaire D., Zientara S., Gay P., Grandcollot-Chabot M. (2014) L'anémie infectieuse des équidés en France en 2013. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, **64**, 66-68

## COMMUNICATIONS ORALES DANS DES CONGRES INTERNATIONAUX

**Amat J.P.**, Tapprest J., Ferry B., Hans A., Grandcollot-Chabot M., Marcillaud-Pitel C., Daix D., Dufour B., Leblond A., Hendriks, P. Equine viral arteritis surveillance system evaluation in France. *8<sup>th</sup> Workshops of the European Union Reference Laboratory for equine diseases*, September 2016, Maisons-Alfort, France (*invited*)

**Amat J.P.**, Vergne T., Hans A., Ferry B., Hendriks P., Tapprest J., Dufour B., Leblond A. Valorization of surveillance data and assessment of the sensitivity of a surveillance system for an infectious disease using a capture-recapture model. *18<sup>th</sup> International Conference on Epidemiology and Infectious Diseases International (ICEID)*, July 2016, Paris, France

**Amat J.P.**, Vergne T., Tapprest J., Ferry B., Hans A., Vinatier S., Hendriks P., Dufour B., Leblond A. Application of capture-recapture model to assess the sensitivity of equine viral arteritis surveillance in French equine breeding stock by estimating the number of outbreaks. *14<sup>th</sup> International Society for Veterinary Epidemiology and Economics (ISVEE)*, November 2015, Mérida, Mexico

## COMMUNICATIONS ORALES DANS DES CONGRES FRANCOPHONES

**Amat J.P.**, Vergne T., Tapprest J., Ferry B., Hans A., Hendriks P., Dufour B., Leblond A. Incidence de l'artérite virale équine chez les équidés reproducteurs en France et sensibilité de sa surveillance : estimation par méthode de capture-recapture. *Journées scientifiques de l'AEEMA*, mars 2016, Maisons-Alfort, France

**Amat J.P.**, Hendriks P., Ferry B., Hans A., Grandcollot-Chabot M., Tapprest J., Leblond A., Dufour B. Evaluation de la surveillance épidémiologique de l'anémie infectieuse des équidés en France et propositions d'amélioration. *Journées scientifiques de l'AEEMA*, mars 2015, Maisons-Alfort, France

## COMMUNICATIONS AFFICHEES (POSTERS) DANS LES CONGRES INTERNATIONAUX

**Amat J.P.**, Vergne T., Hans A., Ferry B., Hendriks P., Tapprest J., Dufour B., Leblond A. Equine viral arteritis in breeding stock: a quantitative estimation of the surveillance sensitivity. *67<sup>th</sup> Annual meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP)*, August-September 2016, Belfast, Northern Ireland.

**Amat J.P.**, Vergne T., Hans A., Ferry B., Hendriks P., Tapprest J., Dufour B., Leblond A. Quantitative estimation of the sensitivity of the French surveillance system for equine viral arteritis. *10<sup>th</sup> International equine infectious diseases conference*, April 2016, Buenos Aires, Argentina.

**Amat J.P.**, Hendriks P., Tapprest J., Leblond A., Dufour B. Comparative assessment of the surveillance systems for equine infectious anaemia, equine viral arteritis and contagious equine metritis in France. *10<sup>th</sup> International equine infectious diseases conference*, April 2016, Buenos Aires, Argentina.

# Sommaire

Remerciements .....	5
Valorisation des travaux.....	9
Liste des abréviations .....	19
Index des figures .....	21
Index des tables.....	25
Premier chapitre : Etude bibliographique .....	27
Introduction.....	27
1. Notions et définitions relatives à la surveillance épidémiologique en santé animale .....	28
1.1 Nécessité de surveiller les maladies animales .....	28
1.2 Définition et objectifs de la surveillance épidémiologique .....	29
1.3 Définitions relatives aux systèmes de surveillance épidémiologique .....	30
1.4 Classification des systèmes de surveillance épidémiologique .....	31
1.4.1 Modalités de surveillance.....	31
1.4.2 Objet de la surveillance .....	33
1.4.3 Dépendance vis-à-vis d'autres activités .....	34
1.5 Architecture et fonctionnement habituel d'un dispositif de surveillance .....	34
1.5.1 Sources de données et acteurs de terrain .....	35
1.5.2 Rôles des laboratoires .....	35
1.5.3 Unité centrale .....	36
1.5.4 Instance de pilotage .....	36
1.5.5 Comité scientifique et technique .....	36
1.5.6 Echelon intermédiaire .....	36
2. Surveillance épidémiologique de trois maladies infectieuses équinés en France .....	37
2.1 Caractéristiques épidémiologiques de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine et situation sanitaire en France .....	38
2.1.1 Anémie infectieuse des équidés.....	38

2.1.2	Artérite virale équine .....	42
2.1.3	Métrite contagieuse équine .....	46
2.2	Particularités et hétérogénéité de la filière équine .....	49
2.2.1	Composition et localisation de la population équine française .....	49
2.2.2	Diversité de la filière équine.....	52
2.2.3	Implication de l'Etat et des autres acteurs dans le domaine sanitaire : des évolutions croisées.....	57
2.3	Systèmes et dispositifs de surveillance en filière équine .....	60
2.3.1	Système de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés .....	60
2.3.2	Système de surveillance de l'artérite virale équine .....	70
2.3.3	Système de surveillance de la métrite contagieuse équine .....	73
2.3.4	Synthèse sur les dispositifs et systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE .....	74
3.	Méthodes d'évaluation des systèmes de surveillance.....	77
3.1	Méthodes d'évaluation qualitative et semi-quantitative.....	78
3.1.1	Audit externe.....	79
3.1.2	Suivi d'indicateurs de fonctionnement .....	82
3.2	Méthodes d'évaluation quantitative.....	83
3.2.1	Les méthodes de capture-recapture .....	84
3.2.2	Les arbres de scénarios .....	86
4.	Problématique et objectifs de la thèse .....	87
Deuxième chapitre : Travaux personnels .....		91
1.	Evaluation quantitative de la sensibilité du dispositif de surveillance de l'artérite virale équine chez les reproducteurs par méthode de capture-recapture.....	91
1.1	Introduction.....	91
1.2	Matériel et méthodes.....	92
1.2.1	Dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) .....	92
1.2.2	Données utilisées .....	94
1.2.3	Définition du cas.....	94
1.2.4	Définition du foyer .....	95

1.2.5 Méthode de capture-recapture, approche bayésienne .....	95
1.3 Résultats .....	98
1.3.1 Règles proposées pour l'identification des séroconversions .....	98
1.3.2 Nombre de cas et de foyers d'AVE détectés par le DSR.....	101
1.3.3 Estimation du nombre total de foyers d'AVE chez les reproducteurs et de la sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs .....	103
1.4 Discussion .....	104
1.4.1 Qualité des données.....	104
1.4.2 Règles d'identification des séroconversions .....	104
1.4.3 Modèle mathématique utilisé.....	107
1.4.4 Nombre de cas et de foyers détectés par le DSR .....	108
1.4.5 Estimation du taux d'incidence annuelle de l'AVE.....	109
1.4.6 Estimation de la sensibilité du DSR .....	111
1.4.7 Pistes d'amélioration et d'interconnexion.....	113
2. Evaluation semi-quantitative et comparative des systèmes de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine.....	115
2.1 Introduction.....	115
2.2 Matériel et méthodes.....	115
2.3 Résultats .....	118
2.3.1 Principales forces communes aux trois systèmes de surveillance .....	118
2.3.2 Principales faiblesses communes aux trois systèmes de surveillance .....	119
2.3.3 Recommandations d'interconnexion à mettre en place.....	123
2.4 Discussion .....	129
2.4.1 Choix de la méthode Oasis et de la variante flash .....	129
2.4.2 Participation des responsables des dispositifs de surveillance.....	131
2.4.3 Limites de la méthode utilisée .....	132
3. Identification et hiérarchisation des pistes d'amélioration et d'interconnexion des systèmes de surveillance de la filière équine par un atelier participatif .....	133
3.1 Introduction.....	133
3.2 Matériel et méthodes.....	133

3.2.1 Acteurs sanitaires sollicités .....	133
3.2.2 Format et déroulement de l'atelier participatif .....	135
3.3 Résultats .....	146
3.3.1 Résultats du questionnaire individuel du début d'atelier .....	146
3.3.2 Propositions pour le thème 1 « Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales » .....	153
3.3.3 Propositions pour le thème 2 « Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation » .....	158
3.3.4 Propositions pour le thème 3 « Gestion et analyse des données, communication, diffusion des informations » .....	164
3.3.5 Catégorisation des propositions selon leur niveau de priorité .....	168
3.4 Discussion .....	169
3.4.1 Participation des acteurs .....	169
3.4.2 Format de l'atelier participatif et outils utilisés .....	172
3.4.3 Similitudes entre les résultats du questionnaire individuel et ceux des évaluations Oasis flash sur les points forts et faibles de la surveillance .....	179
3.4.4 Cohérence entre les recommandations émises, convergences et divergences avec les évaluations Oasis .....	181
3.4.5 Gestion des avis divergents .....	183
4. Synthèse des apports des travaux : domaines de la surveillance ayant fait l'objet de propositions d'interconnexion et bénéfices attendus .....	185
4.1 Propositions d'interconnexions relatives à la structuration et à la gouvernance des systèmes de surveillance .....	185
4.1.1 Mise en place d'instances centrales transversales .....	185
4.1.2 Adéquation des modalités de surveillance aux objectifs .....	188
4.2 Propositions d'interconnexions scientifiques et techniques .....	189
4.2.1 Collecte des données .....	189
4.2.2 Gestion des données .....	190
4.2.3 Analyse épidémiologique, valorisation et diffusion des données .....	191
4.2.4 Evaluation interne .....	193

4.3 Thèmes peu ou pas abordés lors des travaux .....	193
Troisième chapitre : Discussion générale.....	195
1. Avantages et inconvénients du choix des systèmes de surveillance étudiés .....	195
2. Intérêts des travaux menés pour répondre à notre question de recherche .....	197
2.1 Intérêts de l'évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance par méthode de capture-recapture .....	198
2.1.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	198
2.1.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	198
2.2 Intérêts des évaluations semi-quantitatives Oasis.....	199
2.2.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	199
2.2.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	200
2.3 Intérêts de l'atelier participatif .....	200
2.3.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	200
2.3.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	201
3. Limites des travaux effectués pour répondre à notre question de recherche .....	202
3.1 Limites de l'évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance par méthode de capture-recapture .....	202
3.1.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	202
3.1.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	203
3.2 Limites des évaluations semi-quantitatives Oasis.....	203
3.2.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	203
3.2.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	204
3.3 Limites de l'atelier participatif.....	204
3.3.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance.....	204
3.3.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion.....	205
4. Analyse synthétique de la démarche proposée .....	206
4.1 Complémentarité et progressivité des trois étapes.....	206
4.1.1 Implication croissante des acteurs.....	206
4.1.2 Augmentation du nombre de pistes d'interconnexion envisagées .....	207

4.1.3 Meilleure connaissance de la surveillance et recommandations de plus en plus précises.....	207
4.2 Limites générales de la démarche utilisée .....	209
4.2.1 Absence d'évaluation économique et sociologique.....	209
4.2.2 Balance « coût-bénéfice » des évaluations quantitatives.....	210
4.2.3 Mise en œuvre de l'interconnexion non entièrement préparée .....	210
5. Perspectives.....	211
5.1 Perspectives méthodologiques .....	211
5.1.1 Lancement d'un processus de mise en place d'une interconnexion .....	212
5.1.2 Phase de travaux préliminaires .....	212
5.1.3 Bilan intermédiaire.....	216
5.1.4 Phase de travaux complémentaires .....	216
5.1.5 Décision et phase opérationnelle.....	219
5.2 Perspectives de recherche .....	219
5.2.1 Modalités de surveillance.....	220
5.2.2 Gestion des données .....	221
5.2.3 Valorisation combinée des données .....	222
5.2.4 Evaluation de la surveillance .....	223
5.3 Perspectives d'application.....	224
Conclusion .....	227
Bibliographie .....	229
Annexes .....	247
Annexe 1. Article " Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock " .....	247
Annexe 2. Article "Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies" .....	271
Annexe 3. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France selon les dix sections fonctionnelles des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque section en noir) .....	283

Annexe 4. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine en France selon les sept points critiques des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque point critique). .....	284
Annexe 5. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine en France selon dix attributs des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque attribut) .....	285
Annexe 6. Présentation portant sur certaines définitions et notions d'organisation et de fonctionnement de la surveillance épidémiologique en santé animale (présentée pendant l'atelier participatif).....	287
Annexe 7. Présentation portant sur les systèmes de surveillance français de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine (présentée pendant l'atelier participatif).....	289



# Liste des abréviations

AA : Anglo-arabe (race)

AIE : Anémie infectieuse des équidés

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

APDI : Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection

APMS : Arrêté préfectoral de mise sous surveillance

AQPS : Autre que pur-sang (race)

AVE : Artérite virale équine

Avef : Association des vétérinaires équins français

CDC : Centers for disease control and prevention

Cesame : Centre d'épidémiologie et d'alerte pour les maladies des équidés

CSB : Commission du stud-book

CSCCF : Chambre syndicale du commerce des chevaux de France

CST : Comité scientifique et technique

DDecPP : Direction départementale en charge de la protection des populations

DGAL : Direction générale de l'alimentation

DSR : Dispositif de surveillance des reproducteurs

EDI : Echanges de données informatisées

EDI-SPAN : Echange de données informatisé sur les sous-produits animaux (base de données)

FFE : Fédération française d'équitation

Fival : Fédération interprofessionnelle du cheval de sport, de loisir et de travail

FNC : Fédération nationale du cheval

FNCC : Fédération nationale des conseils des chevaux de France

FNCH : Fédération nationale des courses hippiques françaises

FNGDS : Fédération nationale des groupements de défense sanitaire (GDS France)

GDS : Groupements de défense sanitaire

GESCA : Groupement des entreprises du secteur cheval en agriculture

GHN : Groupement hippique national

GTV : Groupements technique vétérinaires

IFCE : Institut français du cheval et de l'équitation

Inra : Institut national de recherche agronomique

LDA : Laboratoire d'analyse agréé

LNR : Laboratoire national de référence

LR-UE : Laboratoire de référence de l'Union européenne

MADO/MDO : Maladie animale à déclaration obligatoire

MARC/MRC : Maladie animale réputée contagieuse

MCE : Métrite contagieuse équine

Oasis : Outil d'analyse des systèmes de surveillance

OIE : Organisation mondiale de la santé animale (*anciennement Office international des épizooties*)

PIF : Poste d'inspection aux frontières

Plateforme ESA : Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale

PS : Pur-sang (race)

Respe : Réseau d'épidémiosurveillance en pathologie équine

Resumeq : Réseau national de surveillance des causes de mortalité des équidés

SCS : Sous-commission sanitaire de stud-book

SECF : Société d'encouragement à l'élevage du cheval français (désormais le Trot)

SECS : Syndicat des éleveurs de chevaux de sang

SER : Surveillance événementielle règlementaire

SF : Selle français (race)

SHF : Société hippique française

SFET : Société française des équidés de travail

Sire : Système d'information relatif aux équidés

SNGTV : Société nationale des groupements techniques vétérinaires

SRAL : Service régional de l'alimentation

TF : Trotteur français (race)

TRACES : Trade Control and Expert System

UELN : Universal equine life number

UNPCS : Union nationale des propriétaires de chevaux de selle

VNT : Viral neutralization test

WHO : World Health Organization (*OMS, Organisation mondiale de la santé animale*)

# Index des figures

<b>Figure 1.</b> Représentation schématique des recoupements et différences entre modalités, dispositifs, réseaux et systèmes de surveillance (d’après P. Hendriks, communication personnelle).....	33
<b>Figure 2.</b> Représentation schématique d’un dispositif de surveillance sous la forme d’un « bonhomme de la surveillance ».....	37
<b>Figure 3.</b> Cheval infecté par le virus de l’anémie infectieuse des équidés (source : Unité Pédagogique Maladies Contagieuses, ENVA).....	39
<b>Figure 4.</b> Nombre de cas et de foyers d’AIE détectés en France entre 1972 et 2015 (d’après Hans <i>et al.</i> , 2012; Hans <i>et al.</i> 2014; Hans <i>et al.</i> , 2015; Ponçon <i>et al.</i> , 2011; Truffert, 2011).....	41
<b>Figure 5.</b> Localisation des foyers d’AIE en France métropolitaine entre 2005 et 2015 (d’après Truffert, 2011 ; Ponçon <i>et al.</i> , 2011 ; Hans <i>et al.</i> , 2012 ; Hans <i>et al.</i> , 2015).....	42
<b>Figure 6.</b> Cas d’avortement (avec hydrothorax à droite) dû à une infection par le virus de l’artérite virale équine (Source : Anses, Laboratoire de pathologie équine de Dozulé).....	43
<b>Figure 7.</b> Ecoulement vaginal chez une jument infectée par <i>Taylorella equigenitalis</i> (source : Pascale Chavatte-Palmer).....	46
<b>Figure 8.</b> Nombre de cas de MCE détectés chaque année en France entre 1992 et 2015 (d’après Petry, 2012 ; Petry et Marcé, 2012 ; S. Petry, communication personnelle).....	48
<b>Figure 9.</b> Répartition des équidés par groupes de races en France en 2014 (d’après Annuaire Ecus 2015, Institut français du cheval et de l’équitation [IFCE] - Observatoire économique et social du cheval [OESC], d’après Système d’information relatif aux équidés [Sire]).....	49
<b>Figure 10.</b> Répartition des équidés français par groupe de races en 2014 (d’après Annuaire Ecus 2015, IFCE-OESC, d’après Sire).....	50
<b>Figure 11.</b> Répartition géographique des équidés détenus dans des structures agricoles en France en 2011 par région administrative (source : IFCE-OESC, OER 2012).....	51
<b>Figure 12.</b> Représentation de l’organisation du dispositif de surveillance événementielle règlementaire de l’AIE et des flux de données.....	61
<b>Figure 13.</b> Représentation de l’organisation du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) et du circuit de collecte des données sanitaires.....	64
<b>Figure 14.</b> Circulation des informations au sein du Respe (source : RESPE, 2006).....	67
<b>Figure 15.</b> Schéma de l’organisation et du fonctionnement de Resumeq (source : Tapprest <i>et al.</i> , 2016a).....	70
<b>Figure 16.</b> Exemple de séries de titres en anticorps neutralisants contre le virus de l’AVE chez quatre juments reproductrices testées chaque année durant huit ans avec un test de neutralisation virale (VNT) et présentant un premier résultat négatif.....	99
<b>Figure 17.</b> Exemple de séries de titres en anticorps neutralisants contre le virus de l’AVE chez trois juments reproductrices testées chaque année durant huit ans avec un test de neutralisation virale (VNT) et présentant un premier résultat positif.....	100
<b>Figure 18.</b> Arbre de décision présentant les règles utilisées pour identifier les cas incidents d’artérite virale équine chez les juments reproductrices testées entre janvier 2006 et décembre 2013 en France au moyen du test de neutralisation virale (VNT).....	102
<b>Figure 19.</b> Illustration des étapes 1 et 2 de l’évaluation Oasis flash et du lien entre le renseignement du questionnaire et la notation des critères : extraits de la section 4.5.1 du questionnaire relative à la gestion des données au laboratoire et du critère 4.11 correspondant dans la grille de notation (Sources : Dufour et Hendriks, 2011; Hendriks <i>et al.</i> , 2011a, b).....	117
<b>Figure 20.</b> Résultats de l’évaluation de la surveillance de l’anémie infectieuse des équidés (AIE), de l’artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section	

fonctionnelle « Laboratoire » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	118
<b>Figure 21.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Outils de surveillance » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	118
<b>Figure 22.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Recueil et circulation des données » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris). .....	119
<b>Figure 23.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Organisation institutionnelle centrale » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	120
<b>Figure 24.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Objectifs et champ de la surveillance » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	120
<b>Figure 25.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Traitement et interprétation des données » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris). .....	120
<b>Figure 26.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Communication » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	121
<b>Figure 27.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Animation » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris). .....	121
<b>Figure 28.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Gestion des données » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	122
<b>Figure 29.</b> Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Evaluation » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir). .....	123
<b>Figure 30.</b> Représentation schématique d'un dispositif de surveillance sous la forme d'un « bonhomme de la surveillance », extraite de la présentation de la surveillance épidémiologique projetée lors de l'atelier participatif. ....	137
<b>Figure 31.</b> Représentation schématique des échanges d'informations et des transferts de prélèvements entre les acteurs de terrain d'un dispositif de surveillance, extraite de la présentation de la surveillance épidémiologique projetée lors de l'atelier participatif. ....	137
<b>Figure 32.</b> Temps plénier de présentation des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE. ....	140
<b>Figure 33.</b> Objectif, population cible et représentation schématique du réseau d'acteurs du dispositif de surveillance événementielle volontaire de l'AIE par le sous-réseau Syndrome « piro-like » du RESPE, projetée lors de l'atelier participatif. ....	140
<b>Figure 34.</b> Représentations schématiques des sous-populations d'équidés susceptibles d'être	

défectées par les dispositifs de surveillance en cas d'infection par les agents de l'AIE, de l'AVE et de la MCE. ....	141
<b>Figure 35.</b> Cartes mentales représentant les propositions du premier groupe pour les thème 1 (photo du haut), 2 et 3 (photo du bas), dessinées par l'animatrice du groupe au fur et à mesure des échanges.....	143
<b>Figure 36.</b> Classement décroissant des douze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de l'AIE.....	150
<b>Figure 37.</b> Classement décroissant des onze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de l'AVE. ....	151
<b>Figure 38.</b> Classement décroissant des onze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de la MCE.....	152



# Index des tables

<b>Tableau 1.</b> Nombre de cas et de foyers d'AIE détectés et départements français atteints entre 2005 et 2015 (d'après Truffert, 2011 ; Ponçon <i>et al.</i> , 2011 ; Hans et Marcé, 2012a ; Hans <i>et al.</i> 2014 ; Hans <i>et al.</i> , 2015 ; A. Hans, communication personnelle). .....	41
<b>Tableau 2.</b> Nombre d'analyses sérologiques et virologiques d'AVE réalisées par le réseau français de laboratoires d'analyses agréés et nombre et proportion de résultats positifs de 2008 à 2011 (d'après Hans et Marcé, 2012b; Hans <i>et al.</i> , 2011). .....	45
<b>Tableau 3.</b> Dépistages et vaccinations exigés pour les étalons reproducteurs par les stud-books en 2016 dans le cadre de la monte pour produire des poulains dans leur race (source : IFCE, 2016d)....	65
<b>Tableau 4.</b> Dépistages et vaccinations exigés pour les juments reproductrices par les stud-books en 2016 dans le cadre de la monte pour produire des poulains dans leur race (source : IFCE, 2016d)....	65
<b>Tableau 5.</b> Dispositifs de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France. ....	75
<b>Tableau 6.</b> Principales caractéristiques des méthodes d'évaluation qualitative, semi-quantitative et quantitative des systèmes de surveillance épidémiologique. ....	78
<b>Tableau 7.</b> Nombre de cas d'artérite virale équine (AVE) avec localisation connue, par race, détectés chez les juments reproductrices par le dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) entre 2006 et 2013.....	102
<b>Tableau 8.</b> Nombre de cas d'artérite virale équine (AVE) par foyer détectés chez les juments reproductrices par le dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) entre 2006 et 2013. ....	103
<b>Tableau 9.</b> Taux d'incidence d'artérite virale équine (AVE) intra-foyer, sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions, nombre total de foyers chez les reproducteurs et sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) estimés par le modèle pour la période 2006-2012. ....	104
<b>Tableau 10.</b> Composition des équipes de notation pour les évaluations des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE avec la méthode Oasis flash. ....	116
<b>Tableau 11.</b> Principales actions à mettre en œuvre de manière transversale pour l'amélioration générale de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine et la métrite contagieuse équine en France, identifiées par l'évaluation comparative Oasis flash. ....	125
<b>Tableau 12.</b> Principaux outils, équipes et compétences à mettre en commun pour améliorer la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), l'artérite virale équine (AVE) et la métrite contagieuse équine (MCE) en France.....	128
<b>Tableau 13.</b> Liste des acteurs et organismes sollicités et présents à l'atelier participatif.....	134
<b>Tableau 14.</b> Première partie du questionnaire individuel distribué au début de l'atelier participatif, sur les forces et faiblesses des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.....	138
<b>Tableau 15.</b> Deuxième partie du questionnaire individuel distribué au début de l'atelier participatif, sur les attentes des participants vis-à-vis de la journée. ....	139
<b>Tableau 16.</b> Nombre et organismes d'appartenance des participants aux trois groupes de travail de l'atelier participatif.....	144
<b>Tableau 17.</b> Grille de notation utilisée durant l'atelier participatif destinée à recueillir les pistes proposées lors des travaux de groupes et la notation de leurs niveaux de faisabilité, d'acceptabilité, d'impact positif attendu et de priorité, ainsi que les éventuels commentaires associés. ....	144
<b>Tableau 18.</b> Guide de notation utilisé lors de l'atelier participatif pour le renseignement de la grille de notation des pistes d'amélioration et d'interconnexion de la surveillance.....	145
<b>Tableau 19.</b> Résultats du questionnaire individuel sur les forces et faiblesses des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.....	148

<b>Tableau 20.</b> Attentes des participants vis-à-vis de l’atelier participatif.....	153
<b>Tableau 21.</b> Pistes proposées pour le thème 1 « Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales » lors de l’atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d’acceptabilité, d’impact positif attendu et de priorité.....	157
<b>Tableau 22.</b> Pistes proposées pour le thème 2 « Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation » lors de l’atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d’acceptabilité, d’impact positif attendu et de priorité.....	163
<b>Tableau 23.</b> Pistes proposées pour le thème 3 « Gestion et analyse des données, communication et diffusion des informations » lors de l’atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d’acceptabilité, d’impact positif attendu et de priorité.....	167
<b>Tableau 24.</b> Synthèse : catégorisation des propositions issues de l’atelier participatif selon leur niveau de priorité.....	168
<b>Tableau 25.</b> Proposition de démarche pour la mise en place d’une interconnexion entre dispositifs, réseaux et/ou systèmes de surveillance.....	214

# Premier chapitre : Etude bibliographique

## Introduction

En 1546, le médecin, poète et mathématicien italien Girolamo Fracastoro publie un ouvrage intitulé *De contagionibus et contagiosis morbis et eorum curatione (De la contagion, des maladies infectieuses et de leur traitement)*. A rebours des croyances de son temps et trois siècles avant Louis Pasteur et Robert Koch, il affirme que les maladies infectieuses se propagent *via* des éléments de très petite taille, invisibles à l'œil nu. Au cœur d'une époque où l'on pensait que la survenue des maladies épidémiques (peste, syphilis, rougeole, rage, typhus) dépendait de phénomènes astrologiques, Fracastoro développe ce qui est souvent considéré comme la première théorie de la contagion. S'il ne disposait pas encore des outils qui lui auraient permis de confirmer la véracité de sa théorie, il ne fit pas moins l'hypothèse que les maladies infectieuses pouvaient se transmettre de trois façons différentes, par contact direct entre personnes, par contact indirect *via* des supports inertes comme les vêtements, et à distance par voie aérienne (Cavanaugh, 2015; Karamanou *et al.*, 2012). Après lui, les connaissances sur les maladies contagieuses n'ont cessé de croître. L'acquisition de ces connaissances s'est accompagnée du développement d'outils de prévention et de lutte contre les maladies infectieuses, tels que la vaccination, les mesures d'hygiène, la désinfection, les traitements antibiotiques ou la chimioprévention. Avec la surveillance, la prévention et la lutte peuvent être considérées comme formant un triptyque permettant le contrôle des maladies infectieuses (Doyle *et al.*, 2002; Heymann et Rodier, 1998). Cependant, l'essor de la surveillance a été postérieur à ceux de la prévention et de la lutte. Il ne s'est réellement manifesté qu'au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, avec par exemple la création des Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC) américains en 1946 (CDC, 2015; Chaud, 2014). Dans le domaine de la santé animale, le concept de surveillance épidémiologique n'a été formalisé qu'à partir du milieu des années 1970 en France, à l'initiative de la Fédération nationale des groupements de défense sanitaire (Dufour, 1993).

Les systèmes de surveillance des maladies infectieuses humaines et animales se sont multipliés depuis la seconde moitié du siècle dernier. La nécessité d'évaluer leur efficacité s'est alors fait ressentir. Différentes méthodes d'évaluation ont vu le jour, permettant d'apprécier le niveau de performance de la surveillance et de conduire à son amélioration (Calba *et al.*, 2015a; Hook et Regal, 1995; Martin *et al.*, 2007a). Pour certaines maladies, plusieurs programmes de surveillance ont été mis en place, parfois sans réelle concertation visant à garantir leur complémentarité. Dans de tels cas, une meilleure articulation des programmes de surveillance est fréquemment recommandée

(Bronner, 2015; Kaneene *et al.*, 2014; Nsubuga *et al.*, 2006; Shears, 2000; Stärk et Nevel, 2009), sans qu'il existe de guide ou de méthode pour y parvenir.

Par notre travail nous nous sommes penchés sur l'articulation ou l'interconnexion entre des systèmes de surveillance, ses intérêts et ses modalités de mise en œuvre, dans le domaine de la santé animale. L'étude de l'interconnexion entre des systèmes de surveillance nécessite de présenter au préalable certaines notions et définitions relatives à la surveillance épidémiologique, qui font l'objet de la première partie de ce chapitre. Dans un second temps, nous présentons un exemple de filière animale dans laquelle plusieurs systèmes de surveillance coexistent sans être reliés et pour lesquels une interconnexion pourrait être envisagée ; il s'agit de la filière équine française et plus précisément des systèmes de surveillance de trois maladies infectieuses équines, retenus comme support d'application de nos travaux. Nous abordons dans une troisième partie les méthodes disponibles pour l'évaluation des systèmes de surveillance car l'utilisation de ces méthodes permet d'obtenir des diagnostics utiles pour envisager l'interconnexion. Enfin, ce chapitre s'achève par l'énoncé de la problématique et des objectifs de la thèse.

## **1. Notions et définitions relatives à la surveillance épidémiologique en santé animale**

### **1.1 Nécessité de surveiller les maladies animales**

Les maladies animales ont pour certaines des impacts importants sur la santé, les productions et les performances des animaux. Etant donné qu'ils sont sources de denrées alimentaires et de produits et services non alimentaires (moyens de transport et de travail, compagnons de chasse, de sport, de loisirs, *etc.*), leurs troubles de santé ont des répercussions directes sur la qualité de vie des communautés humaines. Par ailleurs, de nombreuses maladies infectieuses sont transmissibles à l'Homme par les animaux, qu'ils soient domestiques ou sauvages, avec des conséquences parfois dramatiques comme dans le cas du virus de la rage, de la bactérie *Burkholderia mallei* responsable de la morve, du virus Ebola ou de certains virus influenza, entre autres agents pathogènes zoonotiques (Kettle et Wernery, 2016; WHO, 2014). Le contrôle des maladies animales est donc un enjeu fort, peut-être plus encore de nos jours compte tenu de l'importance des échanges commerciaux et des mouvements internationaux humains et animaux qui accroissent les vitesses de propagation et les impacts sanitaires et économiques potentiels. Pour être efficaces, les mesures de prévention et de lutte doivent être adaptées autant que possible à la situation sanitaire des différentes populations.

La surveillance épidémiologique, en cherchant à fournir une image fiable et précise de cette situation sanitaire, est un outil indispensable pour aider à la prise des décisions optimales.

## 1.2 Définition et objectifs de la surveillance épidémiologique

Plusieurs termes existent en français comme en anglais pour définir la surveillance épidémiologique. En français, les termes « épidémiosurveillance », « veille sanitaire », « suivi épidémiologique continu » et « surveillance épidémiologique » sont généralement employés indifféremment (Toma *et al.*, 2010). Toutefois, certains auteurs considèrent plutôt le dernier terme comme une appellation générique regroupant *épidémiovigilance* et *épidémiosurveillance*. L'épidémiovigilance a pour but de détecter précocement l'apparition d'une maladie nouvelle ou émergente, tandis que l'épidémiosurveillance *stricto sensu* est alors définie comme la surveillance uniquement des maladies présentes sur un territoire donné (Dufour et Hendrikx, 2011). Dans son acception la plus large, la surveillance épidémiologique a été définie comme « *une méthode fondée sur des enregistrements permettant de suivre de manière régulière et prolongée l'état de santé ou les facteurs de risque d'une population définie, en particulier de déceler l'apparition de processus pathologiques et d'en étudier le développement dans le temps et dans l'espace, en vue de l'adoption de mesures appropriées de lutte* » (Toma *et al.*, 2010).

On déduit de cette définition que la surveillance épidémiologique est avant tout un outil de connaissance. Elle est pérenne car elle implique un enregistrement des données « en continu ». Son objectif est de décrire le plus fidèlement possible la situation d'une population au regard d'une ou plusieurs maladies ; elle fait ainsi partie de l'épidémiologie descriptive (Toma *et al.*, 1991). Si la surveillance épidémiologique n'est pas un outil d'action à proprement parler, elle est normalement toujours mise en place dans une perspective de lutte (Häsler *et al.*, 2011; Toma *et al.*, 2010). La connaissance de la situation épidémiologique (nombre de cas/foyers, évolution spatiotemporelle, *etc.*) permet en effet de mettre en œuvre des mesures de prévention et de contrôle appropriées, d'évaluer l'efficacité de ces mesures et de les adapter le cas échéant (Morris, 1991; OIE, 2016b). Pour un pays donné, elle apporte aussi des garanties sanitaires aux partenaires étrangers. Ces garanties rendent possibles les échanges commerciaux d'animaux et de leurs produits, dans le respect des règles édictées par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et l'Organisation mondiale du commerce (OMC) dans le cadre de l'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (« Accord SPS ») (OMC, 1995).

La surveillance épidémiologique peut aussi avoir pour objectif de contribuer à la hiérarchisation des maladies selon leur importance sanitaire et économique afin de cibler les mesures de lutte en

fonction des ressources disponibles (Dufour et Hendriks, 2011). En revanche, elle n'a pas pour but de déterminer quels sont les facteurs de risque associés à une maladie, mission qui relève de l'épidémiologie analytique, mais les informations qu'elle fournit peuvent servir de point de départ à la mise en place d'études ayant cet objectif.

En anglais, *epidemiological surveillance* apparaît comme le terme le plus proche de notre surveillance épidémiologique. *Monitoring* est également fréquemment employé, mais il désigne généralement un suivi non directement associé à la diffusion des informations collectées et analysées, et n'impliquant pas nécessairement la mise en œuvre de mesures de lutte (Hoinville *et al.*, 2013; Thrusfield, 2005).

### **1.3 Définitions relatives aux systèmes de surveillance épidémiologique**

La surveillance épidémiologique est mise en œuvre dans le cadre de *systèmes*, de *réseaux* et de *dispositifs* de surveillance. Plusieurs définitions peuvent être données à ces trois termes et nous précisons ici celles que nous avons retenues au cours de cette thèse en nous fondant sur les définitions proposées par différents auteurs.

Ainsi, nos définitions du *réseau* et du *dispositif* de surveillance s'inspirent largement de celles qu'en donnent Dufour et Hendriks (2011). Le *réseau* de surveillance est un « ensemble de personnes et d'organismes *structurés* assurant la surveillance (ou la vigilance) sur un territoire donné et pour une population donnée d'une ou plusieurs entités pathologiques ». L'emploi du terme *réseau* signifie que les relations entre acteurs sont organisées et formalisées. Le réseau se caractérise par ailleurs par :

- l'existence d'une organisation institutionnelle centrale comprenant des instances chargées de la prise de décision, de l'animation et de la coordination des acteurs et de l'appui scientifique et technique (voir partie 1.5). L'appui scientifique et technique peut dans certains cas être assuré par l'instance d'animation,
- la mise en œuvre formalisée de plusieurs activités de surveillance, en particulier l'animation, la collecte des données, leur gestion, leur validation, leur analyse et leur diffusion, la formation et éventuellement l'évaluation.

Un *dispositif* de surveillance est un « ensemble de personnes et d'organismes *non structurés ou faiblement structurés* assurant la surveillance (ou la vigilance) sur un territoire donné et pour une population donnée d'une ou plusieurs entités pathologiques ». Dans un dispositif de surveillance, le niveau d'organisation et de coordination est faible ou nul et l'organisation institutionnelle centrale est absente ou partiellement mise en place.

En nous inspirant des définitions proposées par plusieurs auteurs (Bronner et Calavas, 2016; Hoinville *et al.*, 2013; ICAHS, 2013; Martin *et al.*, 2007a), nous avons appelé *système* de surveillance « l'ensemble des dispositifs et réseaux assurant la surveillance d'une même (ou des mêmes) entité(s) pathologique(s) ».

La distinction entre réseau et dispositif est peu courante en langue anglaise, dans laquelle le terme unique *component* est généralement utilisé pour faire référence à ces deux types d'entités ; par ailleurs, le mot *système* est habituellement traduit indifféremment par *system* ou *network* (Hoinville *et al.*, 2013; ICAHS, 2013). Pour alléger la rédaction dans la suite du manuscrit, nous utiliserons le terme *dispositifs* de manière générique pour évoquer à la fois les dispositifs et les réseaux de surveillance, par opposition au *système* de surveillance.

Par ailleurs, nous faisons régulièrement référence dans nos travaux au *responsable* ou *gestionnaire* d'un dispositif ou d'un système. Il s'agit de la personne physique ou morale ayant le pouvoir de décider de la création ou de la suppression dudit dispositif ou système. Il peut être le seul décideur des objectifs et des orientations de la surveillance ou partager ce rôle avec d'autres acteurs au sein d'une instance de pilotage. Lorsqu'une telle instance est mise en place, le gestionnaire ou responsable (nous utiliserons indifféremment les deux termes) en assure la présidence et c'est à lui que reviennent les décisions finales en dernier recours. Le gestionnaire assure souvent (ou participe à) l'animation et la coordination, mais il peut aussi déléguer ces tâches à d'autres acteurs.

## **1.4 Classification des systèmes de surveillance épidémiologique**

Les systèmes de surveillance épidémiologique peuvent être catégorisés selon de nombreux critères, tels que les modalités de surveillance employées, l'objet de la surveillance, la situation épidémiologique (agent exotique, émergent ou présent), la méthode d'échantillonnage (exhaustive ou non), la zone géographique suivie (surveillance locale, nationale, régionale) ou encore la dépendance vis-à-vis d'autres activités (systèmes intégrés ou autonomes). Le but de cette partie n'est pas de présenter tous ces critères, qui font par ailleurs l'objet de publications spécifiques (Dufour et Audigé, 1997; Dufour et Hendriks, 2011), mais de mettre l'accent sur ceux qui apporteront un éclairage pour la suite des travaux.

### **1.4.1 Modalités de surveillance**

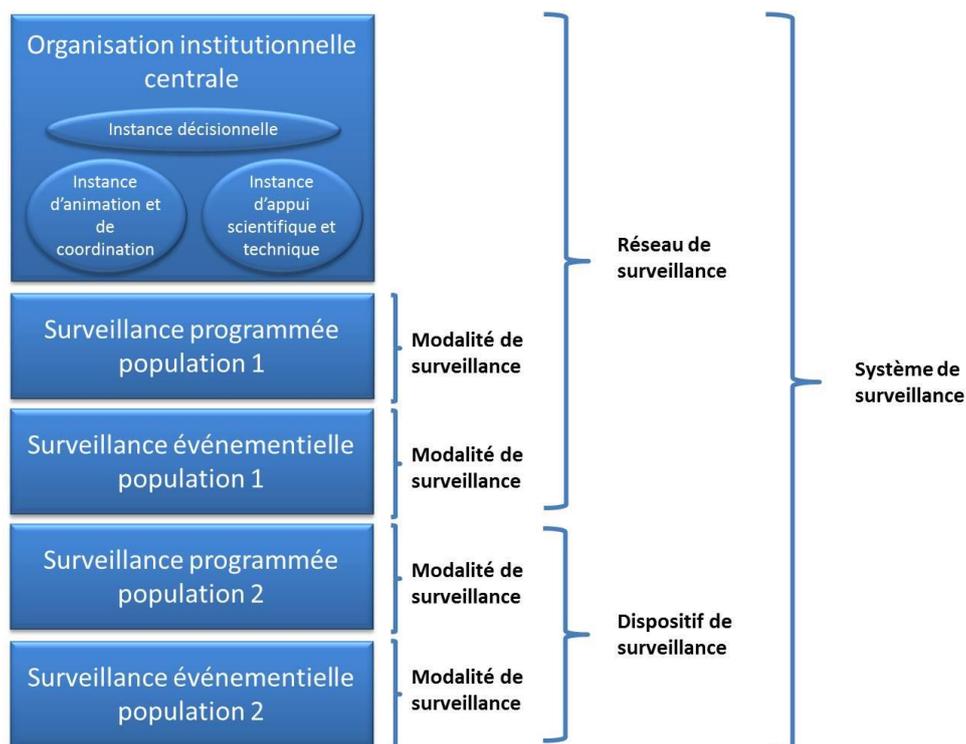
Deux grandes modalités de surveillance sont généralement distinguées, la surveillance événementielle et la surveillance programmée.

La surveillance évènementielle repose sur la déclaration spontanée des suspicions et/ou des cas de la maladie surveillée. Elle est aussi dite « passive », mais ce terme tend à disparaître car il laisse supposer que cette surveillance ne nécessiterait pas d'actions particulières, ce qui n'est évidemment pas le cas puisque la collecte des données, la déclaration ou encore l'analyse sont des démarches actives. Le qualificatif « passif » illustre toutefois bien le fait que l'obtention des données ne résulte pas d'une sollicitation de la part de l'animateur du système, mais d'une notification par les acteurs de terrain des évènements d'intérêt lorsqu'ils se présentent. Le nombre et la localisation de ces évènements ne sont pas connus à l'avance. Ce type de surveillance est particulièrement adapté aux évènements rares et à la détection précoce d'agents pathogènes émergents ou réémergents, surtout lorsque l'infection se traduit le plus souvent par des signes cliniques facilement observables (AEEMA, 2016; Dufour et Hendrikx, 2011; ICAHS, 2013).

La surveillance programmée se fonde sur la recherche de données par des actions prévues à l'avance par l'animateur du réseau. Elle est aussi qualifiée de surveillance planifiée, ou active par opposition à la surveillance dite passive. Contrairement à celle-ci, la surveillance programmée collecte des données sur des individus apparemment sains pour lesquels l'infection serait jusque-là passée inaperçue (AEEMA, 2016; Dufour et Hendrikx, 2011; ICAHS, 2013). Si le nombre d'individus à tester est élevé, ce type de surveillance peut rapidement devenir plus onéreux que la surveillance évènementielle. D'une manière générale, son rapport coût-bénéfice tend à être moins favorable que celui de la surveillance évènementielle lorsque la prévalence est faible (voire nulle en cas de maladie exotique) ou lorsque la proportion de cas asymptomatiques diminue en regard de celle des cas cliniques. En revanche, elle peut être d'un grand intérêt pour suivre les maladies pour lesquelles l'infection inapparente est fréquente.

Un dispositif, un réseau et un système de surveillance peuvent comporter une ou plusieurs modalités de surveillance (figure 1).

**Figure 1.** Représentation schématique des recoupements et différences entre modalités, dispositifs, réseaux et systèmes de surveillance (d'après P. Hendrikx, communication personnelle).



### 1.4.2 Objet de la surveillance

L'objet de la surveillance est la ou les maladies surveillées. Qu'elle soit événementielle ou programmée, la surveillance peut-être « ciblée » (ou « spécifique »), c'est-à-dire orientée vers une seule maladie ou vers un petit nombre de maladies bien identifiées, ou au contraire « globale » lorsque plusieurs maladies ou syndromes sont surveillés (Dufour et Hendrikx, 2011).

Lorsqu'il est question de surveillance globale, le terme « surveillance syndromique » est régulièrement utilisé. Il peut recouvrir deux activités distinctes. Pour certains, la surveillance syndromique correspond à la surveillance d'un « syndrome », défini par le dictionnaire Larousse comme un « ensemble de plusieurs symptômes ou signes en rapport avec un état pathologique donné et permettant, par leur regroupement, d'orienter le diagnostic ». Le réseau Sentinelles créé en 1984 par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) et l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC) surveille par exemple le « syndrome grippal », qu'il définit comme l'association d'hyperthermie d'apparition brutale et supérieure à 39°C, de myalgies et de signes respiratoires. Chaque semaine, les médecins partenaires déclarent au réseau le nombre de cas observés répondant à cette définition (Réseau Sentinelles, 2015). Mais la surveillance syndromique désigne le plus souvent le suivi d'indicateurs à la fois non spécifiques des dangers surveillés et susceptibles de révéler ces dangers de manière précoce. Dans certains cas, ces indicateurs peuvent *a priori* ne pas avoir de rapport direct avec les dangers visés mais leur variation peut être associée à l'occurrence de

ces dangers (par exemple absentéisme, volume de médicaments vendus, production laitière, etc.). La surveillance syndromique peut alors être définie comme la collecte, l'analyse, l'interprétation et la diffusion en temps réel (ou quasi-réel) de données en relation avec la santé permettant l'identification précoce de l'impact de potentiels dangers sanitaires nécessitant des mesures de santé publique (Triple S Project, 2011). D'après l'Institut de veille sanitaire (InVS), devenu Santé Publique France, la surveillance syndromique a pour principe « *le recueil en routine et l'analyse automatisée de données ayant une relation avec la santé, avant qu'un diagnostic spécifique ne soit posé (ou confirmé)* » (Ilef, 2008). Elle a ainsi une valeur « pré-diagnostique », c'est-à-dire qu'elle permet de détecter des signaux qui sont ensuite investigués pour obtenir un diagnostic et alerter les autorités sanitaires (Dufour et Hendriks, 2011). Ces deux acceptions de la surveillance syndromique ne sont pas toujours à opposer. En effet, les avortements, les lésions et la mortalité peuvent d'une certaine manière être considérés à la fois comme des syndromes et comme des indicateurs de santé. Quelle que soit la définition retenue, la surveillance syndromique peut être envisagée comme une surveillance « globale » au regard de l'objet d'étude car, dans un cas, elle porte sur plusieurs maladies se manifestant par un syndrome similaire et, dans l'autre cas, aucune maladie n'est spécifiquement visée.

### **1.4.3 Dépendance vis-à-vis d'autres activités**

Les dispositifs et systèmes de surveillance sont parfois créés indépendamment de toute autre activité et sont alors dits *autonomes*. Au contraire, d'autres sont dits *intégrés* car ils sont associés à des actions de prophylaxie, de diagnostic ou de contrôle des échanges internationaux (Dufour et Hendriks, 2011). Les dépistages réalisés dans une démarche prophylactique peuvent fournir à moindre frais des informations utiles à la surveillance épidémiologique. C'est la raison pour laquelle des systèmes de surveillance sont adossés à des mesures prophylactiques, comme dans le cas de la surveillance de la brucellose bovine et de la fièvre aphteuse en France (Dufour et Hendriks, 2011).

## **1.5 Architecture et fonctionnement habituel d'un dispositif de surveillance**

Les dispositifs de surveillance peuvent être bâtis de diverses manières, mais des similitudes de structure et de fonctionnement sont souvent observées. Les principaux acteurs constituant habituellement un dispositif de surveillance sont présentés brièvement ici, en commençant par ceux qui sont au plus près des maladies et des animaux surveillés.

### 1.5.1 Sources de données et acteurs de terrain

Les sources de données sont les entités dans lesquelles sont localisées les données à collecter. Pour une maladie animale, il s'agit ordinairement des élevages -et par extension des éleveurs- mais également des abattoirs, des lieux de rassemblement d'animaux (dont marchés, lieux de compétition, moyens de transport et postes d'inspection aux frontières), des centres d'autopsie, *etc.* (Dufour et Hendriks, 2011; Hendriks *et al.*, 2011a)

Les intervenants ou acteurs de terrain sont les personnes chargées de recueillir les informations auprès des sources de données, de les examiner et de les transmettre à l'unité centrale, ou à un échelon intermédiaire s'il existe. Les acteurs de terrain doivent donc entretenir des liens réguliers avec les individus sources de données et les sensibiliser à la détection des suspicions cliniques (pour la surveillance événementielle) et/ou à la mise en œuvre correcte des activités de surveillance programmée. Ces acteurs sont généralement des vétérinaires, qui ont également pour mission de transmettre les prélèvements biologiques aux laboratoires pour analyse. Mais il peut s'agir également d'agents de la fonction publique ou de structures sanitaires privées ou associatives, des éleveurs ou détenteurs eux-mêmes, des étalonniers<sup>1</sup>, *etc.* (Dufour et Hendriks, 2011)

### 1.5.2 Rôles des laboratoires

On distingue généralement les laboratoires locaux des laboratoires centraux ou de référence. Les laboratoires de référence contrôlent la réalisation des analyses, assurent la confirmation des cas et garantissent un bon niveau de performance pour les laboratoires locaux. Ces derniers sont chargés d'analyser les prélèvements pour une aire géographique donnée (Hendriks *et al.*, 2011a). Généralement, ils assurent uniquement les analyses de diagnostic et de dépistage de première intention et transmettent les échantillons au laboratoire central pour confirmation si nécessaire. Pour la santé animale en France, ces deux types de laboratoires sont appelés laboratoires d'analyses agréés (LDA), publics ou privés, et laboratoires nationaux de référence (LNR), publics. Tous ces laboratoires restituent les résultats d'analyses au demandeur (vétérinaire par exemple), au détenteur ou propriétaire de l'animal (très souvent le payeur) et habituellement à l'unité centrale également (voir *infra*).

Les LNR, du fait de leur expertise, sont généralement représentés au sein des comités scientifiques et techniques et dans les équipes d'investigation qui réalisent les enquêtes épidémiologiques en cas de foyers.

---

<sup>1</sup> Le terme *étalonnier* peut désigner le propriétaire, le détenteur ou l'éleveur d'étalon ou toute autre personne qui s'occupe de la monte

### **1.5.3 Unité centrale**

L'unité centrale est considérée comme le cœur d'un dispositif ou système de surveillance car elle assure l'animation et la coordination des activités et des autres acteurs. Elle regroupe les personnes responsables de la centralisation des données collectées, de leur analyse et de leur diffusion. Elle est chargée d'animer le comité technique et de rendre compte au comité de pilotage des résultats de la surveillance (Dufour et Hendriks, 2011; Hendriks *et al.*, 2011a). L'organisme hébergeant l'unité centrale peut aussi être appelé « gestionnaire » du dispositif/système de surveillance.

### **1.5.4 Instance de pilotage**

L'instance de pilotage, qui peut avoir différentes appellations, est l'organe qui fixe les objectifs du dispositif ou système de surveillance et valide les résultats obtenus. Idéalement, elle rassemble tous les partenaires impliqués dans la surveillance pour tenir compte de leurs attentes et prendre collégalement les décisions stratégiques. L'instance de pilotage peut aussi avoir pour mission d'encadrer les relations entre les organismes mobilisés dans le système lorsqu'ils sont multiples (Dufour et Hendriks, 2011; Hendriks *et al.*, 2011a).

### **1.5.5 Comité scientifique et technique**

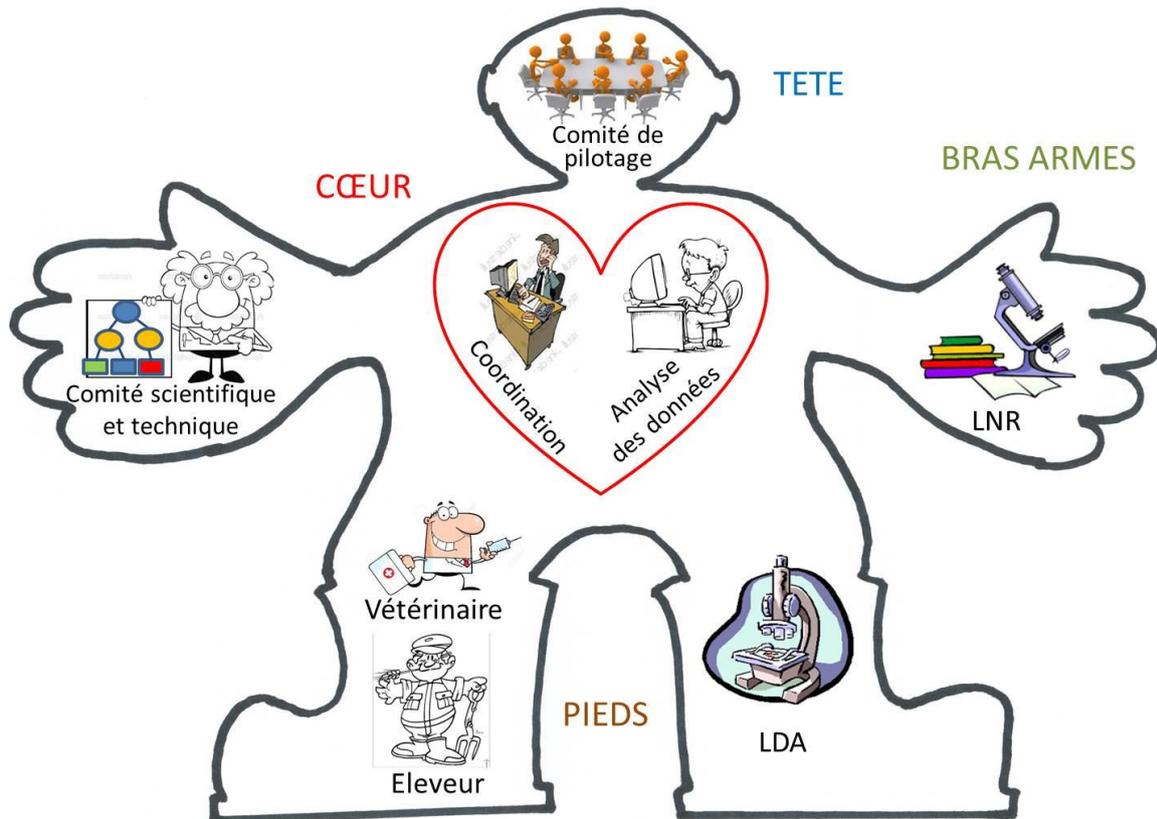
Un système de surveillance est généralement doté d'une instance d'appui scientifique et technique, souvent dénommée *comité scientifique et technique* (CST), regroupant les personnes compétentes pour concevoir, élaborer et adapter le cas échéant les protocoles de surveillance à mettre en place pour répondre aux objectifs fixés. Le CST propose toute modification permettant d'améliorer les outils (fiches de collecte des données, systèmes de déclaration, définitions de cas, *etc.*) et les résultats de la surveillance (tels que les indicateurs sanitaires et de fonctionnement, les supports de formation et d'information ou les méthodes d'analyse de données). Il apporte ainsi un appui scientifique et technique à l'unité centrale (Dufour et Hendriks, 2011). Pour les dispositifs de petite taille, ce comité peut se confondre avec l'unité centrale si celle-ci comporte l'expertise nécessaire (Hendriks *et al.*, 2011a).

### **1.5.6 Echelon intermédiaire**

Pour les systèmes de surveillance de grande taille, des unités intermédiaires sont parfois nécessaires. L'unité centrale peut alors leur confier un rôle de coordination des activités de terrain sur une zone géographique donnée. Par ailleurs, elles sont habituellement chargées de valider et éventuellement corriger les données recueillies par les collecteurs de données et de les transmettre à l'unité centrale (Hendriks *et al.*, 2011a).

L'architecture globale d'un dispositif de surveillance peut être représentée de diverses manières. Nous proposons ici la forme d'un « bonhomme » dont les pieds seraient les acteurs de terrain au sens large (éleveurs, vétérinaires et LDA), tandis que l'unité centrale en constituerait le cœur et l'instance de pilotage la « tête » pensante et décisionnaire (figure 2). Le LNR et le CST, de par leurs rôles d'expertise scientifique et technique, peuvent dans ce cadre être considérés comme les « bras armés » du dispositif.

**Figure 2.** Représentation schématique d'un dispositif de surveillance sous la forme d'un « bonhomme de la surveillance ».



## 2. Surveillance épidémiologique de trois maladies infectieuses équine en France

Des systèmes de surveillance épidémiologique ont été mis en place vis-à-vis de diverses maladies infectieuses animales à travers le monde, en tenant compte des situations sanitaires locales et des impacts économiques et sanitaires pour l'Homme et l'animal. En France, des maladies de plusieurs espèces domestiques et sauvages font l'objet d'une surveillance. C'est notamment le cas de la filière équine, qui a la particularité de posséder des systèmes assurant une grande variété de types de surveillance (événementielle, programmée, ciblée, globale, syndromique, etc.). Trois de ces systèmes font l'objet du présent travail, ceux de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et

de la métrite contagieuse équine. Ces trois systèmes ont été étudiés car ils sont composés de plusieurs dispositifs, en grande partie communs, mais relativement peu reliés entre eux. A première vue, une meilleure interconnexion entre ces dispositifs voire entre ces systèmes permettrait d'améliorer l'efficacité de la surveillance des trois maladies précitées. Celles-ci ont en commun une importance historique, le fait d'être règlementées et présentes en France, et leur contrôle présente un intérêt collectif pour la filière.

Dans cette partie sont tout d'abord présentées les trois maladies étudiées, leurs caractéristiques épidémiologiques et leur situation sanitaire qui justifient leur surveillance. Dans un second temps, nous abordons la diversité et la complexité de la filière équine ; la compréhension des spécificités de cette filière permet en effet d'appréhender la multiplicité des activités de surveillance existantes. Nous poursuivons cette partie par une présentation des trois systèmes de surveillance, d'abord de manière individualisée, puis synthétique, pour les trois systèmes.

## **2.1 Caractéristiques épidémiologiques de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine et situation sanitaire en France**

### **2.1.1 Anémie infectieuse des équidés**

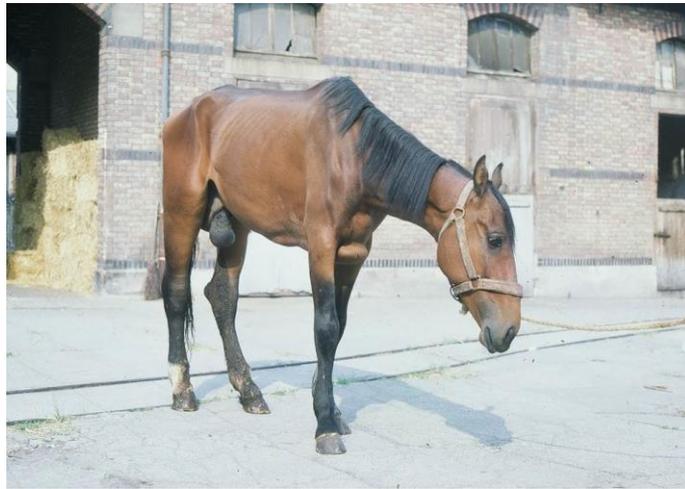
#### **2.1.1.1 Caractéristiques cliniques et épidémiologiques et importance**

L'agent étiologique de l'anémie infectieuse des équidés (AIE) est le virus de l'anémie infectieuse des équidés. C'est un virus enveloppé à ARN simple brin, appartenant à la famille des *Retroviridae* et au genre *Lentivirus* et essentiellement transmis par des vecteurs mécaniques (voir *infra*) (Cook *et al.*, 2013). La première description de la maladie a été réalisée au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle en France, en Haute-Marne (Lignée, 1843), et l'origine infectieuse de la maladie n'a été démontrée qu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle (Vallée et Carré, 1904).

Dans les conditions naturelles, seuls les équidés sont réceptifs : chevaux, ânes, mulets, bardots. L'AIE est une maladie persistante, souvent latente mais caractérisée chez certains individus, après une phase aiguë, par la récurrence d'épisodes fébriles (stade chronique) associant une virémie, des œdèmes, de l'amaigrissement, de l'anémie et une thrombocytopénie (figure 3). La période d'incubation est comprise entre cinq jours et trois mois, avec une moyenne de 10 à 15 jours. La maladie, parfois mortelle, évolue fréquemment vers un stade asymptomatique mais les équidés

demeurent infectés à vie. Il n'existe pas de traitement ni de vaccin efficace (Harrold *et al.*, 2000; Toma et Pearson, 2010).

**Figure 3.** Cheval infecté par le virus de l'anémie infectieuse des équidés (source : Unité Pédagogique Maladies Contagieuses, ENVA).



L'AIE sévit de manière enzootique et sa diffusion est généralement modérée. Les sources de virus sont les équidés malades, qui représentent le danger maximal de transmission, et les porteurs asymptomatiques qui jouent le rôle de réservoir. La virémie débute deux à sept jours avant l'apparition des signes cliniques. Pendant les crises, la virémie est maximale et le virus peut être isolé à partir des organes, des sécrétions et des excréments. Chez les porteurs latents, la virémie est généralement très faible (Issel *et al.*, 1982; Toma et Pearson, 2010).

La transmission est essentiellement indirecte, par transfert de sang contaminé *via* des vecteurs mécaniques tels que des arthropodes piqueurs appartenant notamment à la famille des tabanidés ou des instruments d'injection (Issel *et al.*, 1988). La diffusion de la maladie est donc facilitée dans les zones où les tabanidés sont nombreux et dans les élevages où sont pratiquées des injections nombreuses sans respect des bonnes pratiques d'hygiène. Le virus ne se multipliant pas chez l'arthropode, l'AIE n'est pas une maladie vectorielle au sens strict (Hawkins *et al.*, 1976; Issel et Foil, 2015). Le virus peut résister quelques jours sur des aiguilles contaminées, mais pas plus de quatre heures sur les pièces buccales d'un tabanidé. Pour que la transmission se produise, il faut donc que l'insecte débute un repas sanguin sur un animal infecté, qu'il soit interrompu et qu'il reprenne son repas sur un cheval sain situé à proximité, c'est-à-dire à moins de 200 mètres (Issel et Foil, 2015). La transmission directe verticale est possible, l'infection du poulain *in utero* se produisant pour environ 10 % des juments pleines infectées de façon latente. Les autres modes de transmission, par le coït, le lait ou l'alimentation, demeurent exceptionnels (Kemen et Coggins, 1972; Toma et Pearson, 2010). Au bilan, compte tenu de sa transmission essentiellement indirecte et de la fréquence des infections inapparentes avec faible virémie, l'AIE se manifeste généralement de façon sporadique dans les

cheptels atteints. La diffusion du virus est relativement lente mais difficile à contrôler du fait de l'implication d'insectes piqueurs jouant le rôle de vecteurs mécaniques.

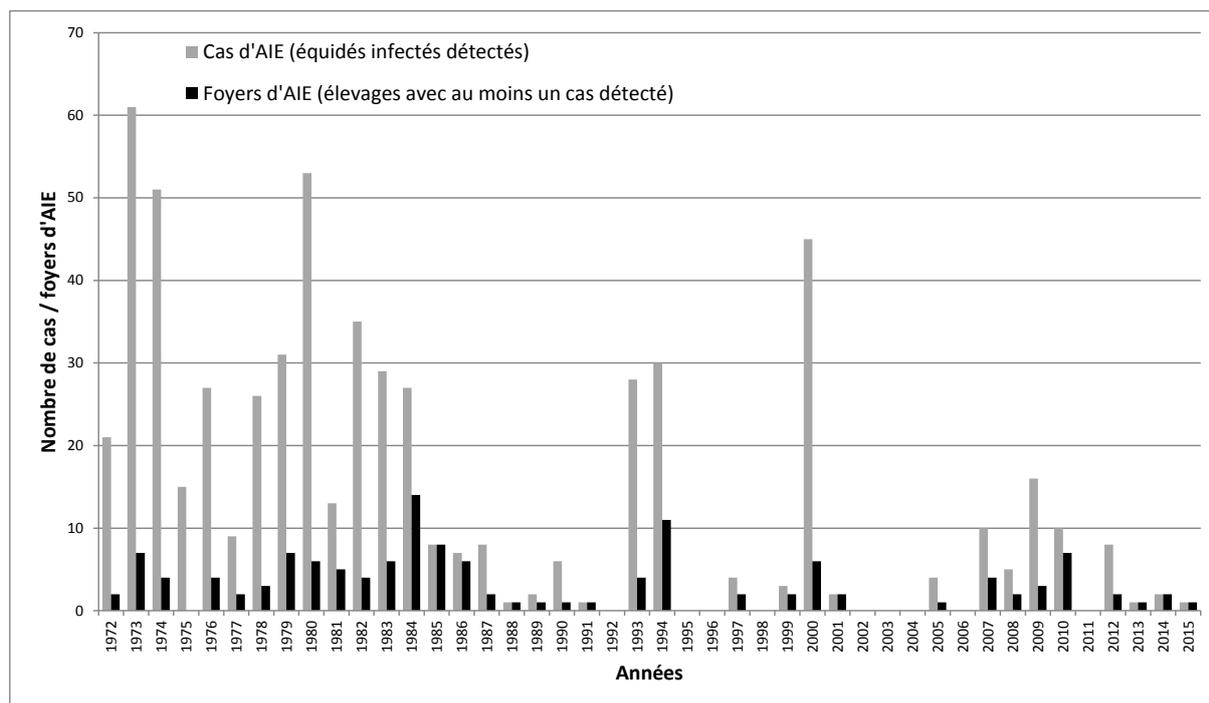
Le dépistage et le diagnostic de certitude reposent sur la réalisation d'un examen de laboratoire, le test d'immunodiffusion en gélose appelé test de Coggins (Coggins et Norcross, 1970). Ce test, réalisé sur prélèvement de sang, met en évidence les anticorps fabriqués par l'équidé qui apparaissent généralement dans les 14 à 28 jours post-infection et persistent à vie (Cook *et al.*, 2013).

L'importance de l'AIE est surtout économique, en particulier du fait de ses conséquences indirectes parfois lourdes. Règlementée depuis 1936 (Anonyme, 1936), y compris sous sa forme latente depuis 1992 (Anonyme, 1992a), l'AIE est un danger sanitaire de première catégorie depuis 2012 (Anonyme, 2012a, 2013). Lorsqu'un cas est confirmé, un arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI) est systématiquement pris, imposant l'euthanasie des équidés infectés. Cette mesure est justifiée par la persistance de l'infection et par l'impossibilité de traiter les animaux, qui présentent donc un risque d'infection à vie pour les autres équidés. L'APDI implique également des interdictions de mouvements et de rassemblements qui peuvent s'avérer coûteuses, comme ce fût le cas à l'hippodrome de Cagnes-sur-Mer en 2009 (Hans *et al.*, 2012). Par ailleurs, l'apparition de foyers peut entraîner des restrictions d'exportations d'équidés vers certains pays. L'AIE est également un vice rédhibitoire, susceptible d'entraîner la nullité de la vente dans un délai de 30 jours (article R213-1 du Code rural et de la pêche maritime).

### **2.1.1.2 Situation sanitaire**

L'AIE, d'abord identifiée en France, est aujourd'hui présente dans la plupart des pays à travers le monde (Borges *et al.*, 2013; Dos Santos *et al.*, 2016; Hans *et al.*, 2012; Hayama *et al.*, 2012; Hernández Cruz *et al.*, 2014; Kaiser *et al.*, 2009; Malik *et al.*, 2013; Toma et Pearson, 2010). En France, la prévalence apparente de la maladie a fortement chuté entre les années 1980 et 2000. Elle est restée relativement faible ensuite, puisque le nombre de cas (équidés infectés, présentant ou non des symptômes) détectés a varié entre zéro et seize par an et le nombre de foyers (élevages détenant au moins un cas détecté) entre zéro et sept par an au cours des quinze dernières années (figure 4) (Truffert, 2011).

**Figure 4.** Nombre de cas et de foyers d'AIE détectés en France entre 1972 et 2015 (d'après Hans *et al.*, 2012; Hans *et al.* 2014; Hans *et al.*, 2015; Ponçon *et al.*, 2011; Truffert, 2011).



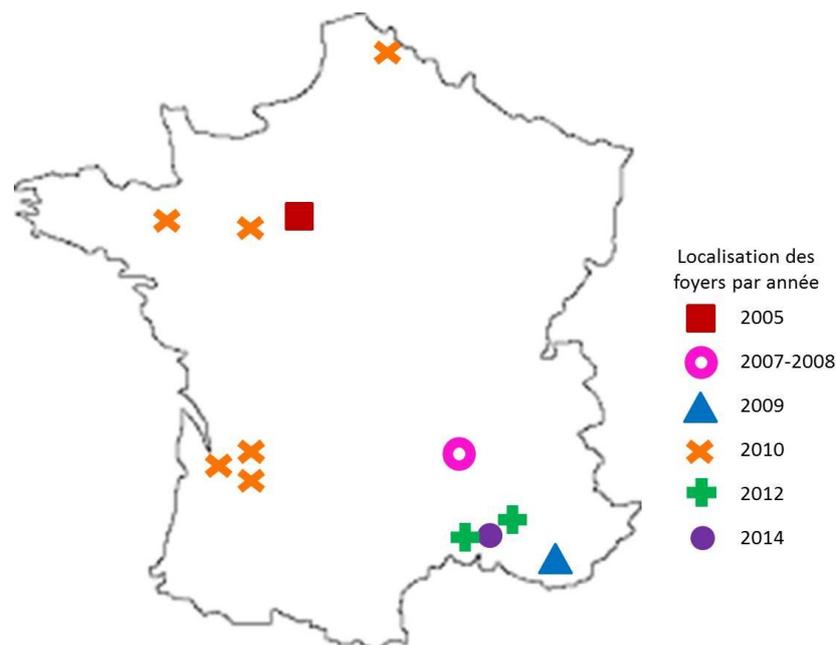
Le niveau réel de la prévalence de l'AIE est cependant mal connu et des cas sont encore régulièrement identifiés depuis 2005 (tableau 1), essentiellement dans le sud-est du pays (figure 5) (Hans *et al.*, 2012; Hans *et al.*, 2014; Hans *et al.*, 2015).

**Tableau 1.** Nombre de cas et de foyers d'AIE détectés et départements français atteints entre 2005 et 2015 (d'après Truffert, 2011 ; Ponçon *et al.*, 2011 ; Hans et Marcé, 2012a ; Hans *et al.* 2014 ; Hans *et al.*, 2015 ; A. Hans, communication personnelle).

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de cas d'AIE (équidés infectés détectés)	4	0	10	5	16	10	0	8	1	2	1
Nombre de foyers d'AIE (élevages avec au moins un cas détecté)	1	0	4	2	3	7	0	2	1	2	1
Départements atteints	Eure-et-Loir	-	Ardèche	Ardèche	Var	Dordogne, Gironde, Lot-et-Garonne, Ille-et-Vilaine, Nord, Sarthe*	-	Vaucluse, Gard	Réunion	Gard	Ardèche

\* Les cas détectés en 2010 dans le Nord (3), la Sarthe (1) et l'Ille-et-Vilaine (1) correspondaient à des chevaux importés de Roumanie en 2008.

**Figure 5.** Localisation des foyers d'AIE en France métropolitaine entre 2005 et 2015 (d'après Truffert, 2011 ; Ponçon *et al.*, 2011 ; Hans *et al.*, 2012 ; Hans *et al.*, 2015).



Une grande partie des cas et foyers mis en évidence depuis 2005 l'ont été à la suite d'une suspicion clinique (2005, 2007, 2009, 2012, 2013). En 2008, deux cas ont été découverts simultanément dans le cadre d'un dépistage en vue d'une mise en pension dans un même élevage. En 2010, cinq cas autochtones ont été identifiés après qu'un cheval ait été testé dans le cadre de contrôles avant exportation, tandis que cinq autres cas ont été recensés grâce à une enquête coordonnée par la Direction générale de l'alimentation à la suite de cas observés fin 2009 au Royaume-Uni et en Belgique chez des équidés importés directement de Roumanie. Enfin, les deux foyers de 2014 ont été détectés suite à la découverte d'un étalon infecté de manière inapparente et dépisté dans le cadre de la monte.

La majorité des 57 cas recensés depuis 2005 ont été découverts par des enquêtes épidémiologiques mises en place suite à la détection d'un premier cas, lui-même identifié après suspicion clinique ou dépistage. La quasi-totalité des équidés infectés étaient des animaux de loisir, contrairement aux années 1980 au cours desquelles le milieu des courses a été plus fortement touché (Truffert, 2011).

## 2.1.2 Artérite virale équine

### 2.1.2.1 Caractéristiques cliniques et épidémiologiques et importance

L'artérite virale équine (AVE) est due à un virus de la famille *Arteriviridae*, ordre *Nidovirales*. C'est un virus enveloppé à ARN simple brin positif, identifié pour la première fois aux Etats-Unis en 1953 après l'apparition d'un foyer dans la ville de Bucyrus dans l'Ohio (Timoney et McCollum, 1993).

L'AVE affecte uniquement les équidés. Le pouvoir pathogène du virus est très variable selon les souches et l'infection est souvent inapparente. L'incubation dure généralement entre trois et quatorze jours. Les formes bénignes se limitent à une atteinte fébrile, un abattement et une baisse d'appétit, rétrocedant en huit jours. En plus de ces symptômes, les formes graves peuvent se traduire par une inflammation du tissu sous-cutané et des muqueuses (conjonctivite et rhinite en particulier), des œdèmes déclives, des troubles respiratoires (œdème pulmonaire aigu), digestifs et nerveux (pertes d'équilibre, paralysies). L'issue est rarement fatale chez les adultes, mais plus fréquemment chez les poulains lors d'atteinte respiratoire et/ou intestinale (Balasuriya *et al.*, 2013; Pronost *et al.*, 2010). Par ailleurs, le virus de l'AVE est une cause d'infertilité passagère chez l'étalon et surtout d'avortements (figure 6). Jusqu'à 70 % des juments gestantes avortent en cas d'infection, parfois sans présenter d'autre symptôme (Timoney et McCollum, 1993). En France, un vaccin à virus inactivé dispose d'une autorisation de mise sur le marché et est utilisé chez les étalons (Artervac®, Zoetis Animal Health®, Kalamazoo, Michigan, USA).

**Figure 6.** Cas d'avortement (avec hydrothorax à droite) dû à une infection par le virus de l'artérite virale équine (Source : Anses, Laboratoire de pathologie équine de Dozulé).



L'AVE se manifeste sous deux formes, le plus fréquemment de manière enzootique (par exemple au sein d'un effectif en atteignant les équidés nouvellement introduits et les jeunes non immunisés) et parfois de façon épizootique comme ce fut le cas en Normandie en 2007 (Pronost *et al.*, 2010). Les sources de virus sont les équidés malades et ceux infectés de manière inapparente. Après infection, le virus peut être retrouvé dans les sécrétions nasales et oculaires, le sperme, le sang, la salive, le placenta et différents tissus des avortons. Il est généralement éliminé après guérison, en quelques jours ou quelques semaines. Toutefois, certains étalons (de 10 % à 70 %) présentent un portage asymptomatique dans l'appareil reproducteur et peuvent excréter le virus dans leur semence durant plusieurs mois voire de nombreuses années (Timoney et McCollum, 1993). Ces étalons excréteurs jouent un rôle épidémiologique majeur ; ils constituent le réservoir de la maladie et présentent un risque de transmission du virus aux juments lors de la monte. Les juments infectées lors de la saillie ou de l'insémination peuvent excréter le virus notamment dans leurs sécrétions nasales et contaminer d'autres équidés (Pronost *et al.*, 2010). Les étalons excréteurs peuvent ainsi entraîner

une dissémination virale et une persistance des foyers s'ils ne sont pas détectés (Balasuriya *et al.*, 2013; Timoney et McCollum, 1993; Timoney *et al.*, 1986).

La transmission est essentiellement horizontale et directe, surtout par les voies aérienne (sécrétions respiratoires) et vénérienne, y compris par la semence fraîche, réfrigérée et même congelée dans laquelle le virus peut persister (Balasuriya *et al.*, 1998; Miszczak *et al.*, 2012; Timoney *et al.*, 1987). Celui-ci peut également être transmis par voie transplacentaire et provoquer un avortement, une mortinatalité ou une infection congénitale du poulain (Vaala *et al.*, 1992). La transmission indirecte est plus rare mais possible *via* l'eau, le fourrage, le matériel souillé ou le personnel (Balasuriya *et al.*, 1999; Timoney et McCollum, 1993).

Le test le plus fréquemment utilisé pour le dépistage et le diagnostic de l'AVE est le test de neutralisation virale (VNT pour *viral neutralization test* en anglais). Il détecte indifféremment les anticorps neutralisants produits par l'équidé après infection ou après vaccination. Ces anticorps sont détectables à la fin de la virémie, une à deux semaines post-infection, et persistent des années (Balasuriya et MacLachlan, 2004). Chez les étalons, deux types de tests virologiques sont également réalisés sur sperme, prélèvement sanguin ou écouvillon naso-pharyngé, à savoir l'isolement viral après culture cellulaire et le test d'amplification en chaîne par polymérase après transcription inverse (ou RT-PCR pour *reverse transcriptase-polymerase chain reaction* en anglais) (Balasuriya *et al.*, 2002; Hans et Marcé, 2012b; OIE, 2013).

L'AVE est une maladie importante d'un point de vue économique du fait de ses conséquences cliniques (avortements, morbidité, mortalité) notamment en cas d'épizootie, de son potentiel de diffusion (par voies respiratoire et vénérienne) et de ses impacts négatifs sur les échanges d'équidés et de semence. Elle est devenue maladie à déclaration obligatoire (MDO) en France en 2006 (Anonyme, 2006) puis danger sanitaire de deuxième catégorie en 2012 (Anonyme, 2012a, 2013).

### **2.1.2.2 Situation sanitaire**

L'AVE est présente sur tous les continents. La séroprévalence est très variable selon les pays et selon les races considérées (Braga *et al.*, 2012; Chabchoub *et al.*, 2002; Laabassi *et al.*, 2014; Newton *et al.*, 1999). Aux Etats-Unis, elle est par exemple inférieure à 1 % chez les Quarter Horse mais de l'ordre de 24 % chez les trotteurs américains (*Standardbred*) (NAHMS, 2000). Pour les Pur-Sang, la séroprévalence a été estimée à 0,3 % au Royaume-Uni, 1,3 % dans la région de São Paulo au Brésil et 4,5 % aux Etats-Unis (Braga *et al.*, 2012; NAHMS, 2000; Newton *et al.*, 1999). Les variations entre races s'expliquent plus probablement par la diversité des pratiques d'élevage que par des variations

de sensibilité au virus selon les races (Dwyer *et al.*, 1993; Zientara *et al.*, 1998).

L'infection est souvent inapparente en Europe. Ce fut le cas en France jusqu'en 2007, année durant laquelle sont apparus des foyers cliniques en Normandie, marqués par la mortalité de poulains et d'un adulte. Une trentaine de foyers ont été recensés dans les cinq départements normands durant cette épizootie, impliquant essentiellement des chevaux de selle et des percherons (Pronost *et al.*, 2010). Le virus circule toujours en France, mais les isolats retrouvés ne semblent pas aussi pathogènes que la souche identifiée en 2007. Depuis cette date, un petit nombre d'étalons excréteurs est identifié chaque année (entre cinq et dix généralement) ainsi que quelques dizaines de séroconversions, essentiellement chez des juments mises à la reproduction (A. Hans et B. Ferry, communications personnelles, Amat *et al.*, 2016, Hans et Marcé, 2012b). La plupart des cas sont détectés dans le cadre de la monte. Si la circulation virale semble actuellement limitée en France, seule une partie de la population équine est effectivement surveillée et l'incidence réelle demeure incertaine. Par ailleurs, le nombre de cas détectés est inconnu, en particulier pour les séroconversions. Le nombre total d'analyses réalisées par le réseau français de LDA est disponible pour certaines années (tableau 2). Toutefois, certains équidés sont testés plusieurs fois au cours d'une même année et les nombres d'équidés testés et d'équidés positifs ne sont pas connus car non transmis par chaque LDA au LNR et non publiés. Pour ces raisons, et compte tenu des diverses causes possibles de séropositivité (infection récente ou ancienne, vaccination), il est difficile d'estimer une incidence et même une séoprévalence pour la population équine française.

**Tableau 2.** Nombre d'analyses sérologiques et virologiques d'AVE réalisées par le réseau français de laboratoires d'analyses agréés et nombre et proportion de résultats positifs de 2008 à 2011 (d'après Hans et Marcé, 2012b; Hans *et al.*, 2011).

Année	Analyses sérologiques AVE			Analyses virologiques AVE		
	Nombre total d'analyses	Nombre de résultats positifs	Proportion de résultats positifs (%)	Nombre total d'analyses	Nombre de résultats positifs	Proportion de résultats positifs (%)
2008	28 933	2 784	9,6	1 554	69	4,4
2009	14 560	1 540	10,6	1 316	5	0,4
2010	24 798	2 734	11,0	1 223	18	1,5
2011	21 490	2 572	12,0	587	13	2,2
<b>Total</b>	<b>89 781</b>	<b>9 630</b>	<b>10,7</b>	<b>4 680</b>	<b>105</b>	<b>2,2</b>

## 2.1.3 Métrite contagieuse équine

### 2.1.3.1 Caractéristiques cliniques et épidémiologiques et importance

La métrite contagieuse équine (MCE) est une maladie bactérienne à transmission vénérienne causée par le coccobacille Gram négatif *Taylorella equigenitalis*, anciennement dénommé *Haemophilus equigenitalis* (Taylor *et al.*, 1978; Timoney, 2011a). La maladie a été décrite pour la première fois en Grande-Bretagne en 1977 (Platt *et al.*, 1977).

L'incubation dure entre deux et sept jours après la saillie infectante. Tous les équidés sont réceptifs, mais seules certaines femelles (30 à 40 % d'entre elles) présentent des signes cliniques après infection, tandis que l'infection est toujours inapparente chez les étalons. Chez les juments, *T. equigenitalis* peut provoquer une métrite et une vaginite, accompagnées d'un écoulement vaginal mucopurulent plus ou moins abondant (figure 7), qui rétrocedent généralement en une quinzaine de jours (Metcalf, 2011; Powell, 1981). Le cycle sexuel est raccourci, les chaleurs réapparaissant habituellement entre trois et douze jours après l'infection. L'infection peut également se manifester par une baisse de la fertilité chez les juments (Timoney et Powell, 1988). *T. equigenitalis* est généralement sensible aux antibiotiques usuels mais certaines juments nécessitent plusieurs traitements antiseptiques et antibiotiques successifs (Kristula, 2013; Timoney, 2011a). Des anticorps peuvent être détectés dès le septième jour post-infection chez la jument et disparaissent en six à dix semaines. Aucune production d'anticorps n'a été décelée jusqu'à présent chez les étalons (Timoney, 1996). Faute d'acquisition durable d'immunité, il n'existe pas de vaccin disponible à ce jour (Timoney, 2011a). Un équidé peut ainsi être infecté plusieurs fois au cours de sa vie (Timoney *et al.*, 1978).

**Figure 7.** Ecoulement vaginal chez une jument infectée par *Taylorella equigenitalis* (source : Pascale Chavatte-Palmer).



La MCE est une maladie très contagieuse par voie vénérienne. *T. equigenitalis* est retrouvée dans les sécrétions et exsudats génitaux. La transmission a majoritairement lieu au cours de la saillie naturelle ou d'inséminations artificielles *via* la semence. Toutefois, une transmission indirecte par le personnel

ou par le matériel lors des soins d'entretien, des examens gynécologiques ou des inséminations est également possible, bien que la bactérie soit peu résistante dans le milieu extérieur (Metcalf, 2011; Schulman *et al.*, 2013; Timoney, 2011a).

La maladie sévit de manière enzootique, avec une dissémination progressive d'un haras à l'autre par les étalons et juments contaminés dans le cadre de la monte. Des flambées de cas chez les juments saillies par un étalon infecté sont également observées (Erdman *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 1978). Les sources de la bactérie sont les juments malades ainsi que les juments et étalons porteurs inapparents. Certains équidés, mâles et femelles, peuvent en effet présenter un portage génital de *T. equigenitalis* durant plusieurs années ; ils sont le réservoir de la bactérie et jouent ainsi un rôle épidémiologique majeur (Powell, 1981; Timoney, 2000, 2011a). Historiquement, l'introduction d'un équidé porteur asymptomatique au sein de populations naïves a été plusieurs fois responsable de diffusions importantes et d'impacts économiques significatifs sur la filière équine, notamment aux Etats-Unis (Erdman *et al.*, 2011; Holden, 1978; Luddy et Kutzler, 2010; Powell, 1981). En France, les troubles de la reproduction et les conséquences économiques de la MCE étaient particulièrement importants dans les années 1980 et 1990 (Petry et Marcé, 2012; Plateau, 1987), ce qui a justifié son inscription sur la liste des maladies à déclaration obligatoire en 1981 puis sur celle des maladies réputées contagieuses en 1992 (Anonyme, 1981, 1992b). L'importance de la MCE est liée à sa contagiosité et à ses répercussions économiques directes (baisse du taux de fécondité, perte de la saillie) et indirectes (Erdman *et al.*, 2011; Timoney, 2011b). En France, les conséquences indirectes comportent les coûts des mesures de prophylaxie après découverte d'un cas, incluant le retrait des équidés infectés de la reproduction, les examens et les traitements. Comme pour l'AIE et l'AVE, il faut ajouter les coûts de la surveillance, notamment des contrôles effectués dans le cadre des échanges et de la monte, et ceux des éventuelles investigations (Petry et Marcé, 2012). Maladie réputée contagieuse (MRC) entre 1992 et 2006 lorsque sa prévalence apparente (figure 8) et ses conséquences en élevage étaient relativement importantes, elle est redevenue maladie à déclaration obligatoire (MDO) en 2006 après une nette amélioration de la situation sanitaire, puis danger sanitaire de deuxième catégorie en 2012 (Anonyme, 1992b, 2006, 2012a, 2013). Depuis 2006, la déclaration ne donne plus lieu à l'application obligatoire de mesures de police sanitaire, à l'exception des mesures exigées par certains stud-books dans le cadre de la monte (Anonyme, 2014a).

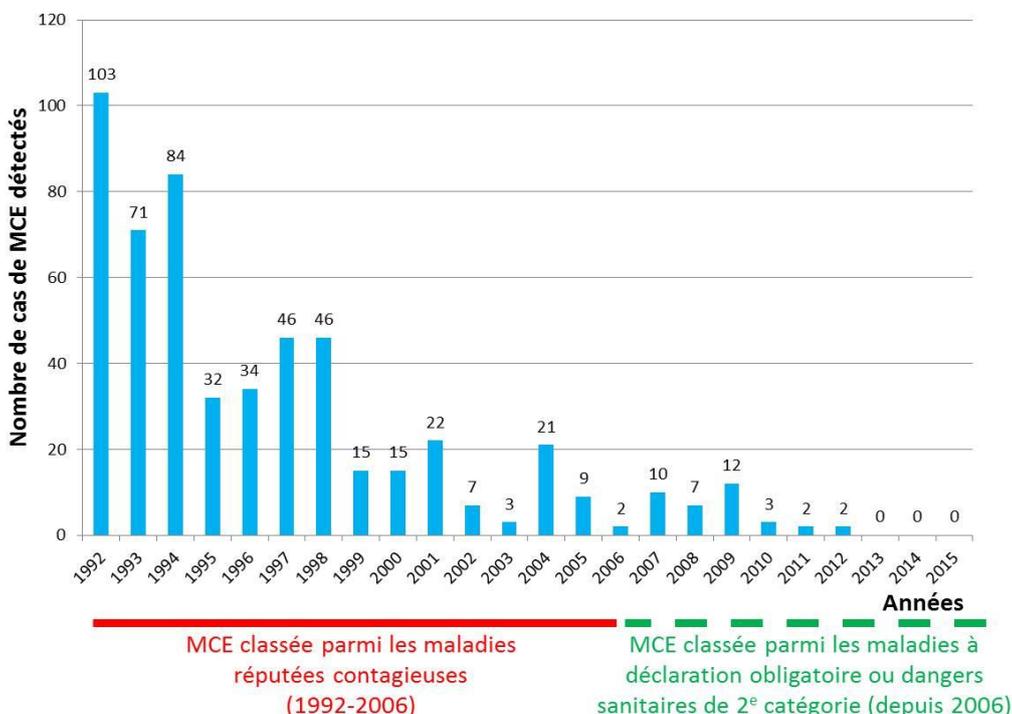
Une espèce proche de *T. equigenitalis*, dénommée *T. asinigenitalis*, a été identifiée en 2001 (Jang *et al.*, 2001). Jusqu'en 2004, les deux espèces n'étaient pas facilement distinguables en routine par les examens de laboratoire en France et les cas officiels de MCE correspondaient donc à des infections par l'une ou l'autre de ces bactéries. Depuis 2005, l'identification d'espèce est systématiquement réalisée en France et seuls les cas d'infection par *T. equigenitalis* sont considérés comme des cas de

MCE. Le diagnostic et le dépistage reposent sur l'isolement par culture et l'identification de *T. equigenitalis* à partir de prélèvements génitaux (Afnor, 2004; OIE, 2012). Des techniques de diagnostic rapide (immunofluorescence, PCR) existent également (Bleumink-Pluym *et al.*, 1994; Breuil *et al.*, 2010; Wakeley *et al.*, 2006), mais nécessitent une confirmation par isolement (Petry et Marcé, 2012).

### 2.1.3.2 Situation sanitaire

La MCE est aujourd'hui présente sur tous les continents mais elle sévit en particulier en Europe et en Amérique du Nord (Aurich *et al.*, 2003; Jeoung *et al.*, 2016; Luddy et Kutzler, 2010; May *et al.*, 2015; Ricketts *et al.*, 2012; Stritof *et al.*, 2016; Zdovc *et al.*, 2005). En France, le nombre de cas a fortement chuté lorsque la MCE était classée parmi les maladies réputées contagieuses, de 1992 à 2006 (figure 8) (Petry et Marcé, 2012). Toutefois, jusqu'en 2005, certains cas officiels de MCE correspondaient peut-être à des cas d'infection par *T. asinigenitalis*, la distinction entre les deux agents n'étant pas possible ou pas systématiquement réalisée avant cette date. La prévalence apparente de la MCE est demeurée faible depuis 2006 et aucun cas n'a été détecté en France depuis février 2012 (à la date du 1<sup>er</sup> août 2016) (Breuil *et al.*, 2015; Petry et Marcé, 2012; S. Petry, communication personnelle).

**Figure 8.** Nombre de cas de MCE détectés chaque année en France entre 1992 et 2015 (d'après Petry, 2012 ; Petry et Marcé, 2012 ; S. Petry, communication personnelle).



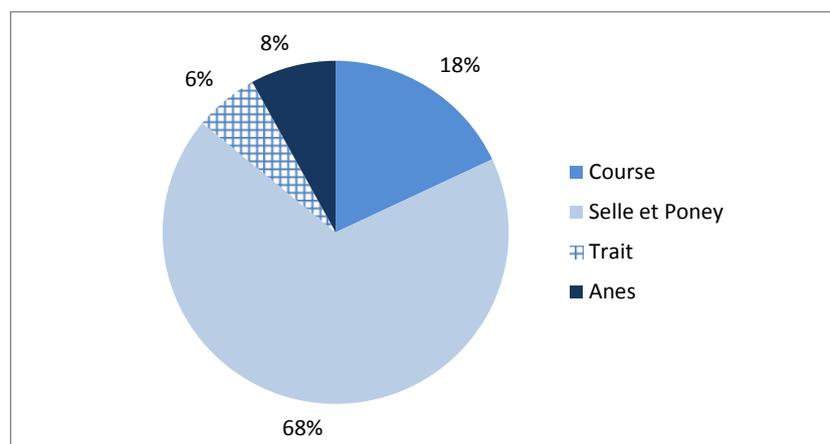
## 2.2 Particularités et hétérogénéité de la filière équine

Avant d'étudier les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE, nous présentons dans cette section certaines informations relatives à la filière équine et à ses spécificités. Ces éléments permettront de mieux comprendre l'organisation des systèmes de surveillance, leurs atouts et leurs limites.

### 2.2.1 Composition et localisation de la population équine française

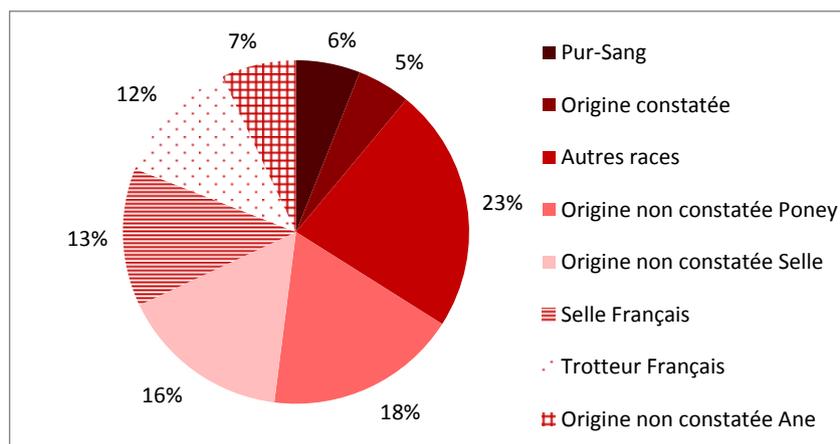
Le cheptel équin français était estimé à 1 106 000 équidés fin 2014 (IFCE, 2015b). La France, avec la Grande-Bretagne et l'Allemagne, qui possèdent des effectifs de taille similaire, sont les trois pays européens détenant le plus d'équidés (Liljenstolpe, 2009). En France, les deux tiers sont des chevaux de selle et des poneys, illustrant la prédominance des activités de sport et de loisir (figure 9). Les chevaux de course constituent environ 18 % de la population, tandis que les chevaux de trait et les ânes en représentent respectivement 8 % et 6 %.

**Figure 9.** Répartition des équidés par groupes de races en France en 2014 (d'après Annuaire Ecus 2015, Institut français du cheval et de l'équitation [IFCE] - Observatoire économique et social du cheval [OESC], d'après Système d'information relatif aux équidés [Sire]).



Une majorité d'équidés est enregistrée dans un stud-book. Les races de course Pur-Sang et Trotteur français sont les plus nombreuses avec la race Selle français (figure 10). En termes d'effectifs, elles sont suivies par les races Arabe, Comtois et Breton, qui comptaient plus de mille naissances chacune en 2015 (IFCE, 2016f). Un tiers du cheptel national correspond toutefois à des équidés aux origines non constatées de type cheval de selle (16 %) ou poney (18 %). Plus de 80 % des ânes sont également d'origine non constatée.

**Figure 10.** Répartition des équidés français par groupe de races en 2014 (d'après Annuaire Ecus 2015, IFCE-OESC, d'après Sire).

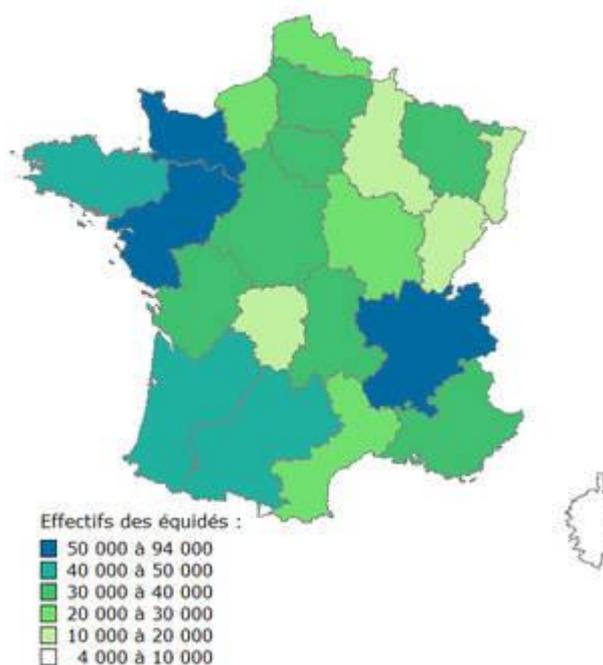


Tout équidé détenu en France doit obligatoirement être identifié depuis 2001 (Anonyme, 2001) et équipé d'un transpondeur ou « puce » électronique depuis 2008 (Anonyme, 2004, 2008, 2015a). Pour les poulains nés sur le territoire national, l'identification doit avoir lieu avant le sevrage et au plus tard le 31 décembre de leur année de naissance. Les équidés importés en France doivent être enregistrés dans les deux mois suivant l'introduction. La gestion de l'identification est assurée par l'Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE), plus précisément par le service du Système d'information relatif aux équidés (Sire) et les données sont enregistrées dans la base de données éponyme (article R653-41 et suivants du Code rural et de la pêche maritime). Les équidés disposent d'un document d'identification (aussi appelé passeport ou livret) et de plusieurs identifiants uniques, à savoir un numéro national dit « numéro Sire », un identifiant unique européen (UELN pour *Universal Equine Life Number* en anglais) et un code de transpondeur électronique. On estime toutefois qu'au moins 50 000 équidés ne sont pas identifiés en France (Vardon et Perez, 2014). Par ailleurs, bien que l'immense majorité des naissances soit probablement déclarée à l'IFCE, les sorties définitives du territoire national et les morts ne sont pas toutes recensées. L'identité des équidés abattus est systématiquement communiquée au Sire, au contraire de ceux équarris. Or, ces derniers sont au moins deux fois plus nombreux que les équidés abattus : entre 2007 et 2014, de l'ordre de 33 000 animaux ont été équarris chaque année contre environ 17 000 abattages annuels (alors qu'une partie des équidés abattus en France vient directement de l'étranger) (IFCE, 2015b; Vardon et Perez, 2014). En outre, certains cadavres sont enfouis illégalement. Pour ces différentes raisons, et malgré la bonne tenue du fichier central équin, la taille de la population équine n'est pas parfaitement connue et elle ne peut être qu'estimée.

Si les équidés sont très majoritairement correctement identifiés à présent, leur répartition géographique n'est que partiellement connue et leur localisation individuelle ne l'est quasiment pas, à la différence d'autres filières, bovine notamment. La répartition géographique est très hétérogène. Elle n'est pas connue pour les équidés détenus chez les particuliers, mais seulement pour ceux

présents dans des structures agricoles, c'est-à-dire les élevages, les écuries de course et les établissements équestres essentiellement. Les structures agricoles représentent environ 70 % du cheptel national (IFCE, 2016b). Les effectifs les plus importants sont trouvés dans les régions Basse-Normandie, Pays-de-la-Loire et Rhône-Alpes, suivis par la Bretagne et le quart sud-ouest du pays (figure 11).

**Figure 11.** Répartition géographique des équidés détenus dans des structures agricoles en France en 2011 par région administrative (source : IFCE-OESC, OER 2012).



OER : Observatoires économiques régionaux

Tout changement de propriétaire doit théoriquement être déclaré au Sire qui met ainsi à jour la carte d'immatriculation, document attestant la propriété de l'équidé. Par ailleurs, la déclaration des détenteurs d'équidés a été rendue obligatoire en 2010 (Anonyme, 2010b). Le détenteur n'est pas nécessairement le propriétaire. Est considéré comme détenteur toute « *personne physique ou morale responsable d'un ou de plusieurs équidés, propriétaire ou non, à titre permanent ou temporaire* », y compris lors d'un marché, d'une exposition, d'une compétition, d'une course ou d'un évènement culturel, excepté les cliniques vétérinaires et les transporteurs (IFCE, 2016d). Sur les 170 000 détenteurs estimés en France, seulement 55 000 s'étaient enregistrés en 2014 (Vardon et Perez, 2014). Un détenteur doit déclarer à l'IFCE tous ses lieux de détention mais sans obligation de préciser la période de détention, le nombre ni les identifiants des équidés effectivement détenus. La localisation des équidés n'est ainsi pas enregistrée, à quelques exceptions près telles que certains reproducteurs et les chevaux de course à l'entraînement (SECF, 2016a). Le détenteur doit en revanche tenir un registre d'élevages comportant la liste des équidés présents ainsi que le suivi chronologique de leurs mouvements, des soins apportés et des interventions vétérinaires. Faute d'enregistrement systématique, centralisé et actualisé de la localisation des équidés, les registres

d'élevage peuvent, lorsqu'ils existent et sont correctement renseignés, aider à localiser ponctuellement les chevaux présents dans une zone déterminée, par exemple lors des enquêtes épidémiologiques mises en place en cas de foyer d'une maladie réglementée (IFCE, 2016d). Depuis 2015, des contrôles sur les obligations des détenteurs sont mis en place à l'initiative du ministère en charge de l'agriculture, possiblement assorties d'amendes pouvant atteindre 450 à 1 500 € en cas d'infraction (IFCE, 2016d). Ces mesures contribueront probablement à améliorer la proportion de détenteurs déclarés et la connaissance de la localisation des équidés.

### **2.2.2 Diversité de la filière équine**

La filière équine comporte des activités très diversifiées, pouvant être regroupées en trois secteurs distincts, les courses hippiques, le secteur sport-loisir-travail et la production bouchère. Les acteurs du niveau « production » sont globalement les mêmes pour ces trois secteurs (éleveurs, étalonniers) mais ils diffèrent pour l'utilisation et la valorisation (dont entraîneurs pour les courses ; cavaliers et centres équestres pour sport-loisir ; abattoirs, bouchers et distributeurs pour la viande). Chaque secteur possède sa propre organisation mais des liens économiques et des flux d'équidés existent entre eux, notamment pour l'élevage, la réforme et les fournisseurs de biens et services.

D'après une estimation réalisée en 2009 par les Haras nationaux (devenus IFCE en 2010) et la Fédération nationale des conseils des chevaux de France, la filière équine française compte plus de 53 000 entreprises. Environ 13 % sont des structures équestres et les deux tiers sont des élevages, dont 80 % comprennent seulement une ou deux juments mises à la reproduction. Les autres sociétés sont des écuries de course, des organisateurs de manifestations et des entreprises connexes, tels que les vétérinaires, les équipementiers, les maréchaux-ferrants et les métiers de l'alimentation du cheval (Haras Nationaux, 2009a; Lebrun, 2010). Au total, la filière représente environ 75 000 emplois en équivalent temps plein (ETP), dont 60 % d'emplois directs (Heydemann *et al.*, 2011; Lebrun, 2010). Le chiffre d'affaires brut dépassait 11,2 milliards d'euros en 2014 et atteignait 14 milliards en comptabilisant les activités des entreprises connexes (IFCE, 2015b). Toutefois, le poids économique varie beaucoup d'un secteur à l'autre, ce qui impacte le niveau d'intérêt pour les questions sanitaires ; cet intérêt est par exemple plus marqué dans le secteur des courses.

#### **2.2.2.1 Courses hippiques**

Historiquement, la filière course est très organisée, autour de deux sociétés mères dénommées France Galop pour les courses de plat et d'obstacles et la Société d'encouragement à l'élevage du Cheval Français (SECF désormais appelée « le Trot ») pour les courses de trot. France Galop a été créée en 1995, à la suite de la fusion de sociétés créées en 1833 et 1887, tandis que la SECF est la

descendante de la Société du Demi-Sang fondée en 1864. Ces deux organismes ont des missions juridictionnelles, disciplinaires et financières au niveau national. Avec les fédérations régionales chargées d'organiser les courses en région, ils sont représentés au sein de la Fédération nationale des courses hippiques françaises (FNCH). La FNCH définit les orientations politiques communes, coordonne l'action de ses membres et assure un rôle de représentation auprès des autorités publiques. Le secteur des courses est ainsi très structuré, aussi bien au niveau national que régional (FNCH, 2016; France Galop, 2007; SECF, 2016b).

Environ 18 000 courses sont organisées chaque année en France dans le cadre de 2 300 réunions (pour 30 000 chevaux de course en activité), plaçant le pays au troisième rang mondial après les Etats-Unis et l'Australie. Les enjeux enregistrés approchaient les 9,5 milliards d'euros en 2014, dont 97 % étaient engagés *via* le Pari mutuel urbain (PMU), 2 % par d'autres opérateurs (paris en ligne) et 1 % dans les hippodromes. En comptant les autres types de recettes (dont les ventes et les pensions), le secteur a généré 10,5 milliards d'euros en 2014, soit 93 % du chiffre d'affaires brut de la filière, alors qu'il représente moins d'un cinquième de la population totale (IFCE, 2015b).

#### **2.2.2.2 Sport, loisir et travail**

Les activités de sport, de loisir et de travail ont tendance à se développer et à se structurer depuis quelques années, autour de plusieurs organismes. Depuis 2011, la Société hippique française (SHF) est devenue société mère du cheval et du poney de sport. Elle fédère trois composantes liées à l'élevage, à savoir la production, la valorisation/transformation et la commercialisation. Au sein de son conseil d'administration sont ainsi représentés les associations nationales de races (dont Selle Français, Arabe, Anglo-Arabe, races de poneys), les associations régionales d'éleveurs, la chambre syndicale du commerce des chevaux de France (CSCCF) ainsi que différents professionnels (éleveurs, propriétaires, cavaliers, meneurs, juges techniciens, etc.) (SHF, 2016).

Parallèlement, la Fédération française d'équitation (FFE) assure le développement des activités sportives ainsi que l'organisation de la formation et des compétitions, avec plus de 80 000 épreuves par an (Heydemann *et al.*, 2011). La FFE est aussi chargée de la délivrance des licences et des diplômes fédéraux, de la promotion de la compétition de haut niveau et de l'élaboration des règlements sportifs des différentes disciplines. Elle rassemblait près de 690 000 adhérents en 2014, formant ainsi la troisième fédération sportive française en nombre de licenciés (FFE, 2016). Le nombre de pratiquants dépasse toutefois un million et le tourisme équestre, qui relève de la FFE, est actuellement en croissance (Lebrun, 2010). Les centres équestres sont également représentés par le Groupement hippique national (GHN). Outre son rôle de représentation, le GHN (association loi

1901) participe à la formation professionnelle et assure des missions de conseil et d'assistance juridique, sociale et fiscale pour ses adhérents qui sont des dirigeants d'établissement équestre, des moniteurs indépendants, des entraîneurs de course et des marchands de chevaux (GHN, 2016).

Enfin, la Société française des équidés de travail (SFET) est chargée de promouvoir l'élevage des chevaux de trait, des ânes, des mulets et des chevaux de territoire, de favoriser leur utilisation, leur valorisation et leur commercialisation. Cette société-mère rassemble 24 races et revendique plus de 220 000 équidés (SFET, 2016). L'utilisation de ces équidés pour le transport de personnes, de matériels, de matériaux ou de productions agricoles ainsi que pour le ramassage des déchets est par ailleurs en croissance (Jez *et al.*, 2012).

Parallèlement à ces organismes, de nombreux détenteurs particuliers ne font partie d'aucune structure officielle. Ils ne sont donc pas représentés dans les débats qui traversent la filière, notamment sur les sujets sanitaires alors que le statut épidémiologique de leurs animaux est nécessairement lié, directement ou indirectement, à celui des autres équidés.

### **2.2.2.3 Viande chevaline**

La production bouchère est organisée autour d'une interprofession dénommée Interbev Equins, créée en 2002 (Interbev, 2016). Il s'agit de la section équine d'Interbev, l'interprofession du bétail et des viandes. Elle rassemble les représentants des producteurs, des commerçants, des coopératives, des industriels, des bouchers, des distributeurs et des professionnels de la restauration hors domicile. Sa finalité est de promouvoir les intérêts de l'ensemble des acteurs de la chaîne de production.

Les poulains de race de trait, qui représentent environ un quart des poulains français, sont élevés pour 80 à 95 % d'entre eux pour la boucherie, en incluant toutes les catégories d'âge d'abattage, laitons (poulains de 6 à 12 mois), poulains et adultes (Lebrun, 2010). Si seulement 70 000 équidés sont élevés spécifiquement pour la production de viande, une partie des chevaux adultes réformés appartenant à des races légères est également consommée. Globalement, il semble qu'environ un tiers des chevaux français sont abattus pour la production de viande, les deux autres tiers étant destinés à l'équarrissage (Vardon et Perez, 2014). Ces chiffres doivent toutefois être considérés avec prudence car une partie des chevaux de boucherie élevés en France sont exportés jeunes pour être abattus et consommés à l'étranger, surtout en Italie et en Espagne, tandis qu'une partie de ceux abattus en France proviennent de l'étranger (adultes majoritairement originaires de Belgique). Si la France exporte plus d'équidés vivants qu'elle n'en importe depuis l'an 2000, le solde de son

commerce extérieur est en revanche négatif pour la viande chevaline (FranceAgriMer, 2014, 2015, 2016a; Lebrun, 2010). Le prix d'achat d'un cheval âgé demeure plus ou moins directement indexé sur le prix de sa valeur bouchère, qui constitue une sorte de prix minimal garanti. Les secteurs boucher et du sport-loisir-travail sont ainsi interdépendants car le marché de la viande a un impact direct sur la santé financière des éleveurs, des marchands et des centres équestres (Lebrun, 2010).

#### **2.2.2.4 Des structures transversales mais pas de représentation globale de la filière**

Plusieurs organisations transversales existent dans la filière équine, d'initiative publique ou privée, mais sans interprofession globale.

L'organe le plus transversal de la filière est sans doute l'IFCE. Créé en 2010 et placé sous la double tutelle des ministères chargés des sports et de l'agriculture, il résulte de la fusion des Haras nationaux et de l'Ecole nationale d'équitation-cadre noir de Saumur (Anonyme, 2010c). L'IFCE est un établissement public à caractère administratif qui a pour mission d'assurer la traçabilité et l'information sur le cheval. Il gère en particulier l'état civil des équidés *via* le service Sire. Il a par ailleurs pour vocation de transférer les savoirs relatifs au cheval et à l'équitation et de soutenir l'équitation et le sport de haut niveau. L'IFCE constitue un opérateur public pour toute la filière, depuis l'élevage jusqu'aux sports équestres de haut niveau et il intervient non seulement en France mais aussi aux niveaux européen et international. Il est chargé de contribuer à la performance économique, environnementale et sociale des multiples activités de la filière équine et de favoriser les liens entre les différents acteurs (IFCE, 2016e).

A l'échelon régional, des instances associatives, appelées Conseils des chevaux ou Conseils des équidés selon les régions, ont été créées pour représenter les différents types d'acteurs et favoriser leur collaboration et leurs interactions avec les décideurs politiques. La composition de ces Conseils varie en fonction des régions. Ils peuvent rassembler des syndicats et associations d'éleveurs, des utilisateurs (équitation, courses), des marchands, ainsi que des partenaires scientifiques et institutionnels, dont l'IFCE, l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses), des organisations vétérinaires, des chambres d'agriculture, le Réseau d'épidémiologie en pathologie équine (Respe), des LDA et des conseils départementaux. Le premier Conseil des chevaux a vu le jour en 1997 en Normandie et ils sont aujourd'hui au nombre de 21. Outre leur mission de représentation, ils coordonnent les diverses actions de leurs membres et mènent des projets d'ensemble pour la filière en région (CCN, 2016). Depuis 2000, ils sont rassemblés au sein de la Fédération nationale des conseils des chevaux de France (FNCC).

Par ailleurs, pour les secteurs course et sport-loisir-travail, le Groupement des entreprises du secteur cheval en agriculture (GESCA) rassemble au niveau national des associations de race, les sociétés mères des courses, la FFE, la SHF, la SFET, des associations d'éleveurs, d'entraîneurs et de jockeys, la CSCCF et des syndicats de divers métiers liés au cheval. Le GESCA a pour vocation d'informer ses membres des projets législatifs les impactant, de les représenter et de coordonner leurs actions.

Dans le secteur public, d'autres organismes jouent un rôle transversal sur le plan national, dans les domaines de la recherche (Inra, Institut de l'élevage) et du développement des filières agricoles (Assemblée permanente des chambres d'agriculture, FranceAgriMer).

Il n'existe toutefois pas d'interprofession générale en filière équine. Les interprofessions agricoles sont des organisations (personnes morales de droit privé) transversales réunissant l'ensemble des partenaires d'une filière (production, utilisation, valorisation, commercialisation, distribution) en vue de répondre aux enjeux communs. Elles sont créées à l'initiative des professionnels mais elles peuvent ensuite, à leur demande, être reconnues par l'Etat et leurs accords peuvent alors être étendus et imposés à tous les acteurs économiques de la filière (Anonyme, 2016a). L'absence d'interprofession équine s'explique probablement par la grande diversité des préoccupations selon les secteurs d'activité. Seules des interprofessions par secteur ou des comités transversaux sur certaines thématiques ont vu le jour jusqu'à présent, à l'instar d'Interbev-Equins, de la Fédération interprofessionnelle du cheval de sport, de loisir et de travail (Fival) ou du comité d'orientation Sire. Celui-ci a été bâti en 2009 afin d'analyser les besoins et les attentes de la filière en matière d'identification des équidés, en particulier à visée sanitaire. Le comité Sire réunit de nombreux partenaires, dont l'IFCE, France Galop, le Trot, la FFE, la SHF, le GHN, la CSCCF, la Direction générale de l'alimentation (DGAL), l'Association des vétérinaires équins français (Avef), des fédérations d'associations de races (Fédération des chevaux de sport, France Trait, Fédération des poneys et petits chevaux de France), la Fédération nationale du cheval (syndicat professionnel) et l'Union nationale des propriétaires de chevaux de selle (UNPCS). Le comité Sire est une force de proposition mais n'est pas décisionnaire (B. Ferry, communication personnelle; Haras Nationaux, 2009b). Par ailleurs, la Fival, interprofession pour le seul secteur sport-loisir-travail, a été mise en place en 1997 et a été reconnue par les pouvoirs publics en 2001. Elle a cependant mis ses activités en sommeil en 2010 pour cause de difficultés liées à ses statuts, à son mode de fonctionnement et à ses financements (Descrozailles, 2006; Fletcher, 2010).

### **2.2.3 Implication de l'Etat et des autres acteurs dans le domaine sanitaire : des évolutions croisées**

Au cours des dix dernières années, l'implication de l'Etat a évolué et globalement diminué concernant la gestion et le financement de la filière équine, en particulier d'un point de vue sanitaire. Cette évolution s'est notamment manifestée par la fusion des Haras nationaux et de l'Ecole nationale d'équitation qui a donné naissance à l'IFCE. Les missions du nouvel Institut ont été recentrées sur les activités de service public, en abandonnant progressivement celles relevant du secteur marchand (centres techniques de reproduction équine en particulier). Par ailleurs, l'Etat s'est partiellement désengagé des courses en libéralisant les jeux et paris en ligne en 2010, mettant fin au monopole du PMU (Jez *et al.*, 2012).

Dans le domaine sanitaire, l'Etat s'implique activement depuis plusieurs décennies dans la surveillance, la prévention et la lutte contre les maladies animales les plus importantes. Répondent à ce critère les affections susceptibles de porter gravement atteinte à la santé animale, de nuire à la santé publique et/ou de provoquer de lourdes pertes économiques directes ou indirectes, par exemple à travers les restrictions imposées au commerce national et international. Pour ces maladies, l'Etat impose ou définit des mesures de contrôle, qui s'accompagnent pour certaines d'une prise en charge financière. Les maladies ainsi règlementées ont longtemps été réparties en deux catégories : maladies animales réputées contagieuses (MRC ou MARC) pour celles jugées les plus importantes, et maladies animales à déclaration obligatoires (MDO ou MADO) pour celles ayant des conséquences modérées. Une nouvelle catégorisation des maladies a vu le jour en 2012. Les plus préoccupantes sont désormais appelées dangers sanitaires de première catégorie. Pour celles-ci, dont l'AIE fait partie, l'Etat prend et finance les mesures de surveillance, de prévention et de lutte jugées nécessaires à la défense de l'intérêt général. Pour les dangers sanitaires de deuxième catégorie, incluant l'AVE et la MCE, l'Etat peut prendre des mesures similaires (mais de manière non systématique) dans un but d'intérêt collectif. Les autres dangers sont dits de troisième catégorie et l'application de mesures sanitaires relève uniquement de l'initiative privée (Anonyme, 2011, 2012a, 2013). En 2006, la MCE est passée du statut de MRC à celui de MDO ; elle est aujourd'hui danger sanitaire de deuxième catégorie. La déclaration des cas, toujours règlementée, ne s'accompagne plus de mesures de police sanitaire obligatoires. Plus généralement, à la suite des Etats généraux du sanitaire qui se sont tenus en 2010 (DGAL, 2010) puis de la loi dite d'avenir agricole de 2014 (Anonyme, 2014b), l'Etat a décidé de réduire son implication en termes de lutte et de surveillance épidémiologique, en particulier pour les dangers sanitaires de deuxième catégorie. Certaines de ses missions sont progressivement transférées aux organismes à vocation sanitaire, aux organismes vétérinaires à vocation technique, aux associations sanitaires régionales et aux réseaux sanitaires de

détenteurs qui seront prochainement mis en place, suite à la parution de l'ordonnance n° 2015-1242 du 7 octobre 2015 relative à l'organisation de la surveillance en matière de santé animale, de santé végétale et d'alimentation (Anonyme, 2011, 2012b, 2015b).

Des réseaux sanitaires, prévus par l'ordonnance n° 2015-1242, seront en effet créés à l'initiative des professionnels pour être représentatifs de l'ensemble d'une filière animale ou végétale et ils pourront être reconnus par l'autorité administrative. Leur objectif sera de « *coordonner, en liaison avec les organismes à vocation sanitaire, la mise en œuvre des mesures de surveillance et de prévention contre les dangers sanitaires* » et de favoriser « *la mutualisation des coûts correspondants* ». Les réseaux devront « *représenter au moins 60 % soit des détenteurs (...) [professionnels], soit des surfaces, des volumes ou du chiffre d'affaires de la production considérée* ». Leurs programmes d'action seront financés par des cotisations obligatoires des adhérents. Pour assurer leurs missions, les réseaux sanitaires pourront édicter des clauses types figurant dans des contrats conclus avec les différents partenaires participant à la mise en œuvre des dispositifs de surveillance et de prévention. L'ordonnance aborde également le rôle des plateformes d'épidémiosurveillance dans les domaines animal, végétal et alimentaire, chargées d'apporter à l'État et aux autres gestionnaires de dispositifs de surveillance « *un appui méthodologique et opérationnel pour la conception, le déploiement, l'animation, la valorisation et l'évaluation des dispositifs de surveillance sanitaire et biologique du territoire* ». Les réseaux sanitaires reconnus adhéreront ou participeront à ces plateformes. Enfin, l'ordonnance précise que les laboratoires nationaux de références apportent à l'Etat, aux laboratoires agréés, aux plateformes, ainsi qu'aux autres gestionnaires de dispositifs de surveillance le cas échéant, « *l'appui scientifique et technique nécessaire à la collecte, au traitement, à l'accessibilité, à la transmission et à la diffusion des données d'épidémiosurveillance* ».

Si l'ordonnance du 7 octobre 2015 fait référence à la constitution de trois plateformes d'épidémiosurveillance, la première d'entre elles a déjà vu le jour, à savoir la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA). Sa mise en place en 2011 correspondait à l'action n° 1 du Plan d'action en 40 points issus des Etats généraux du sanitaire (tenus en 2010), intitulé « Une politique de sécurité sanitaire rénovée pour l'agriculture française » (DGAL, 2010). Il s'agissait de créer un outil de surveillance collaboratif totalement nouveau, dédié aux dangers sanitaires jugés prioritaires. Les grandes missions de la Plateforme ESA sont de contribuer à *i) garantir l'adéquation entre les dispositifs de surveillance (en termes d'organisation, de méthodes et de fonctionnement) et les objectifs assignés par leurs gestionnaires, ii) s'assurer de leur qualité par l'évaluation, iii) coordonner les activités de surveillance et iv) faciliter le partage et l'analyse des données pour produire des informations pertinentes sur la situation épidémiologique des maladies*

étudiées. La Plateforme ESA est un lieu de mutualisation des compétences et des outils pour renforcer la surveillance. Elle compte six membres titulaires, la DGAL, l'Anses, la Société nationale des groupements techniques vétérinaires (SNGTV), la Fédération nationale des groupements de défense sanitaire (GDS France), Coop de France et l'Association française des directeurs et cadres des laboratoires vétérinaires publics d'analyses (Adilva), auxquels se sont associés trois autres organismes à ce jour, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), la Fédération nationale des chasseurs et l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) (Calavas *et al.*, 2012b; Plateforme ESA, 2014b, 2016b).

La finalité de ces évolutions sanitaires pour l'Etat est de renforcer l'efficacité de la surveillance, de la prévention et de la lutte, tant pour les actions obligatoires que pour les « programmes collectifs volontaires » (PCV) dans chaque filière. Elle traduit aussi une volonté des autorités publiques de ne plus être le principal maître d'œuvre, mais de confier ce rôle aux autres partenaires, qu'ils soient publics ou privés, en particulier aux organisations sanitaires et vétérinaires ainsi qu'aux représentants d'éleveurs et de détenteurs. Ainsi, l'implication de l'Etat se concentre progressivement sur un rôle de législateur, de délégant et de garant de l'action coordonnée des autres acteurs. L'objectif est également de réduire son implication financière et d'encourager la mutualisation des coûts en associant plus fortement les professionnels des filières. Ces évolutions peuvent s'expliquer par le contexte de restrictions budgétaires mais aussi par la mobilisation croissante des partenaires privés sur les questions relatives à la gestion de la santé animale.

Ainsi, des collaborations se développent entre les acteurs sanitaires de la filière équine, notamment l'IFCE, le Respe, l'Anses et l'Avef. Ces organismes, avec une demi-douzaine d'autres partenaires publics et privés<sup>2</sup>, se sont associés en 2011 pour créer une fondation de coopération scientifique, la Fondation Hippolia. Son but est de promouvoir des programmes de recherche et de formation en santé, bien-être et performance des équidés. Les champs d'action de la fondation sont plus particulièrement le diagnostic, le traitement et la prévention des affections générées par l'exercice, les agents infectieux et l'environnement (Fondation Hippolia, 2016). Les collaborations se multiplient également pour la valorisation épidémiologique des données d'équarrissage et pour les activités de surveillance des maladies infectieuses équines, celles-ci étant présentées dans la section suivante.

De ce rapide tour d'horizon de la filière équine, il est possible de dégager deux constats ayant une forte influence *i)* sur l'organisation, le fonctionnement et les limites des systèmes et dispositifs de

---

<sup>2</sup> Ecole nationale vétérinaire d'Alfort (ENVA), Inra, Pôle Hippolia, Université de Caen Basse-Normandie, Université de Liège, Syndicat de l'industrie du médicament vétérinaire et réactif (SIMV).

surveillance des maladies équine et *ii*) sur leurs évolutions possibles dans les années à venir :

- la filière équine française est complexe et très hétérogène, aussi bien en termes de structures, d'acteurs et d'activités, que de situations économiques et d'intérêts pour les questions sanitaires. Cette complexité se traduit dans le domaine de la surveillance épidémiologique par l'existence de plusieurs dispositifs de surveillance relativement indépendants, qui ont des objectifs et des modes de fonctionnement divers et partiellement complémentaires,
- les contextes économique et réglementaire actuels, de même que la prise de conscience croissante des enjeux sanitaires, conduisent au développement de collaborations entre les différents acteurs de la filière, en particulier dans les domaines de la recherche, de la performance et de la santé. Concernant la surveillance épidémiologique, une plus grande efficacité du suivi de la situation sanitaire et une mutualisation des efforts sont recherchées, afin de mieux évaluer et mieux gérer les risques liés aux principales maladies infectieuses équine.

## **2.3 Systèmes et dispositifs de surveillance en filière équine**

Considérant les définitions rappelées précédemment, nous parlerons ici de système de surveillance pour faire référence à toutes les activités de surveillance réalisées pour une même maladie. Ce travail porte donc sur trois systèmes de surveillance, ceux de l'AIE, de l'AVE et de la MCE qui sont présentés successivement ci-dessous. Une synthèse clôturera cette partie afin de fournir une vision transversale de la surveillance des trois maladies.

Chacun des trois systèmes comporte plusieurs dispositifs (et réseaux) de surveillance. Ils peuvent donc être qualifiés de systèmes de surveillance « complexes » (Vergne, 2012). Les dispositifs retrouvés dans plusieurs systèmes de surveillance sont présentés uniquement dans la première partie relative à l'AIE, seules leurs particularités étant ensuite précisées pour les deux autres systèmes de surveillance. Bien que seulement trois systèmes de surveillance soient ici étudiés, ils incluent quasiment l'ensemble des dispositifs développés en filière équine.

### **2.3.1 Système de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés**

Le système de surveillance de l'AIE repose sur six dispositifs, assurant une surveillance événementielle pour trois d'entre eux et programmée pour les trois autres. Leur présentation ci-dessous se veut relativement synthétique, l'objectif n'étant pas d'en fournir une description détaillée mais de permettre une compréhension de leur apport à la connaissance de la situation sanitaire des

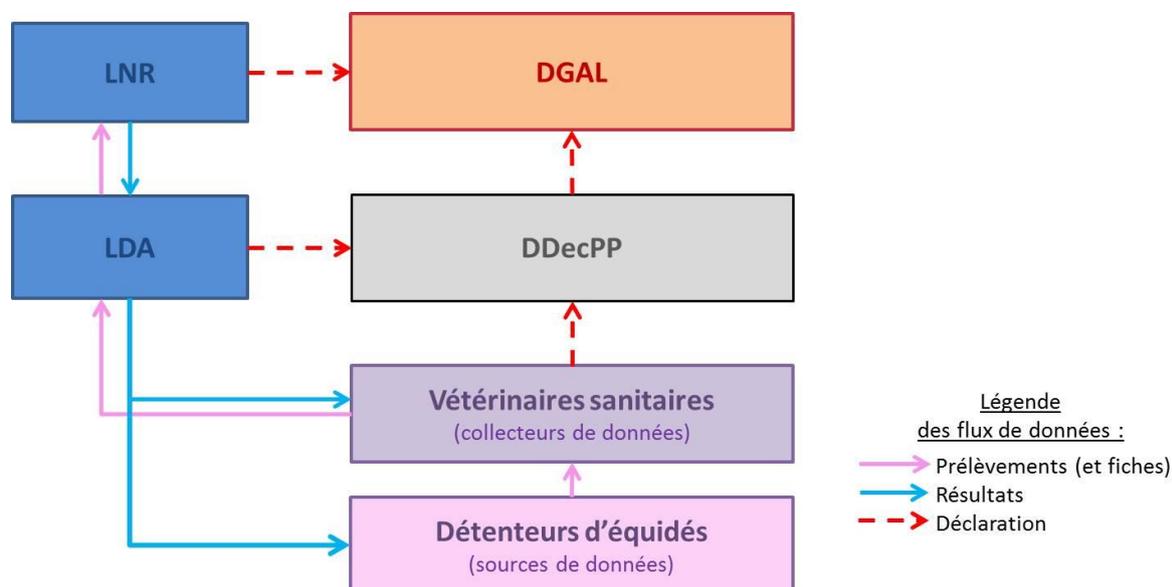
maladies étudiées. Pour cette raison, seuls les objectifs et les grandes lignes de l'organisation et du fonctionnement sont présentés ci-dessous.

### 2.3.1.1 Dispositif de surveillance évènementielle réglementaire

Nous appelons dispositif de surveillance évènementielle réglementaire (SER) la surveillance imposée par l'Etat pour toutes les maladies à déclaration obligatoire. La SER a pour objectif de détecter les suspicions cliniques et les cas confirmés d'AIE chez les équidés présents sur tout le territoire national, afin de mettre en œuvre les mesures de lutte prévues par l'Etat (Hans et Marcé, 2012a; Ponçon, 2011; Ponçon *et al.*, 2011).

En cas de suspicion clinique d'AIE, le vétérinaire réalise un prélèvement sanguin qu'il transmet au LDA pour analyse (figure 12). Un cas suspect est défini comme un « *équidé présentant des signes cliniques généraux tels qu'un état typhique ou un syndrome « anémie » ou un amaigrissement, accompagnés d'hyperthermie qui ne peuvent être rapportés de façon certaine à une autre étiologie* » ; il est confirmé lorsqu'il présente un résultat positif au test de Coggins (Anonyme, 1992a).

**Figure 12.** Représentation de l'organisation du dispositif de surveillance évènementielle réglementaire de l'AIE et des flux de données.



*DDecPP : Direction départementale en charge de la protection des populations ; DGAL : Direction générale de l'alimentation ; LDA : Laboratoire d'analyses agréé ; LNR : Laboratoire national de référence*

Une douzaine de LDA environ sont agréés par le ministère chargé de l'agriculture (DGAL, 2016). Ils doivent parallèlement être accrédités par le Comité français d'accréditation (Cofrac) pour les techniques de diagnostic utilisées et ils participent à des essais inter-laboratoires d'aptitude

organisés par le LNR. Lorsqu'ils obtiennent un résultat positif au test de Coggins, ils transmettent l'échantillon au LNR pour confirmation. Le LNR pour l'AIE est le Laboratoire de pathologie équine de Dozulé de l'Anses ; il est également LNR pour l'AVE et la MCE et détient le mandat de Laboratoire de référence de l'Union européenne pour les maladies équines (LR-UE, partagé avec le Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort de l'Anses).

Toute suspicion clinique, et *a fortiori* sa confirmation le cas échéant, doit être immédiatement déclarée par le vétérinaire, le laboratoire voire le détenteur aux autorités administratives compétentes, c'est-à-dire à la Direction départementale en charge de la protection des populations (DDecPP), service déconcentré de la DGAL. Les suspicions peuvent également être établies pour des équidés morts lorsqu'ils sont autopsiés par des vétérinaires praticiens ou des centres d'autopsies. La déclaration d'une suspicion peut entraîner la prise d'un arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS) prévoyant notamment l'isolement des animaux suspects, la réalisation d'exams de laboratoire et la séquestration du troupeau (article L-223-5 et suivants du Code rural et de la pêche maritime). En pratique, la DDecPP et la DGAL ne sont généralement informées qu'au stade de la confirmation (Ponçon, 2011). Le nombre de suspicions n'est donc pas connu. Cette déclaration enclenche la prise d'un APDI, qu'un APMS ait été pris ou non au préalable. En complément des mesures prises par la DDecPP, une mission d'investigation épidémiologique est généralement mandatée par la DGAL, sous la forme d'une demande d'appui scientifique et technique adressée à l'Anses et réalisée par le LNR et des épidémiologistes en collaboration avec la DDecPP (Hans *et al.*, 2015).

Les missions habituellement dévolues à une unité centrale (centralisation des données, coordination des activités, diffusion des informations) sont majoritairement remplies par la DGAL. Elle reçoit l'appui du LNR pour la collecte, l'analyse et la diffusion des données. Toutefois, en « temps de paix » (lorsqu'aucun foyer n'est détecté), les données de surveillance ne sont pas réellement centralisées et le niveau d'animation des acteurs reste faible. Par ailleurs, il n'existe pas d'instance de pilotage, de comité scientifique et technique ni de protocole de surveillance formalisé.

### **2.3.1.2 Dispositif de surveillance des reproducteurs**

Un dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) a été mis en place avec un objectif à la fois individuel et collectif. Il vise en effet à vérifier le statut sanitaire individuel des équidés reproducteurs et à éviter la dissémination des maladies contagieuses lors de la monte (AIE, AVE, MCE, rhinopneumonie et grippe). Cette surveillance programmée cible certains équidés. Pour l'AIE, il s'agit des étalons de certaines races utilisés en monte naturelle, selon les obligations des stud-books correspondants, ainsi que tous les étalons exploités en insémination artificielle quelle que soit leur

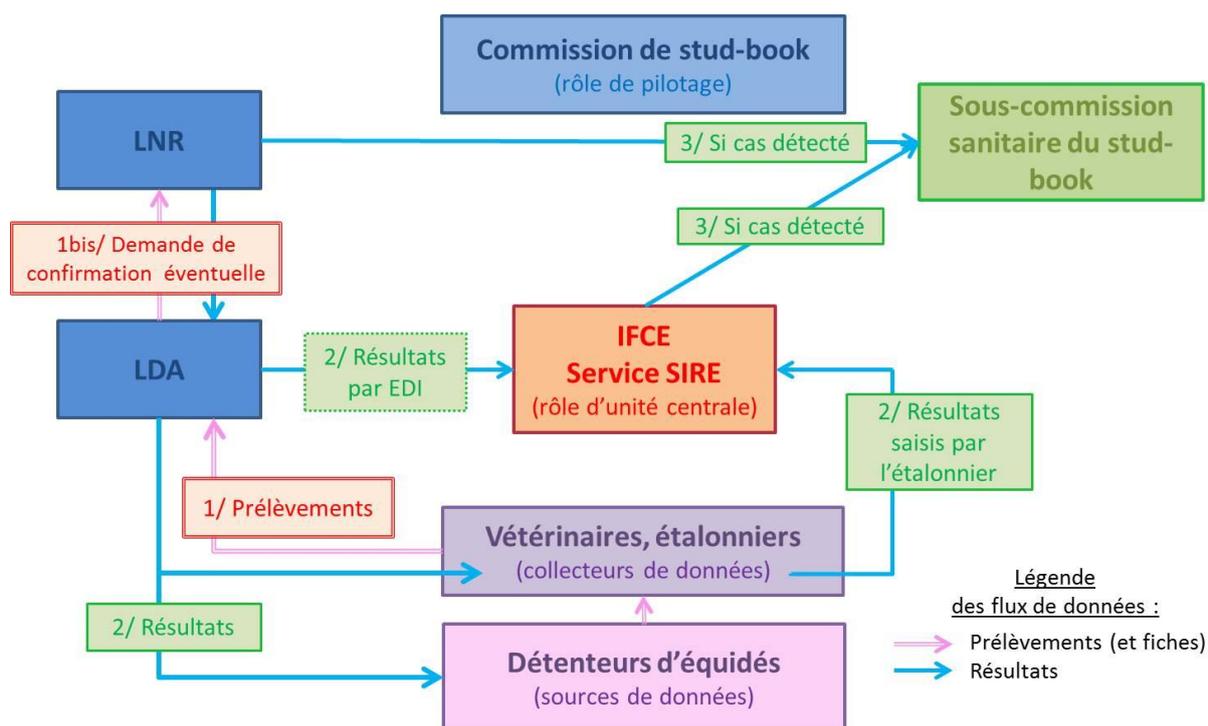
race (Anonyme, 2010a; IFCE, 2016a). Aucun stud-book n'exige de dépistage chez les juments, mais celui-ci peut être demandé par l'éta lonnier qui souhaiterait s'assurer du statut sanitaire de la jument avant de procéder à la saillie avec son étalon, en particulier chez les Pur-Sang.

La surveillance n'est pas obligatoire en tant que telle, mais plusieurs stud-books conditionnent l'inscription du poulain à naître au registre de leur race à la réalisation du dépistage chez le père avant la monte. L'étalon doit subir un premier test de Coggins, avec résultat négatif, avant sa première saison de monte, le dépistage étant ensuite renouvelé tous les trois ans (Anonyme, 2014a). La fréquence du dépistage est la même pour les étalons en centres de collecte de semence (Anonyme, 2010a). En 2012, près de 2 000 étalons et plus de 500 juments ont ainsi été testés (B. Ferry, communication personnelle).

L'IFCE est chargé par les stud-books de l'enregistrement, de la vérification et de la mise à disposition sous certaines conditions des informations collectées dans le cadre de cette surveillance. Ces données sanitaires sont enregistrées dans la base Sire qui comporte également les informations relatives à l'état civil des équidés et qui permet donc de suivre leur état sanitaire dans la durée. Le mode de saisie des résultats d'analyse a fortement évolué depuis 2011. Historiquement, l'éta lonnier devait transmettre au service Sire les résultats d'analyse qu'il recevait du LDA pour son étalon. Pour la jument, il devait saisir lui-même les éventuels résultats (plutôt pour l'AVE et la MCE) dans une application informatique en ligne reliée à la base Sire. Progressivement, des échanges de données informatisées (EDI) ont été mis en place entre les LDA et l'IFCE, un nombre croissant de laboratoires devenant qualifiés pour ces échanges. Ceux-ci sont cryptés et sécurisés. Comparativement aux saisies manuelles, les EDI assurent une transmission plus rapide, plus fiable et plus complète des résultats directement dans la base Sire, en limitant le risque d'erreur ou de fraude.

Le service Sire assure la gestion et l'analyse des données (en cas d'anomalie essentiellement) ainsi que la coordination des acteurs de terrain (vétérinaires, éta lonniers) et il travaille en étroite collaboration avec les LDA et LNR. Ainsi, le service Sire joue en grande partie le rôle d'unité centrale de cette surveillance (figure 13), bien qu'il n'ait pas été créé spécialement dans cet esprit. Ses missions premières sont en effet la gestion de l'état civil des équidés et de la monte, qui inclut le contrôle de la bonne application des règles d'ascendance et des exigences sanitaires fixées par les stud-books, mais l'analyse épidémiologique globale et régulière des données sanitaires et leur valorisation / diffusion ne sont en revanche pas prévues. Sur la figure 13, la DDecPP et la DGAL n'apparaissent pas afin de ne pas surcharger le schéma, mais tout cas d'AIE détecté doit obligatoirement leur être déclaré, comme pour la SER et pour tous les autres dispositifs de surveillance.

**Figure 13.** Représentation de l'organisation du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) et du circuit de collecte des données sanitaires.



*EDI : échange de données informatisées ; IFCE : Institut français du cheval et de l'équitation ; LDA : Laboratoire d'analyses agréé ; LNR : Laboratoire national de référence ; Sire : système d'information relatif aux équidés*

Le Code rural prévoit la création d'une commission de stud-book (CSB) pour chaque race. La CSB, de par sa composition large et ses attributions, assure en partie une fonction d'instance de pilotage pour le DSR. La CSB est présidée par le représentant d'un organisme habilité à intervenir dans la sélection et l'amélioration génétique de la race et agréé par le ministère de l'agriculture. Elle comprend également des représentants de l'administration, des éleveurs et des utilisateurs et son secrétariat est assuré par l'IFCE. En plus de missions relatives à l'amélioration et la représentation de la race, la CSB est chargée des modifications du règlement du stud-book, document qui définit notamment les exigences sanitaires et les modalités de surveillance des étalons et des juments produisant des poulains dans la race (articles R653-83 et suivants du Code rural et de la pêche maritime). Le nombre de stud-books demandant des contrôles sanitaires pour au moins une maladie à l'occasion de la monte naturelle augmente régulièrement ; ils étaient près de 25 en 2016 (tableaux 3 et 4). Pour les étalons exploités en insémination artificielle, l'Etat fixe les modalités de surveillance (Anonyme, 2010a).

**Tableau 3.** Dépistages et vaccinations exigés pour les étalons reproducteurs par les stud-books en 2016 dans le cadre de la monte pour produire des poulains dans leur race (source : IFCE, 2016d).

Maladie Race de Production	Anémie infectieuse AIE	Mérite Contagieuse MCE	Artérite Virale Équine AVE	Grippe et Rhinopneumonie
Étalons de toutes races exploités en Insémination artificielle = <b>NIVEAU SANITAIRE 4</b> PS <sup>(1)</sup> et AQPS <sup>(2)</sup> Trotteur Français Arabe et Demi Sang Arabe Selle Français	Coggins négatif  1 <sup>ère</sup> monte datant de moins 3 mois  Renouvelé tous les 3 ans	Culture bactériologique négative (PS-AQPS + Klebsielles et Pseudomonas)  fosse urétrale A partir 1 <sup>er</sup> décembre N-1  Pas de test après monte	Séronéutralisation négative Ou Contrôle virologique sur sperme négatif 1 seul sperme Ou Vaccination AVE valide Dans les 30 jours après sérologie AVE négative - Primovaccination par 2 injections entre 3 et 6 semaines - Rappel impératif tous les 6 mois sans dépasser 8 mois A partir 1 <sup>er</sup> décembre N-1	Protocole AMM Primo vaccination par 2 injections entre 3 et 6 semaines 1 <sup>er</sup> rappel si possible à 6 mois puis rappels annuels  Vaccinations valides à la demande carnet Avec nom sur certificat
<b>NIVEAU SANITAIRE 4 allégé</b> AA, demi-sang AA, Poney Français de Selle, New Forest <sup>(2)</sup> , Welsh, Connemara, Cheval Corse, CSAN	OUI	OUI	Étalons séropositifs non excréteurs avec 1 <sup>er</sup> contrôle virologique / sperme négatif : Si Sérologie AVE annuelle stable ou déclinant => contrôle virologique annuel sur sperme non obligatoire	OUI
<b>NIVEAU 3</b> Méreus, Shagya	OUI	OUI	NON	OUI
<b>NIVEAU 2</b> Trakhener	NON	NON	AVE Complet (cf niveau 4)	NON
<b>NIVEAU 1</b> Ardennais, Cob normand, Crème, Franches Montagnes, Islandais, Lusitanien, Percheron, Lipizzan Henson	NON	NON	AVE allégé (cf niveau 4 allégé)	NON
<b>Niveau 1 bis</b> Breton	NON	NON	NON	Grippe
<b>NIVEAU 0</b> Autres races	NON	NON	NON	NON

<sup>(1)</sup> PS et AQPS => certificat vétérinaire de bonne santé et d'aptitude à la monte naturelle et attestation de non résidence dans pays non indemne Dourine dans les 12 derniers mois ou test sérologique (FC) Dourine négatif datant de moins de 3 mois à la demande de carnet  
<sup>(2)</sup> New Forest : réalise également un dépistage Myotonie  
**Haftinger** : contactez l'association de race pour connaître le suivi sanitaire à effectuer

**Tableau 4.** Dépistages et vaccinations exigés pour les juments reproductrices par les stud-books en 2016 dans le cadre de la monte pour produire des poulains dans leur race (source : IFCE, 2016d).

Maladie Race de Production	Anémie infectieuse AIE	Mérite Contagieuse Équine MCE	Artérite Virale Équine AVE	Grippe	Rhino pneumonie
PS et AQPS Concernes toutes les juments des harems quelque soit leur race	Pas d'obligation de stud-book Selon demande étalonnière	Après 1 <sup>er</sup> janvier Avant 1 <sup>er</sup> saut Culture bactériologique ou IF Négatif  + Klebsielles et Pseudomonas Sinus et/ou fosses clitoridiennes	Après 1 <sup>er</sup> janvier Avant 1 <sup>er</sup> saut <b>Séronéutralisation négative</b> Ou Séropositive stable ou déclinant sur 2 sérologies espacées d'au moins 14 jours ou /2 années précédentes  <i>Laboratoires différents admis Elisa possible en cours saison</i>	Vaccination de moins d'un an selon AMM Primo vaccination par 2 injections entre 3 et 6 semaines 1 <sup>er</sup> Rappel si possible à 6 mois puis rappels annuels Avec nom sur certificat	Vaccination de moins d'un an selon AMM Primo vaccination par 2 injections entre 3 et 6 semaines 1 <sup>er</sup> Rappel si possible à 6 mois puis rappels annuels Avec nom sur certificat
Arabes et AA course Protocole sanitaire « label course »		Idem non obligatoire si étalon exploité en IA			
TF					
SF et AA		Pas d'obligation de stud book Selon demande étalonnière			Vaccination recommandée
Autres races					Pas d'obligation de stud-book Selon demande étalonnière

Les stud-books disposent généralement d'une sous-commission sanitaire (SCS), placée sous l'autorité de la CSB. Elle est constituée de représentants de l'IFCE, de l'organisme agréé précité et d'autres partenaires socioprofessionnels tels que des syndicats d'éleveurs et les fédérations des courses. Au moins une partie de ses représentants sont des vétérinaires. La SCS est immédiatement informée de la détection de cas pour les maladies suivies. Elle a notamment pour fonctions d'examiner les résultats d'analyses positifs ou douteux et de conseiller les vétérinaires sanitaires lors de la détection de cas. La SCS joue partiellement un rôle d'appui scientifique et technique pour le DSR.

### **2.3.1.3 Surveillance des ventes**

La surveillance réalisée à l'occasion des ventes d'équidés ne correspond pas à une entité structurée, avec un haut niveau de coordination entre acteurs ou des protocoles formalisés. Elle n'a pas vocation à permettre un suivi de la situation sanitaire, mais simplement à garantir le statut indemne de l'équidé mis en vente. Elle est toutefois menée en continu et le nombre d'analyses réalisé, même s'il n'est pas précisément connu, est relativement élevé. Celui-ci représenterait plus de la moitié des analyses annuelles pour l'AIE (vraisemblablement plus de 10 000 analyses sur un total d'environ 15 000 par an), du fait des ventes aux enchères essentiellement (B. Salvat et M. Defontis, communications personnelles). L'exploitation des données de ce dispositif à objectif individuel à des fins de surveillance apparaîtrait donc tout à fait pertinente.

Il s'agit d'une surveillance programmée d'initiative privée. Les dépistages sont réalisés à la demande de l'acheteur, dans le cadre des ventes privées, ou des sociétés organisant les ventes aux enchères. De 2007 à 2015, entre 80 000 et 100 000 ventes ont été déclarées à l'IFCE chaque année, dont environ un tiers de chevaux de races françaises de selle et un peu moins d'un tiers de chevaux de course (IFCE, 2016f). Pour les ventes entre particuliers, il est difficile de connaître la proportion d'équidés vendus qui sont effectivement soumis au test de Coggins, mais cette pratique ne semble pas généralisée. Bien que l'AIE soit un vice rédhibitoire, le dépistage est probablement rarement réalisé pour les équidés de faible valeur économique. Au contraire, certains organisateurs de ventes aux enchères exigent que tout équidé présenté ait subi un test de Coggins avec un résultat négatif dans le mois précédant la vente (Arqana, 2009), mais il s'agit très généralement de chevaux de course ou de chevaux de selle de grande valeur. Les résultats des tests sont vérifiés par les sociétés de ventes mais ces données ne sont pas centralisées ni analysées de manière globale.

### **2.3.1.4 Réseau de surveillance évènementielle volontaire conduite par le Respe, sous-réseau « Syndrome piro-like »**

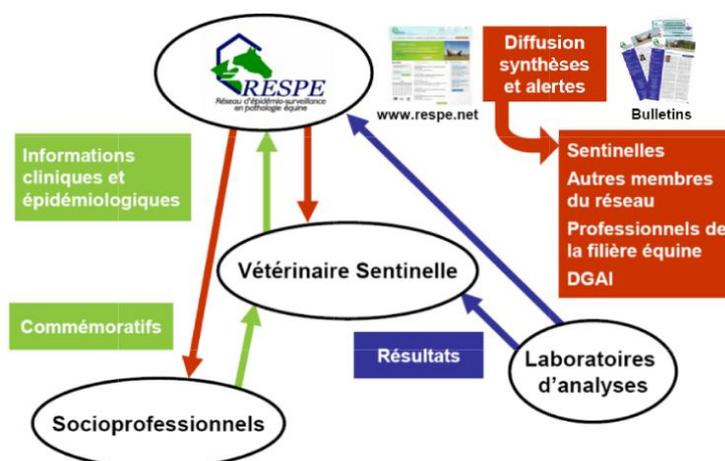
Une surveillance évènementielle volontaire a été mise en place dès 1999 par le Réseau d'épidémiosurveillance en pathologie équine (Respe) vis-à-vis des dangers sanitaires ayant une contagiosité et/ou un impact économique important. Le Respe a été créé sur proposition de la commission « Maladies infectieuses » de l'Avef et animé par l'Anses, puis il est devenu en 2008 une association loi 1901, constituée par des vétérinaires, des acteurs professionnels et non professionnels de la filière équine et des acteurs publics (Dufour et Hendriks, 2011; RESPE, 2016a; Valon *et al.*, 2012). Ses objectifs sont la détection des foyers, l'alerte et le suivi de la situation

sanitaire. Outre ses missions de surveillance, le Respe contribue aussi à la gestion de certaines crises sanitaires et il participe à des programmes d'étude et de recherche (RESPE, 2010a).

Le Respe a mis en place sept sous-réseaux spécialisés en vue de collecter des informations sur certaines maladies ou ensembles de maladies identifiées par des vétérinaires volontaires. L'un de ces sous-réseaux, dénommé « Syndrome Piro-Like », permet depuis 2014 la surveillance de plusieurs maladies dont l'AIE (RESPE, 2014).

Les vétérinaires volontaires, dits « sentinelles », étaient près de 600 début 2016, répartis sur tout le territoire national (RESPE, 2016a). Ils déclarent toute suspicion de maladie surveillée par le Respe, quel que soit le type d'équidés atteint. Pour le syndrome piro-like, le cas suspect est défini comme un équidé présentant une hyperthermie supérieure à 38,5°C aigue ou chronique, associée ou non à une anémie, mais avec au minimum un des symptômes suivants : anorexie, perte d'état, état d'abattement généralisé, contre-performance, œdèmes ou pétéchies (RESPE, 2016c). Cette définition est relativement proche de celle établie réglementairement pour le cas suspect d'AIE. Lorsque le vétérinaire sentinelle rencontre un équidé présentant ce syndrome, il doit renseigner une fiche de déclaration sur le site internet du réseau comportant des informations cliniques et épidémiologiques, l'imprimer et l'envoyer avec des prélèvements sanguins au LDA de son choix (l'envoi au LDA partenaire du Respe, le Labéo Frank Duncombe, entraîne cependant la prise en charge de 50 % des frais d'analyses par le Respe). Plusieurs agents pathogènes sont alors recherchés, ceux responsables de la piroplasmose équine (*Theileria equi* et *Babesia caballi*), de l'anaplasmose (ehrlichiose à *Anaplasma phagocytophilum*) et de l'AIE. Le LDA transmet les résultats d'analyses au Respe et au vétérinaire sentinelle (figure 14). Le sous-réseau Syndrome piro-like permet ainsi de renforcer la surveillance des suspicions cliniques en complément de la SER. En 2014 et 2015, respectivement 168 et 248 déclarations ont été enregistrées dans le cadre du sous-réseau, mais aucune n'a conduit à détecter le virus de l'AIE (Daix, 2015; RESPE, 2016b).

**Figure 14.** Circulation des informations au sein du Respe (source : RESPE, 2006).



Le Respe est très structuré. Il possède un conseil d'administration, correspondant à un comité de pilotage. Celui-ci représente une part assez large de la filière équine. Il comprend en effet des représentants des organisations vétérinaires (Avef, SNGTV), des éleveurs (Syndicat des éleveurs de chevaux de sang, Fédération nationale du cheval), de l'IFCE, des sociétés mères des courses et du sport (France Galop, le Trot, SHF), de LDA et d'écoles vétérinaires (RESPE, 2015). Il existe une unité centrale, qui assure l'animation du réseau ainsi que la centralisation des informations épidémiologiques dans une base de données nationale, leur analyse et leur communication. Des bilans sont régulièrement édités, transmis à toute personne intéressée s'inscrivant à une liste de diffusion et accessibles en ligne. Un bulletin est également adressé deux fois par an aux membres du réseau. L'unité centrale travaille en étroite collaboration avec le conseil scientifique et technique (CST) du Respe. Celui-ci est composé de spécialistes des maladies équines et du diagnostic de laboratoire, d'épidémiologistes et de vétérinaires praticiens. Le CST comporte un collège transversal appelé « Prévention sanitaire » et des collèges spécialisés pour les différents sous-réseaux, qui définissent les maladies à surveiller et les modalités de surveillance. Ils produisent notamment les protocoles de déclaration de chaque sous-réseau, détaillent les critères d'inclusion et d'exclusion des suspicions, la procédure de déclaration, les prélèvements à effectuer et leurs modalités d'envoi au laboratoire (RESPE, 2010a, 2016c; Valon *et al.*, 2012).

### **2.3.1.5 Surveillance des équidés exportés**

Depuis plusieurs années, le nombre d'équidés exportés par la France dépasse les 10 000 par an (FranceAgriMer, 2015). La plupart de ces animaux est à destination d'autres Etats membres de l'Union européenne (UE), nécessitant une attestation ou un certificat sanitaire mais aucun dépistage vis-à-vis de l'AIE ou d'autres maladies infectieuses (Anonyme, 2009). Un accord tripartite a en outre été signé par la France, l'Irlande et le Royaume-Uni en 2005 permettant la circulation des équidés sans attestation sanitaire, hormis pour les animaux de boucherie (IFCE, 2014). Par ailleurs, environ un millier d'équidés sont exportés chaque année dans des pays tiers, certains exigeant la réalisation de tests vis-à-vis de l'AIE ou d'autres dangers sanitaires (FranceAgriMer, 2016b). L'objectif de cette surveillance est, pour les pays destinataires, d'éviter l'introduction et la diffusion d'agents pathogènes. Indirectement, elle peut toutefois apporter des informations sur la situation sanitaire des équidés détenus en France, même si les individus testés ont ensuite vocation à quitter le territoire.

Aucun bilan des analyses AIE réalisées sur les équidés français dans le cadre de cette surveillance n'est toutefois disponible. Les autorités sanitaires françaises (DDecPP) contrôlent les documents sanitaires demandés pour l'export, y compris les résultats d'analyses, mais ceux-ci ne semblent pas

être systématiquement saisis dans la base de données européenne dédiée, dénommée TRACES (pour *Trade control and expert system* en anglais), au contraire des autres données relatives au mouvement (dates, opérateurs, lieux de transit et de destination, etc.). A ce jour, TRACES n'est pas un outil permettant un suivi aisé (même partiel) de la situation sanitaire française. Bien que la DGAL puisse être considérée comme jouant le rôle de gestionnaire de cette surveillance pour la France, il n'existe pas d'instance chargée de conduire une analyse épidémiologique des données ni leur diffusion, ni de CST.

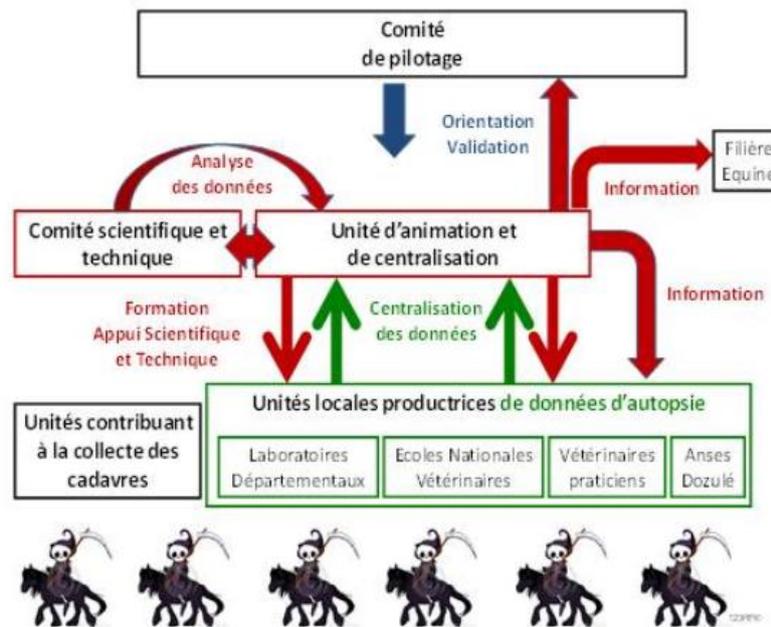
### **2.3.1.6 Réseau de surveillance des causes de mortalité (Resumeq)**

En 2015, l'Anses a créé le REseau national de SURveillance des causes de Mortalité des EQuidés (Resumeq). L'objectif de ce réseau est le suivi et la description des causes de mortalité et l'alerte en cas de découverte d'un évènement sanitaire inattendu. Il s'agit d'une surveillance « globale », c'est-à-dire non spécifique d'une maladie mais surveillant tous les dangers sanitaires (infectieux ou non) susceptibles d'entraîner la mort (naturelle ou par euthanasie) des individus, l'AIE en faisant partie (RESUMEQ, 2016; Tapprest *et al.*, 2016a; Tapprest *et al.*, 2016c).

Le réseau repose sur les centres réalisant des autopsies d'équidés sur le territoire national, incluant les écoles vétérinaires, les LDA et le laboratoire Anses de pathologie équine de Dozulé, ainsi que des vétérinaires praticiens (figure 15). En août 2016, 12 centres faisaient partie du réseau. A chaque autopsie d'équidé, les centres et vétérinaires partenaires saisissent en ligne dans une base de données nationale les informations individuelles sur l'animal, les résultats de l'examen nécropsique et les résultats positifs des analyses éventuellement réalisées. Environ 400 équidés ont été autopsiés au cours des neuf premiers mois d'activités (Tapprest *et al.*, 2016a). Un test de Coggins a été pratiqué pour un équidé suspect, avec résultat négatif (N. Foucher, communication personnelle).

Resumeq est un réseau récent et très structuré. Il comporte une unité centrale chargée de l'animation des acteurs, de la centralisation, de l'analyse et de la diffusion des données. Cette unité joue également le rôle de référence pour les procédures d'autopsies et de formateur des acteurs. Un comité de pilotage est chargé de décider des grandes orientations du réseau. Ce comité réunit une douzaine de partenaires : Anses, DGAL, IFCE, Respe, Aves, SNGTV, Fondation Hippolia, Adilva, GDS France, FNCC, les écoles nationales vétérinaires et la région Normandie. Un comité scientifique et technique a également été mis en place, comprenant des vétérinaires, des épidémiologistes, des anatomopathologistes et des spécialistes des maladies infectieuses. Il établit les protocoles d'autopsies et la liste des termes scientifiques (thésaurus) utilisés par tous les centres d'autopsie (Tapprest *et al.*, 2016a; Tapprest *et al.*, 2016c).

**Figure 15.** Schéma de l'organisation et du fonctionnement de Resumeq (source : Tapprest *et al.*, 2016a).



### 2.3.2 Système de surveillance de l'artérite virale équine

Le système de surveillance de l'AVE repose en grande partie sur les mêmes dispositifs que celui de l'AIE :

- Dispositif de surveillance événementielle réglementaire,
- Dispositif de surveillance des reproducteurs,
- Surveillance des ventes,
- Réseau de surveillance événementielle volontaire (Respe, sous-réseau « Avortement »),
- Surveillance des équidés exportés,
- Réseau de surveillance des causes de mortalité (Resumeq).

Quelques différences sont toutefois à souligner. **Pour la surveillance événementielle réglementaire**, l'objectif est de « détecter la présence de l'AVE chez les équidés présents sur le territoire » (Hans et Marcé, 2012b). La déclaration des cas confirmés par un test de laboratoire est obligatoire auprès des DDecPP. Mais, à la différence de l'AIE, il s'agit d'un danger sanitaire de deuxième catégorie pour lequel le diagnostic n'entraîne pas de mesure de police sanitaire obligatoire. L'investigation et la gestion des foyers sont assurées par les professionnels, l'IFCE et le Respe. Il n'existe pas de définition réglementaire du cas suspect. Une douzaine de LDA sont agréés pour réaliser le diagnostic ou le dépistage selon des méthodes d'analyses sérologiques et/ou virologiques (DGAL, 2016). Le nombre de suspicions cliniques n'est pas connu et des bilans de surveillance sont édités de façon très irrégulière par la DGAL en association avec le LNR (Hans et Marcé, 2012b).

**Pour le dispositif de surveillance des reproducteurs**, les principales différences par rapport à l'AIE portent sur la population suivie, sur l'investigation et sur la fréquence du dépistage qui doit être réalisé chaque année avant toute saison de monte. En plus des étalons exploités en insémination artificielle et d'une vingtaine de races d'étalons utilisés en monte naturelle, certains stud-books exigent un dépistage chez les poulinières. Il s'agit des juments produisant des poulains de course, c'est-à-dire de race Pur-Sang et Autre-Que-Pur-Sang (AQPS) ainsi qu'une partie des juments de race Arabe, Anglo-Arabe et Selle Français (IFCE, 2016a). Ainsi, de l'ordre de 13 000 équidés, dont environ 10 000 juments, sont testés chaque année dans le cadre de la monte (B. Ferry et S. Vinatier, communications personnelles), faisant de ce dispositif le premier en nombre d'analyses AVE réalisées. Par ailleurs, la sous-commission sanitaire de stud-book est chargée d'examiner les cas des étalons excréteurs du virus de l'AVE et de piloter une enquête épidémiologique de terrain en lien avec les vétérinaires sanitaires pour certains cas d'AVE.

**La surveillance de l'AVE lors des ventes** est réalisée beaucoup moins fréquemment que pour l'AIE. L'AVE n'est pas un vice rédhibitoire et elle n'est pratiquement jamais recherchée lors des ventes privées. Pour les ventes publiques, certaines sociétés de ventes aux enchères demandent un dépistage pour certains équidés, comme les pouliches et poulinières pour la société Arqana®, représentant plusieurs centaines de tests par an (B. Salvat, communication personnelle).

**Pour la surveillance évènementielle volontaire**, le Respe dispose d'un sous-réseau « Avortement » qui vise à détecter précocement les avortements causés par les herpès virus équin 1 et 4, le virus de l'AVE et les leptospires et à évaluer l'incidence et la répartition géographique de ces avortements (RESPE, 2016d). Ce sous-réseau fonctionne de la même manière que celui dédié au syndrome piro-like. Les vétérinaires sentinelles sont chargés de déclarer au Respe tout cas de jument « *expulsant un fœtus mort quel que soit le stade de gestation* » ou « *donnant naissance à un produit vivant mais mourant dans les deux premiers jours de vie* ». Sont toutefois exclus les cas de mortalité embryonnaire, c'est-à-dire se produisant avant le 45<sup>ème</sup> jour suivant la dernière insémination, les poulains nés vivants mais présentant des malformations congénitales graves connues pour être létales (hydrocéphalie, méningocèle ou encéphalocèle, anomalies cardiaques) et les interruptions de gestation pour lesquelles ni les annexes fœtales ni le fœtus ne sont retrouvés, sauf si des lochies sont présentes au col utérin de la jument. Le vétérinaire doit transmettre au LDA la fiche de déclaration remplie ainsi que les échantillons de placenta, de foie, de poumons, de rein et de sang de fœtus ainsi que du sang de la jument. La recherche des agents pathogènes est effectuée par PCR (RESPE, 2016d). En 2014 et 2015, respectivement 132 et 134 déclarations ont été effectuées mais aucun cas d'AVE n'a été détecté (RESPE, 2016b).

Jusqu'en 2015, un deuxième sous-réseau du Respe surveillait également l'AVE, le sous-réseau « Syndrome respiratoire aigu ». Son objectif était de déterminer l'incidence de la grippe équine, de la rhinopneumonie à herpès virus équins 1 et 4, de l'AVE et de la gourme dont l'agent est *Streptococcus equi* (RESPE, 2013). Le cas suspect est défini comme un équidé présentant une hyperthermie, un jetage séreux et une inflammation des voies respiratoires supérieures. De 2012 à 2015, entre 210 et 428 déclarations annuelles ont été effectués *via* ce sous-réseau, en excluant les suspicions spécifiques de gourme, mais aucun cas d'AVE n'a été détecté (Daix, 2013, 2014, 2015; RESPE, 2016b). Ainsi, l'AVE a été retirée des maladies recherchées dans le cadre de ce sous-réseau en 2015 et d'autres agents pathogènes ont été ajoutés (rhinovirus de type A et B, adénovirus de type 1), considérant que leur surveillance était plus pertinente (RESPE, 2016b, c).

Par ailleurs, à la suite de l'épizootie d'AVE de 2007 en Normandie, le Respe a établi un protocole de mise en place d'une cellule de crise. Cette cellule est activée en cas de risque sanitaire avéré lié à une des maladies surveillées, ou éventuellement à d'autres maladies équines jugées importantes sur les plans sanitaires et/ou économiques hors danger sanitaire de première catégorie. Elle est composée d'un « groupe leader » (directeur et président du Respe, responsable du collège Prévention sanitaire), de membres permanents (dont le président du CST et des représentants vétérinaires, de la filière et d'organismes publics) voire d'autres membres selon la maladie et les acteurs impactés, tels que des représentants des laboratoires, des scientifiques et des acteurs locaux. La cellule est mise en place sur décision du directeur après avis du groupe leader. Le cas échéant, elle est chargée de recueillir des informations sur l'évènement, d'assurer une communication sur la crise et d'établir des recommandations de gestion sanitaire. La cellule met en œuvre une enquête épidémiologique et elle coordonne les actions de prévention et de lutte ; elle joue ainsi un rôle d'investigation. Elle a été activée pour la première fois en 2011 pour la gestion de deux foyers d'AVE dans la race lusitanienne dans le sud-est de la France (Ferry, 2011; Marcillaud-Pitel *et al.*, 2012; RESPE, 2010b).

**La surveillance dans le cadre des exports et de Resumeq** fonctionne de la même manière pour que l'AIE. Toutefois pour Resumeq, le taux de létalité induit par le virus de l'AVE est très faible chez les équidés adultes, bien qu'il soit un peu plus élevé chez les jeunes poulains. Celui-ci dépend du pouvoir pathogène -très variable- des souches. Lors de l'épizootie normande de 2007, le virus a par exemple été mis en évidence dans le cadre de l'autopsie du cas index, un percheron adulte, permettant de confirmer que sa mort était due à l'AVE (Miszczak *et al.*, 2012; Pronost *et al.*, 2010). La détection la plus probable concerne cependant les fœtus examinés en cas d'avortement (Tapprest *et al.*, 2008). Au cours des neuf premiers mois d'activité du réseau, près d'une centaine d'équidés (des fœtus essentiellement, l'analyse étant quasiment systématique pour ceux-ci) ont fait l'objet d'une

recherche du virus de l'AVE, mais aucun résultat positif n'a été obtenu (N. Foucher, communication personnelle).

### 2.3.3 Système de surveillance de la métrite contagieuse équine

Le système de surveillance de la MCE se fonde sur un nombre plus réduit de dispositifs que ceux de l'AIE et de l'AVE :

- Dispositif de surveillance événementielle réglementaire,
- Dispositif de surveillance des reproducteurs,
- Surveillance des ventes,
- Surveillance des équidés exportés.

En effet, aucun sous-réseau du Respe ne recherche les cas de MCE. Par ailleurs, la maladie n'entraîne pas de mortalité et elle n'entre donc pas dans le champ de la surveillance des causes de mortalité.

**La surveillance événementielle réglementaire** ne porte que sur les juments étant donné que les mâles infectés ne présentent pas de signes cliniques. Son objectif est de « *détecter la présence de la MCE chez les équidés* » (Petry et Marcé, 2012). Entre 1992 et 2006, la MCE était classée parmi les MRC et la détection d'un cas entraînait la prise d'un APDI, prévoyant notamment l'isolement et le traitement de l'équidé infecté et la réalisation d'une enquête épidémiologique. Durant la période 1991-2005, une structure dénommée Centre d'épidémiosurveillance et d'alerte pour les maladies des équidés (Cesame) a été créée et jouait le rôle d'unité centrale. Le Cesame, qui malgré son nom étudiait seulement la MCE, était hébergé par la DDecPP de l'Orne. Il présentait l'avantage de pouvoir centraliser des données générées par tous les dispositifs de surveillance. En effet, le réseau de LDA avait obligation de lui communiquer le nombre d'équidés testés dans le cadre de la monte et des enquêtes épidémiologiques (police sanitaire) ainsi que le nombre total de cas, quel que soit le motif de l'analyse, y compris pour l'export. Des bilans de cette surveillance étaient publiés par le Cesame (Légaré, 2003) ; c'est toujours le cas ces dernières années, conjointement par la DGAL et le LNR, mais de façon irrégulière (Petry et Marcé, 2012). La base de données du Cesame n'est aujourd'hui plus accessible, y compris par son ancien responsable qui exerce à présent d'autres missions. Depuis 2006, seules les données sur les cas confirmés (devenus peu nombreux) sont centralisées par le LNR.

Il n'existe pas de définition réglementaire du cas suspect et seule la déclaration des cas est aujourd'hui obligatoire, l'investigation et la lutte étant gérées par l'IFCE et les professionnels. Le nombre de laboratoires agréés, pour les techniques de bactériologie et/ou d'immunofluorescence, est élevé (51 en 2016) comparativement à l'AIE et l'AVE (DGAL, 2016). Il diminue toutefois depuis plusieurs années (ils étaient 84 en 2006), certains LDA ne souhaitant plus conserver leur agrément

depuis que l'accréditation par le Cofrac, payante, est devenue obligatoire, compte tenu de leur faible volume d'analyses réalisées (J. Guillotin et S. Petry, communications personnelles).

Le fonctionnement du **dispositif de surveillance des reproducteurs** pour la MCE est relativement similaire à celui de l'AVE, même si le nombre de races surveillées est légèrement inférieur (IFCE, 2016a). Environ 12 000 équidés ont été testés en 2012 (B. Ferry et S. Vinatier, communications personnelles), faisant de ce dispositif le premier en nombre d'analyses MCE réalisées. Comme pour l'AVE, la sous-commission sanitaire de stud-book peut être chargée de coordonner l'investigation des foyers (Anonyme, 2014a).

La MCE est très peu **surveillée dans le cadre des ventes**. A l'instar de l'AVE, elle n'est pas un vice rédhibitoire et n'est pratiquement jamais recherchée lors des ventes privées. Certaines sociétés de ventes aux enchères demandent toutefois un dépistage pour certaines catégories d'équidés telles que les juments adultes pour Arqana (B. Salvat, communication personnelle).

Enfin, **la surveillance des équidés exportés** est similaire à celle réalisée pour l'AIE et l'AVE.

### **2.3.4 Synthèse sur les dispositifs et systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE**

#### **2.3.4.1 Diversité des dispositifs de surveillance**

La présentation des trois systèmes de surveillance met en évidence que les dispositifs/réseaux existants en filière équine sont nombreux et hétérogènes (tableau 5). Seuls certains d'entre eux ont été mis en place avec un réel objectif de surveillance, c'est-à-dire pour décrire la situation sanitaire de certaines maladies et pour la suivre dans le temps et l'espace, à l'échelle d'une population. Certains dispositifs sont en effet portés par des structures qui cherchent en premier lieu à garantir le statut sanitaire individuel d'équidés destinés à la vente, à l'export ou à la reproduction. Néanmoins pour les reproducteurs, l'objectif est également de suivre l'incidence (pour *in fine* la réduire) de l'AIE, de l'AVE et de la MCE dans les races surveillées.

**Tableau 5.** Dispositifs de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France.

Dispositif de surveillance	Maladies surveillées	Gestionnaire	Type de surveillance	Créé pour décrire / suivre la situation sanitaire	Population cible	Niveau de structuration des activités de surveillance	Quantité de données générées*	Niveau de valorisation et de diffusion des données*
<b>Surveillance événementielle réglementaire</b>	AIE, AVE, MCE	DGAL	Évènementielle / obligatoire / ciblée	oui	Toute la population équine	Moyen	Faible	Moyen
<b>Surveillance des reproducteurs</b>	AIE, AVE, MCE	IFCE et stud-books	Programmée / volontaire / ciblée	oui/non	Certains équidés reproducteurs	Elevé	Elevée	Moyen
<b>Surveillance événementielle volontaire</b>	AIE, AVE	Respe	Évènementielle / volontaire / globale	oui	Équidés surveillés par les vétérinaires sentinelles du Respe	Elevé	Modérée	Elevé
<b>Surveillance avant la vente</b>	AIE, AVE, MCE	Partenaires privés	Programmée / volontaire / ciblée	non	Équidés achetés	Faible	Faible (MCE) à élevée (AIE)	Faible
<b>Surveillance avant export</b>	AIE, AVE, MCE	Autorités sanitaires, DGAL (TRACES)	Programmée / obligatoire / ciblée	non	Équidés destinés à l'export	Faible	Faible à modérée	Faible
<b>Surveillance des causes de mortalité</b>	AIE, AVE	Resumeq	Évènementielle / volontaire / globale	oui	Équidés morts et avortons	Elevé	Faible à modéré	ND

\* S'agissant des données sanitaires relatives aux équidés testés vis-à-vis de l'AIE, de l'AVE et/ou de la MCE.

ND : non déterminé, du fait de la récence du dispositif.

L'hétérogénéité des dispositifs peut aussi être observée sous l'angle des critères de classification des réseaux de surveillance proposés par Dufour et Audigé (1997). Pour le présent travail, seules les activités de surveillance portant sur des maladies présentes en France ont été prises en compte, excluant celles portant sur des dangers exotiques ou émergents (critère de classification n°1). Un autre point de convergence est l'étendue de l'aire de surveillance (critère n°3), qui est nationale pour tous les dispositifs étudiés. En revanche, seule la surveillance événementielle réglementaire a vocation à suivre l'ensemble de la population équine, les autres dispositifs ayant pour population cible certains équidés seulement (critère n°5). Cette situation n'est pas problématique en soi, car la multiplicité des dispositifs et de leur champ de surveillance peut être complémentaire en vue de suivre la situation sanitaire globale d'une maladie. Il en est de même pour les différentes modalités de surveillance appliquées : événementielle ou programmée (critères n°4 et 6). Enfin, le type de surveillance en termes de nombre de maladies surveillées varie fortement entre dispositifs. La majorité exerce une surveillance ciblée mais le Respe et Resumeq assurent une surveillance dite globale (critère n°2).

Par ailleurs, d'après la présentation rapide des dispositifs faite précédemment, il est possible de les distinguer selon d'autres critères comme :

- leur niveau de structuration,
- leur gestion par des acteurs publics et/ou privés,
- le caractère obligatoire ou volontaire de la surveillance exercée,
- la quantité de données sanitaires générées,
- le niveau de valorisation et de diffusion des données sanitaires.

Le niveau de structuration des activités de surveillance est très hétérogène. Il est faible pour la surveillance des ventes et des exports, étant donné que ces activités n'ont pas pour objectif premier d'évaluer la situation sanitaire. Il est en revanche plus élevé pour la SER et surtout pour le dispositif de surveillance des reproducteurs, le Respe et Resumeq qui possèdent des instances d'animation, de pilotage et d'appui scientifique et technique.

Les données sanitaires générées sont parfois difficiles à quantifier. Il est en outre délicat de juger si ces quantités sont faibles ou élevées, car aucun cadre précis n'existe pour réaliser une telle appréciation (Vergne, 2012). Toutefois, il est possible de réaliser une classification relative, en comparant le nombre d'équidés testés (ou d'analyses réalisées) par chaque dispositif avec le nombre total d'équidés testés, pour chacune des trois maladies. Toutes ces données ne sont malheureusement pas disponibles. On sait cependant que la surveillance des reproducteurs génère plusieurs milliers d'analyses par an pour chaque maladie. Seule la surveillance de l'AIE dans le cadre

des ventes semble fournir une telle quantité de données. Quelques centaines d'équidés sont testés par les sous-réseaux du Respe cités précédemment. Le nombre de tests AVE réalisés dans le cadre des ventes est vraisemblablement du même ordre de grandeur. En revanche, le nombre d'équidés testés pour l'AIE, l'AVE ou la MCE *via* la SER ou Resumeq est faible, ne dépassant probablement pas quelques unités ou quelques dizaines par an.

Enfin, le niveau de valorisation épidémiologique et de diffusion des données est également très variable selon les dispositifs. Il est dépendant du degré de structuration des activités de surveillance et du fait que le dispositif ait plus ou moins vocation à décrire la situation sanitaire. La valorisation transversale pour une maladie donnée, c'est-à-dire tous dispositifs confondus, est rare en dehors des cas confirmés, mais la réalisation de bilans réguliers par le Respe pour chacun de ses sous-réseaux et de synthèses annuelles pour l'AIE par la DGAL et le LNR sont à noter.

#### **2.3.4.2 Une surveillance peu coordonnée**

Les dispositifs de surveillance existant en filière équine ont été créés successivement pour répondre à des besoins différents et légitimes. Chacun permet d'appréhender un aspect de la situation sanitaire française vis-à-vis de l'AIE, de l'AVE et de la MCE, mais uniquement de façon partielle (voir figure 34 sur les sous-populations surveillées, dans la troisième partie du deuxième chapitre sur les travaux personnels). La mise en place progressive de ces dispositifs s'est faite sans chercher à mutualiser leurs résultats. Aucune gestion transversale n'a été instaurée. Tout au plus, les informations relatives aux cas confirmés sont centralisées auprès de la DGAL et du LNR, ou l'ont été avec le Cesame pour la MCE jusqu'en 2005. Pour les dispositifs les plus structurés, la participation de représentants d'autres dispositifs au sein de leur instance de pilotage est cependant à souligner. L'IFCE est ainsi représentée au conseil d'administration du Respe et au comité de pilotage de Resumeq ; celui-ci rassemble également des agents de la DGAL et du Respe. Si ces participations croisées sont des signes encourageants de communication et de partage de compétences et d'expériences entre dispositifs, ils ne permettent pas d'aboutir à une surveillance coordonnée de chaque maladie.

### **3. Méthodes d'évaluation des systèmes de surveillance**

Fournir des données de surveillance fiables pour aider les gestionnaires sanitaires est une qualité communément recherchée par les systèmes de surveillance épidémiologique. Cette qualité doit être régulièrement évaluée pour pouvoir améliorer continuellement les systèmes de surveillance. Le but

des évaluations est plus généralement de s'assurer que les systèmes de surveillance répondent à leurs objectifs de la manière la plus efficace possible (Drewe *et al.*, 2012; Hendriks *et al.*, 2011b; Salman *et al.*, 2003).

L'évaluation d'un système de surveillance comporte généralement trois étapes, la récolte d'informations, la mesure et le jugement. Elle est à distinguer de la phase de décision, qui est habituellement le but de l'évaluation mais qui est une étape distincte (Toma *et al.*, 2010). Deux grands types de méthodes d'évaluation ont été développés, les méthodes d'évaluation qualitative ou semi-quantitative et les méthodes d'évaluation quantitative. Elles ne poursuivent pas le même objectif. Les méthodes qualitatives (ou semi-quantitatives quand elles fournissent des résultats chiffrés) permettent en effet un diagnostic général de l'organisation et du fonctionnement des systèmes de surveillance (tableau 6). Les méthodes quantitatives réalisent une évaluation ciblée de la sensibilité du système de surveillance ou de sa valeur prédictive positive, en se fondant sur des données chiffrées telles que le nombre de détections, la sensibilité et la spécificité des examens de laboratoires ou la proportion de la population surveillée présentant différents caractères influençant la probabilité d'infection ou de détection (Salman *et al.*, 2003).

**Tableau 6.** Principales caractéristiques des méthodes d'évaluation qualitative, semi-quantitative et quantitative des systèmes de surveillance épidémiologique.

Type de méthode	Objectif / champ de l'évaluation	Données utilisées	Techniques employées	Atouts	Limites
<b>Méthode d'évaluation qualitative ou semi-quantitative</b>	L'ensemble du système de surveillance	Organisation et fonctionnement du système de surveillance	Audit, suivi d'indicateurs	Apporte une vision globale et des recommandations d'amélioration	Pas d'évaluation quantitative de la sensibilité Subjectivité
<b>Méthode d'évaluation quantitative</b>	Sensibilité du système, valeur prédictive positive	Données chiffrées du système de surveillance	Outils mathématiques et statistiques	Evaluation précise Objectivité	Evaluation partielle Risque de donner une fausse impression d'exactitude et de précision si données de « mauvaise qualité »

### 3.1 Méthodes d'évaluation qualitative et semi-quantitative

Plusieurs méthodes d'évaluation qualitative ou semi-quantitative ont vu le jour, essentiellement au cours des vingt dernières années (Calba *et al.*, 2015a; Drewe *et al.*, 2012). Pour leurs concepteurs, la qualité des données produites par un système de surveillance dépend directement de son bon fonctionnement et de son niveau d'organisation. Evaluer sa qualité revient donc à évaluer son mode de fonctionnement, depuis la définition des objectifs jusqu'à la diffusion des données traitées. Ces

méthodes mettent en lumière les dysfonctionnements et proposent des améliorations (CDC, 1988; Dufour, 1999; Hendriks *et al.*, 2005).

Certaines de ces méthodes sont élaborées pour conduire des évaluations ponctuelles, en sollicitant des experts extérieurs au système évalué. Il s'agit des méthodes d'évaluation externe, ou *audits*. Elles sont à distinguer du suivi en continu de la qualité du fonctionnement du système de surveillance par des membres du système. Dans ce second cas, l'évaluation est interne et elle repose sur le suivi d'indicateurs de performance ou de fonctionnement, spécialement développés pour le système de surveillance (Dufour et Hendriks, 2011).

### **3.1.1 Audit externe**

L'audit externe est généralement mis en place à la demande du gestionnaire du système de surveillance. Il consiste à solliciter l'avis d'experts extérieurs au système évalué, parfois conjointement avec des acteurs qui en sont membres, sur le fonctionnement général dudit système. Les différentes méthodes proposées suivent globalement le même plan de marche. Une équipe d'évaluation est tout d'abord constituée. Les renseignements sur l'organisation et le fonctionnement du système sont ensuite récoltés, puis analysés pour identifier les qualités et les défauts de la surveillance. L'audit s'achève par l'émission de conclusions et de recommandations, présentées dans un rapport et parfois au cours d'une restitution orale. Une grille de lecture standardisée sert habituellement de fil rouge et de référence pour évaluer les différents aspects de la surveillance (CDC, 2001; Hendriks *et al.*, 2011b).

Les Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC) américains ont été parmi les premiers à proposer une méthode formalisée pour l'évaluation qualitative des systèmes de surveillance, dans le domaine de la santé humaine. Cette méthode a été progressivement enrichie. L'évaluation débute par une description de l'importance sanitaire du danger étudié et du système de surveillance (objectifs, utilité, activités, ressources). Elle se poursuit par l'évaluation de neuf attributs des systèmes de surveillance (simplicité, flexibilité, qualité des données, acceptabilité, sensibilité, valeur prédictive positive, représentativité, rapidité et stabilité) et se termine par la formulation de conclusions et de recommandations. Cette méthode prévoit en outre d'identifier dès les premières phases de l'évaluation quels seront les destinataires et l'utilisation des résultats de l'évaluation (CDC, 1988, 2001).

Dans le domaine de la santé animale, une méthode, apparue dans les années 1990 (Dufour, 1994, 1999), transpose aux systèmes de surveillance les principes de la méthode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*). La méthode HACCP a été initialement développée pour garantir la sécurité

sanitaire des aliments. Elle consiste à identifier *i)* les dangers sanitaires présents lors de la fabrication de denrées alimentaires et *ii)* les points critiques permettant leur maîtrise (Jouve, 1988). Ce qui était *danger sanitaire* sur la chaîne d'élaboration des aliments et devenu *biais potentiel* pour les systèmes de surveillance dans la méthode d'évaluation proposée par Dufour. Cette approche permet en effet d'identifier les biais possibles (de conception, d'échantillonnage, de mesure, d'analyse, etc.) puis les points critiques pour leur contrôle. Ces points critiques correspondent aux aspects du système de surveillance qu'il faut maîtriser pour garantir la qualité des informations produites. Les sept points critiques sont les objectifs de la surveillance, l'échantillonnage, la coordination et la vigilance des acteurs, les techniques de surveillance, la collecte et la circulation des données, la gestion et l'analyse des données, ainsi que la diffusion des informations, auxquels peut s'ajouter un huitième point, les facteurs environnementaux (comprenant la surveillance des vecteurs et de la faune sauvage). Il s'agit d'une méthode semi-quantitative car la conformité de chaque point critique est évaluée de manière chiffrée et le système se voit attribuer une note finale sur 100. Cette méthode a été appliquée à des systèmes de surveillance français et étrangers (Dufour, 1999; Dufour *et al.*, 1998).

Hendrikx et coll. ont ensuite développé une méthode d'évaluation, appelée Outil d'analyse des systèmes de surveillance (Oasis), qui regroupe différentes approches dont celles de Dufour et des CDC américains et qui se déroule en trois temps (Hendrikx *et al.*, 2011b). La première étape est la collecte des données relatives à la structure et au fonctionnement de la surveillance, s'effectuant au moyen d'un questionnaire très détaillé divisé en dix sections fonctionnelles. Ces sections sont les objectifs et le champ de la surveillance, l'organisation institutionnelle centrale, l'organisation institutionnelle de terrain, les laboratoires, les outils de surveillance, les modalités/procédures de surveillance, la gestion des données, la formation, la communication et l'évaluation. Les informations sont recueillies au cours d'entretiens semi-directifs réalisés par une équipe d'évaluation composée de deux à quatre personnes, incluant des experts externes et des acteurs du système. L'équipe rencontre et audite des membres de chaque échelon du système de surveillance, depuis le terrain jusqu'au niveau central en passant par les structures intermédiaires. La deuxième phase est la notation de 78 critères répartis selon les dix sections évoquées précédemment, chaque section comportant entre 4 et 14 critères. Cette étape s'appuie sur un guide de notation qui précise les notes attribuables (échelle de zéro à trois) et le niveau de satisfaction du critère auquel elles correspondent. La dernière étape est la formulation de recommandations d'amélioration. La grille de notation permet une présentation des résultats sous la forme de trois sorties graphiques complémentaires, générées automatiquement en combinant de trois manières différentes les 78 critères évalués. La première sortie illustre par des camemberts le niveau de satisfaction des dix sections fonctionnelles. La deuxième sortie (histogramme) porte sur l'estimation semi-quantitative des points critiques proposés par Dufour (1999) et la troisième sur l'évaluation de dix attributs,

incluant les neuf attributs du CDC précédemment cités et l'utilité, représentés sous la forme d'un radar. Cette méthode a été appliquée, directement ou après adaptation, à plusieurs systèmes de surveillance et à différentes espèces animales en France et à l'étranger (Calavas *et al.*, 2012a; Faverjon, 2012; Gorecki *et al.*, 2012; Hendriks *et al.*, 2013; Peyre *et al.*, 2011). Une variante flash a été développée ultérieurement, qui permet une collecte plus rapide des données et qui ne nécessite pas d'audit sur le terrain (Calba *et al.*, 2015b; Plateforme ESA, 2014a).

D'autres méthodes comportant des guides et grilles de notation ont été mises au point, dont le nombre de critères et leur mode de notation varient. C'est le cas d'Ohashi et coll. (2010) qui ont développé une méthode d'analyse hiérarchique permettant d'évaluer treize critères relatifs à la fiabilité de la surveillance. Le poids des critères au sein de ce guide est variable car attribué par les évaluateurs eux-mêmes. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a également développé une méthode d'évaluation semi-quantitative (WHO, 2011) contenant un guide et une grille de notation de près de 150 critères. Cette grille se présente sous la forme d'une check-list à renseigner de façon binaire. La note « 1 » est attribuée lorsque l'item est complètement satisfait et la note « 0 » s'il est partiellement ou non satisfait. A la place d'un guide de notation ou d'une liste de critères à évaluer, certains auteurs ont proposé une méthode consistant à comparer le système de surveillance étudié à un fonctionnement « standard » de référence (El Allaki *et al.*, 2013).

Plus récemment, une méthode d'évaluation qualitative appelée Serval a été mise au point (Drewe *et al.*, 2013b). Elle présente la caractéristique d'être modulable. En fonction des objectifs du système de surveillance étudié, les évaluateurs choisissent cinq à dix attributs d'évaluation parmi une liste de vingt-deux. Cette adaptabilité permet de cibler l'évaluation et de réduire sa durée. Elle peut toutefois conduire à ne pas évaluer certains aspects pourtant importants de la surveillance. Par exemple, pour un système dont l'objectif est de mesurer la prévalence d'une infection enzootique, la méthode ne recommande pas d'évaluer les attributs relatifs à la couverture de la population et à la gestion des données (attributs classés dans la troisième et dernière catégorie par ordre de priorité). La méthode Serval fournit par ailleurs un guide aux évaluateurs pour définir le but et le champ de l'évaluation (temps, ressources) ainsi que les destinataires et le mode de diffusion des résultats (Drewe *et al.*, 2013a; Drewe *et al.*, 2013b).

D'autres méthodes d'audit externe ont été mises au point pour évaluer les systèmes de surveillance en santé publique et environnementale (HSCC, 2004; Kansanterveyslaitos Folkhälsoinstitutet, 2004; Malecki *et al.*, 2008; Meynard *et al.*, 2008; Mitchell *et al.*, 2009). Elles présentent toutefois moins d'intérêt pour notre travail parce qu'elles ont été développées spécifiquement pour des domaines autres que celui que nous avons étudié mais leur utilisation (si besoin après adaptation) en santé animale pourrait être investiguée à l'avenir.

### 3.1.2 Suivi d'indicateurs de fonctionnement

L'évaluation d'un système de surveillance peut également se faire en continu et en interne, par les animateurs du système eux-mêmes. Une telle évaluation nécessite de définir et de suivre des indicateurs de fonctionnement, aussi appelés indicateurs de performance. Ces indicateurs peuvent être définis comme des « *variables en nombre limité, réunies dans un tableau de bord, qui permettent de calculer en continu le niveau de réalisation des activités prioritaires d'un réseau de surveillance épidémiologique afin d'en faciliter le pilotage* » (Hendriks et Dufour, 2004). Pour que cette démarche opère, elle doit résulter d'une décision stratégique et recueillir l'adhésion et l'implication des acteurs du système de surveillance (Hendriks et Dufour, 2004; Mair, 1995; Majeed et Voss, 1995; Phillips *et al.*, 2010).

Les indicateurs sont choisis de manière à être facilement calculables et à bien refléter le niveau de fonctionnement des activités clés du système de surveillance (animation, détection, déclaration, confirmation, analyse, communication, *etc.*) (Dominguez *et al.*, 2013; McNabb *et al.*, 2004). Il s'agit très généralement de nombres ou de proportions, tels que le nombre de réunions annuelles d'animation, le taux de réalisation de la collecte d'échantillons, la proportion de suspicions déclarées en moins de trois jours, la proportion de districts pour lesquels un bilan de la surveillance programmée est transmis tous les 90 jours ou le nombre de synthèses publiées par unité de temps (Dominguez *et al.*, 2013; Hendriks *et al.*, 2005; IAEA, 2001; McNabb *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2010). Les indicateurs peuvent être suivis au moyen d'un tableau de bord, donnant une vision synthétique, claire et instantanée du fonctionnement (Hendriks et Dufour, 2004).

Le but de cette méthode n'est pas d'évaluer la performance individuelle des acteurs mais la performance globale du système pour les activités jugées prioritaires (Phillips *et al.*, 2010). Au-delà de l'évaluation, cette méthode permet d'adapter régulièrement le pilotage du système de surveillance (Dominguez *et al.*, 2013; IAEA, 2001). Elle vise en effet à détecter précocement les défauts de fonctionnement qui auraient une répercussion sur la qualité des résultats, afin d'en chercher les causes et de les corriger (Dobson, 1999). L'identification des causes peut se faire à l'aide d'indicateurs de diagnostic, qui sont des « *variables associées à un indicateur de performance permettant de calculer le niveau de réalisation des activités liées à cet indicateur* » (Hendriks et Dufour, 2004). Les indicateurs de diagnostic permettent ainsi de diagnostiquer un dysfonctionnement mis en évidence par un indicateur de performance (Dufour et Hendriks, 2011; Hendriks et Dufour, 2004).

Les indicateurs doivent être définis spécifiquement pour le système concerné, bien que des listes d'indicateurs génériques existent et puissent servir de base, à adapter (Dominguez *et al.*, 2013). Le corollaire est que les indicateurs de fonctionnement ne constituent généralement pas un outil destiné et adapté à la comparaison de plusieurs systèmes de surveillance, ce que permettent en revanche la plupart des méthodes d'audit externe (Hendriks et Dufour, 2004).

Par leur mode de suivi (continu), les indicateurs de fonctionnement sont complémentaires des audits périodiques, qui pour leur part investiguent un plus grand nombre de critères, notamment des variables structurelles qui sont habituellement stables et moins propices à une évaluation en continu (Hendriks et Dufour, 2004). Le suivi d'indicateurs de fonctionnement est une méthode d'évaluation ordinairement rapide à mettre en place, assez peu onéreuse et elle a montré son efficacité pour améliorer les systèmes de surveillance (Hendriks *et al.*, 2005; McNabb *et al.*, 2004).

### **3.2 Méthodes d'évaluation quantitative**

Les méthodes d'évaluation qualitative et semi-quantitative permettent un diagnostic des problèmes d'organisation et de fonctionnement d'un système de surveillance et sont indispensables pour pouvoir améliorer la surveillance. Elles portent sur de nombreux aspects du système de surveillance, dont la sensibilité, mais elles ne permettent pas une évaluation quantitative de celle-ci. La sensibilité est un paramètre essentiel des systèmes de surveillance. Elle peut être définie de deux manières. Il peut s'agir de la capacité à détecter une maladie (c'est-à-dire au moins un cas) dès lors qu'elle est présente sur un territoire, ou bien de l'aptitude à détecter tous les cas de la maladie présents sur un territoire (CDC, 2001). L'estimation de la sensibilité par les méthodes quantitatives présentées ci-après est une démarche complémentaire de l'évaluation plus large permise par les approches qualitatives et semi-quantitatives.

L'estimation de la sensibilité d'un système de surveillance peut s'avérer complexe, pour des raisons liées à la maladie et à l'hôte (par exemple faible prévalence, variabilité de la réponse immunitaire) ou au système de surveillance, telles que la détection non-aléatoire des cas et l'absence d'examen de laboratoire parfait. En effet, il est parfois techniquement impossible de mettre en place des procédures de surveillance permettant une détection équiprobable des cas. Un tel objectif peut aussi être écarté car jugé trop coûteux ou inopportun. Ainsi, de nombreux systèmes mettent à présent en place une surveillance ciblée sur les populations les plus à risque pour améliorer leur rapport coûts-bénéfices, (Ribeiro-Lima *et al.*, 2016; Rodríguez-Prieto *et al.*, 2015; Stärk *et al.*, 2006). Il s'agit habituellement des individus ayant le plus de risque d'être infectés. Le choix peut aussi se porter sur les animaux pour lesquels l'infection aurait le plus fort impact économique (animaux de haute valeur ou destinés aux échanges commerciaux par exemple) ou ceux ayant le plus fort potentiel de diffusion

(animaux reproducteurs pour une maladie à transmission vénérienne, chevaux de course ou de sport participant à des compétitions internationales). Par ailleurs, les méthodes diagnostiques permettent rarement une détection parfaite des cas et/ou l'obtention de résultats systématiquement négatifs pour les individus non infectés (Joseph *et al.*, 1995; Praud *et al.*, 2012; Toma *et al.*, 2010). On parle alors respectivement de défaut de sensibilité et/ou de spécificité des tests, dont le niveau n'est pas toujours connu en pratique. Cette méconnaissance a pour conséquence la difficulté à estimer le nombre réels de cas dans la population et donc à évaluer précisément la sensibilité du système de surveillance (Martin *et al.*, 2007a).

Les deux principales méthodes quantitatives employées en santé animale pour évaluer la sensibilité d'un système de surveillance sont les méthodes de capture-recapture et les arbres de scénarios. Les premières permettent d'estimer la sensibilité en termes d'aptitude à détecter l'ensemble des cas présents sur un territoire donné, tandis que les secondes se concentrent plutôt sur la capacité du système à mettre en évidence la maladie si elle est effectivement présente sur le territoire.

### **3.2.1 Les méthodes de capture-recapture**

Les méthodes de capture-recapture permettent d'estimer le nombre total de cas d'une maladie sur un territoire donné, que ces cas aient été détectés ou non. Elles se servent pour cela du nombre de cas détectés par le système de surveillance. Ces méthodes permettent alors de mesurer la sensibilité du système, en faisant le rapport entre le nombre de cas détectés et le nombre total estimé de cas. Selon les données disponibles et le type d'approche employée, l'unité épidémiologique étudiée n'est pas toujours le cas, mais peut être un regroupement de cas, à l'échelle de l'élevage, de la commune, du district, *etc.*

Les méthodes de capture-recapture ont initialement été développées dans les domaines de la démographie puis de l'écologie pour estimer la taille de populations sauvages et les paramètres de dynamique de ces populations (Cormack, 1964; Laplace, 1786; Lebreton *et al.*, 1992; Lincoln, 1930; Petersen, 1896). Elles ont ensuite été transposées à la santé humaine pour estimer le nombre de personnes atteintes par une maladie, essentiellement depuis une vingtaine d'années (Hook et Regal, 1995; IWGDMF, 1995a, b). Les premières publications en santé animale pour estimer l'incidence et la sensibilité de la surveillance datent d'une dizaine d'années (Böhning et Del Rio Vilas, 2008; Del Rio Vilas et Böhning, 2008; Del Rio Vilas *et al.*, 2005).

Deux grandes catégories de méthodes de capture-recapture peuvent être distinguées, appelées *multilistes* et *unilistes*. L'approche multiliste est la plus communément utilisée pour estimer des tailles de populations infectées. Elle se fonde sur plusieurs sources, ou *listes*, de cas détectés. Ces listes de cas sont produites par des activités de surveillance différentes. Elles peuvent par exemple

provenir de registres d'hôpitaux, de laboratoires, de cabinets médicaux, de déclarations spontanées ou de dispositifs de surveillance programmée (El Adssi *et al.*, 2013; Vong *et al.*, 2012). Ces listes sont par nature incomplètes et le nombre de cas non détectés (*i.e.* recensés par aucune liste) n'est pas connu. En repérant les détections croisées, c'est-à-dire les cas communs aux différentes listes, il est possible, sous certaines conditions, d'estimer le nombre de cas non détectés. Ce dernier nombre permet ensuite d'estimer le nombre total de cas et la sensibilité de chaque source de données (IWGDMF, 1995a).

L'approche uniliste ne s'intéresse pas aux détections croisées mais aux fréquences de détection, c'est-à-dire au nombre de fois qu'un cas (ou toute autre unité épidémiologique) est détecté. Cette approche permet de contourner les problèmes d'application des méthodes multilistes lorsqu'une seule source de données existe ou lorsque les individus ne peuvent pas être identifiés par plusieurs sources (Vergne *et al.*, 2015). Ces situations sont fréquentes pour les systèmes de surveillance en santé animale. Par exemple, certains animaux ne font l'objet d'un dépistage qu'au moment de leur abattage, rendant impossible leur détection ultérieure. C'est également le cas lorsque, pour certaines maladies, la réglementation prévoit que tout individu détecté infecté soit isolé puis euthanasié dans un délai bref, de l'ordre de quelques jours à quelques semaines. Pour observer des détections multiples, il faut alors changer d'échelle, ne plus considérer la détection de l'individu infecté, mais la détection d'une *unité épidémiologique élargie* qui peut être l'élevage, ou tout autre périmètre regroupant des sujets réceptifs. La fréquence de détection qui sera alors modélisée est le nombre de détections de l'élevage, c'est-à-dire le nombre d'animaux infectés appartenant à cet élevage qui auront été détectés par le système de surveillance. Le nombre d'unités infectées non détectées n'est pas connu et son estimation est le but des méthodes unilistes (Vergne, 2012).

Deux types de modèles unilistes sont utilisables selon les données disponibles, les modèles *tronqués en zéro* et les modèles *enflés en zéro*. Les modèles tronqués en zéro sont employés lorsque les données ne portent que sur les unités infectées ayant été détectées au moins une fois. Les unités infectées non détectées (ayant *zéro* détection) sont absentes du jeu de données et doivent alors être estimées (Böhning et Del Rio Vilas, 2008; Del Rio Vilas et Böhning, 2008; Vergne *et al.*, 2012). Au contraire, lorsque le jeu de données porte sur la population totale, les unités ayant *zéro* détection sont surreprésentées : il peut s'agir d'unités soit non infectées, soit infectées mais dont l'infection n'a pas été détectée. Les modèles dits *enflés en zéro* sont alors utilisés, afin d'estimer la part d'unités infectées non détectées parmi l'ensemble des unités à zéro détection (Bronner *et al.*, 2013; Vergne *et al.*, 2014). Les modèles enflés en zéro modélisent le nombre de détections de chaque *unité*, alors que ceux tronqués en zéro modélisent le nombre de détections de chaque *unité infectée* uniquement (Vergne *et al.*, 2015).

### 3.2.2 Les arbres de scénarios

Les arbres de scénarios permettent d'estimer l'aptitude d'un système de surveillance à détecter une maladie sachant qu'elle est présente à un taux de prévalence limite donné, dénommé  $P^*$ , c'est-à-dire sa capacité à détecter au moins un cas de la maladie. Ils sont aussi utilisés pour calculer la probabilité que cette maladie soit absente sachant qu'elle n'a jamais été détectée (Martin *et al.*, 2007a).

Le principe de la méthode est d'estimer la sensibilité de la surveillance pour chaque sous-groupe de la population surveillée. Ces sous-groupes sont définis de manière à ce qu'en leur sein chaque individu ait la même probabilité d'être infecté par la maladie et d'être testé dans le cadre du système de surveillance, sachant que la population générale est infectée à un taux de prévalence  $P^*$ . Pour arriver à distinguer chaque sous-groupe, la population étudiée est représentée sous la forme d'un arbre, qui « pousse » habituellement vers le bas. Le tronc correspond à l'ensemble de la population et se subdivise en branches successives. Chaque subdivision correspond à une différence de probabilité d'infection selon les groupes d'individus (premières ramifications) ou à une différence de probabilité de détection (dernières ramifications). Les probabilités associées à chaque ramification doivent être préalablement connues ou estimées, par exemple à partir de données historiques ou publiées ou à dire d'experts. Elles permettent le calcul de la probabilité d'occurrence de l'évènement survenant au bout de chaque branche : détection ou non détection. A chaque nœud, la somme des probabilités des différentes ramifications est égale à 1 (Hood *et al.*, 2009; Martin *et al.*, 2007a).

Introduite dans le domaine de la surveillance des maladies animales il y a une dizaine d'années par Martin et coll. (2007a; 2007b), cette méthode est de plus en plus utilisée pour évaluer la sensibilité de la surveillance mais aussi pour mettre en évidence qu'un territoire est indemne d'une maladie donnée (Christensen et Vallières, 2016; Foddai *et al.*, 2016; Rivière *et al.*, 2015; Welby *et al.*, 2012). Pour atteindre ce dernier objectif il est nécessaire, après avoir calculé la sensibilité globale pour un taux de prévalence limite  $P^*$  donné, de déterminer une probabilité *a priori* que le territoire soit infecté avant toute action de surveillance (*prior*). Dans l'hypothèse où la spécificité de la surveillance est parfaite, la sensibilité globale et le *prior* permettent alors de calculer la probabilité que le territoire soit indemne sachant qu'aucun cas n'a été identifié dans le cadre de la surveillance. Cette probabilité peut aussi être appelée *valeur prédictive négative* (VPN) du système de surveillance (Martin *et al.*, 2007a).

## 4. Problématique et objectifs de la thèse

Le besoin de protéger la santé publique et la santé animale et la volonté de réduire l'impact économique des maladies infectieuses a conduit à la mise en œuvre de mesures de surveillance vis-à-vis des agents pathogènes jugés les plus dangereux. Pour une même maladie, les mesures de surveillance sont parfois multiples et assurées par plusieurs dispositifs, composant ensemble un système de surveillance (Alba *et al.*, 2010; Rivière *et al.*, 2014; Welby *et al.*, 2013). Bien qu'une certaine complémentarité puisse être légitimement attendue de ces différents dispositifs, elle ne se vérifie pas toujours (World Bank, 2016). Les motivations qui président à leur mise en place peuvent être très différentes et ils ne sont pas toujours conçus de manière concertée. Lors de la création d'un nouveau dispositif, son articulation avec ceux déjà existants n'est pas systématiquement étudiée ni préparée. Il en résulte généralement un recouvrement partiel des populations surveillées, certains individus pouvant être testés plusieurs fois de manière rapprochée par plusieurs dispositifs sans réel bénéfice en termes de sensibilité de surveillance. Parallèlement, des parties entières de la population peuvent n'être couvertes par aucun dispositif, alors même que leur surveillance présenterait un intérêt.

Si les gestionnaires d'un système de surveillance se posent naturellement et régulièrement la question des moyens à mettre en œuvre pour améliorer la surveillance, cette interrogation résonne de manière particulière pour les systèmes dit complexes, c'est-à-dire « multi-dispositifs ». Le dictionnaire Larousse définit le verbe *améliorer* comme le fait d' « *augmenter les qualités, les capacités, le niveau de quelque chose, de quelqu'un, les rendre meilleurs* ». Pour un système de surveillance, quelle est la principale qualité à améliorer ? C'est sans doute sa capacité à détecter la plus grande proportion possible de cas, que l'on pourrait appeler *efficacité*, ou sa capacité à détecter une grande proportion des cas à moindre coût, que l'on peut nommer *efficience*. Pour un système de surveillance complexe, l'efficacité et l'efficience peuvent être améliorées non seulement pour chaque dispositif mais également de manière globale à l'échelle du système. Parvenir à ce dernier objectif nécessite de développer une *interconnexion* entre les dispositifs.

L'interconnexion, toujours d'après le dictionnaire Larousse, est une association par *connexion*, elle-même définit comme l' « *action de lier par des rapports étroits* », le « *fait d'être lié* » ou la « *réunion (...) de deux machines entre elles pour se compléter ou fonctionner simultanément* ». Il est intéressant de noter que ces définitions distinguent un niveau structurel, les liens étroits ou la réunion, et un niveau fonctionnel, l'action complémentaire, qui est la résultante du lien structurel. Il n'existe pas de définition de l'interconnexion propre aux systèmes de surveillance. Elle pourrait cependant se définir comme « la mutualisation des compétences, des équipes, des informations, des moyens techniques

et financiers provenant de plusieurs dispositifs ou systèmes de surveillance dans le but d'améliorer l'efficacité et/ou l'efficacité de la surveillance d'un ou plusieurs dangers sanitaires ».

Les principaux bénéfices attendus de l'interconnexion sont :

- une meilleure connaissance de la prévalence / incidence des dangers sanitaires d'une filière pour conduire à la mise en œuvre des mesures de prévention et de lutte les plus adaptées. Cette connaissance peut aussi permettre de hiérarchiser les dangers selon leur situation sanitaire afin d'allouer au mieux les ressources humaines, matérielles et financières,
- la collaboration des acteurs d'une même filière et leur investissement collectif autour d'enjeux sanitaires,
- la mutualisation des coûts de surveillance entre différents systèmes de surveillance dans une même filière.

Si le niveau d'interconnexion entre les dispositifs composant un même système de surveillance est parfois faible, il n'existe pas à notre connaissance de méthode disponible permettant de mettre en place une telle interconnexion<sup>3</sup>. Partant de ce constat, le présent travail de thèse s'est attaché à essayer de répondre à la question suivante :

**« Comment l'interconnexion des dispositifs de surveillance existants pourrait améliorer la surveillance des maladies infectieuses et comment la mettre en place ? »**

Pour trouver des réponses à cette question, nous avons choisi de prendre comme support d'application trois systèmes de surveillance de maladies infectieuses équine en France, ceux de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine en France. Ces trois systèmes, qui n'avaient pas fait l'objet d'évaluation avant nos travaux, illustrent la variété des modalités de surveillance pouvant être appliquées aux maladies présentes sur un territoire. Ils comportent des dispositifs reposant en partie sur les mêmes acteurs (détenteurs, vétérinaires, laboratoires, autorités sanitaires), laissant entrevoir des possibilités d'interconnexion. Par ailleurs, les liens croissants entre les acteurs de la filière équine autour des sujets sanitaires laisse supposer qu'ils seraient demandeurs, ou du moins favorables à une plus grande interconnexion entre dispositifs au sein de chaque système de surveillance, voire entre les différents systèmes.

---

<sup>3</sup> Il existe néanmoins des guides pour la mise en place de systèmes de surveillance supranationaux, c'est-à-dire régionaux ou internationaux (WHO, 2012; WHO et CDC, 2001, 2010). Cependant ces systèmes, parfois appelés *réseaux de réseaux de surveillance*, n'ont pas pour but de coordonner des activités de surveillance différentes sur une même zone géographique, car chaque système composant le réseau supranational s'applique pour un pays donné. Les systèmes supranationaux ont pour mission de centraliser et de diffuser les données et d'harmoniser les méthodes de surveillance dans chaque pays, et non pas de rechercher une complémentarité entre diverses modalités de surveillance (Dufour et Hendrikx, 2011).

Afin de répondre à notre question de recherche précitée, nous avons suivi une démarche en trois étapes. La mise en œuvre d'une interconnexion nécessite de bien connaître les dispositifs existants, leur organisation, leur fonctionnement, leurs qualités et leurs défauts. Des pistes d'interconnexion pertinentes peuvent en effet être formulées d'autant plus facilement qu'un diagnostic précis a été accompli au préalable. Comme cela a été précisé plus haut, le diagnostic gagne en intérêt et en complémentarité lorsqu'il associe une évaluation quantitative de la sensibilité à une évaluation qualitative ou semi-quantitative plus générale de la surveillance. Pour cette raison, la thèse a comporté un premier travail d'estimation de la sensibilité de la surveillance. Compte tenu du nombre de maladies et de dispositifs étudiés, mais aussi de la quantité de données disponibles, il n'était pas possible de réaliser une telle estimation pour tous les dispositifs. Pour des raisons précisées plus loin, nous avons effectué cette évaluation de la sensibilité pour le dispositif de surveillance des reproducteurs, pour l'artérite virale équine, en utilisant une méthode de capture-recapture. La deuxième étape a porté sur l'évaluation semi-quantitative des systèmes de surveillance. Elle a été conduite pour les trois systèmes (AIE, AVE, MCE) au moyen de la méthode Oasis flash. Enfin, une fois les diagnostics achevés, un travail d'identification et de hiérarchisation de pistes d'amélioration et d'interconnexion prioritaires a été mené. Il s'est fondé sur un atelier participatif réunissant une trentaine d'acteurs sanitaires et de la filière équine. Cette troisième étude a inclus une évaluation des niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact attendu pour chaque piste envisagée.

La présentation de nos travaux s'articule autour des chapitres suivants :

- Le chapitre « Travaux personnels » correspond au fruit du travail réalisé pendant trois ans pour répondre à la question de recherche :
  - sa première partie porte sur l'évaluation quantitative de la sensibilité du dispositif de surveillance de l'AVE chez les équidés reproducteurs par méthode de capture-recapture uniliste,
  - une deuxième partie est consacrée à l'évaluation semi-quantitative et comparative des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE par la méthode Oasis flash,
  - la troisième partie traite de l'identification et de la hiérarchisation des pistes d'amélioration et d'interconnexion dans le cadre d'un atelier participatif,
  - la quatrième partie constitue une synthèse des travaux précédents en analysant les domaines de la surveillance ayant fait l'objet de propositions d'interconnexion,
- Le chapitre « Discussion générale » aborde ensuite les avantages et inconvénients du choix des systèmes de surveillance étudiés, ainsi que les intérêts et les limites de la démarche adoptée pour apporter des réponses à notre question de recherche. Les perspectives

méthodologiques, de recherche et d'application de notre démarche sont également discutées,

- En conclusion, nous reprenons de façon synthétique les principaux enseignements et les perspectives de ce travail.

# Deuxième chapitre : Travaux personnels

## 1. Evaluation quantitative de la sensibilité du dispositif de surveillance de l'artérite virale équine chez les reproducteurs par méthode de capture-recapture

**Ce travail a donné lieu à une publication (annexe 1) :**

**Amat, J.P.,** Vergne, T., Tapprest, J., Ferry, B., Hans, A., Hendriks, P., Dufour, B., Leblond, A., 2016. Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock. *Veterinary Microbiology* 192, 34-42.

### 1.1 Introduction

Les dispositifs de surveillance ont rarement –pour ne pas dire jamais- une sensibilité parfaite, du fait de limites techniques et financières et/ou de particularités biologiques des agents pathogènes surveillés (formes asymptomatiques, infection fugace, faible réponse immunitaire, *etc.*). Cette première partie a pour objectif d'évaluer quantitativement la sensibilité du dispositif de surveillance de l'artérite virale équine chez les reproducteurs, c'est-à-dire sa capacité à détecter les cas d'infection et les foyers, afin de mesurer de manière la plus objective possible un critère d'efficacité habituellement jugé important pour tout dispositif de surveillance. Nous avons choisi d'employer une méthode de capture-recapture car ces méthodes, utilisées depuis une petite dizaine d'années en santé animale, ont montré leur efficacité pour estimer la sensibilité d'un dispositif en se fondant sur les données collectées (Vergne *et al.*, 2015). Les méthodes de capture-recapture ont en effet l'intérêt d'évaluer le nombre d'unités infectées (individus, élevages, villages, *etc.*) non détectées par une action de surveillance. La sensibilité d'un dispositif de surveillance peut alors être calculée en faisant le rapport entre le nombre d'unités infectées détectées et le nombre total d'unités infectées (incluant les unités non détectées), estimé par la méthode de capture-recapture (Hook et Regal, 1995; Vergne *et al.*, 2015).

Plusieurs raisons ont conduit à cibler notre étude sur le dispositif de surveillance des reproducteurs pour l'AVE et sur une méthode de capture-recapture uniliste. En effet, afin d'évaluer la sensibilité de la surveillance telle qu'elle est menée actuellement ou récemment, nous avons décidé de ne pas analyser de données de surveillance ayant plus de dix ans. Or, pour les trois maladies étudiées, aucun

cas (animal infecté) ni foyer (élevage ou commune avec au moins un cas) n'a été détecté conjointement par plusieurs dispositifs au cours des dix dernières années d'après les informations disponibles, rendant impossible le recours aux méthodes multilistes. Nous avons donc retenu une approche uniliste. Par ailleurs, le choix de l'AVE et du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) est dû à la quantité et à la qualité des données disponibles. En effet, la robustesse des résultats d'une étude par méthode de capture-recapture dépend directement du nombre de détections connues et pouvant donc être incluses dans le modèle (Vergne, 2012). Même s'il n'existe pas de seuil formalisé à notre connaissance, il est sans doute raisonnable de considérer qu'environ une centaine de détections au minimum sont nécessaires pour obtenir des résultats facilement interprétables. Le petit nombre de cas d'AIE et de MCE détectés ces dix dernières années ne permettait donc pas de recourir à ces méthodes. Pour l'AVE, le nombre de cas semblait en revanche suffisant (en particulier en tenant compte des séroconversions), bien qu'il ne fût pas précisément connu avant l'étude faute d'analyse épidémiologique optimale des données. Le DSR a alors été retenu car il est à l'origine de la grande majorité des analyses AVE en France.

L'objectif principal de ce travail a donc été d'évaluer la sensibilité du DSR en termes de détection de foyers d'AVE chez les équidés reproducteurs, entre 2006 et 2013. Le foyer a été défini comme une commune comportant au moins un cas (voir définitions détaillées du cas et du foyer *infra*). Ce dispositif repose essentiellement sur des tests sérologiques réalisés annuellement sur les reproducteurs. L'identification des cas repose sur l'objectivation d'une séroconversion. Toutefois, cette mise en évidence n'est pas toujours simple et le nombre de cas et de foyers détectés chaque année par le dispositif n'est pas connu. Par conséquent, l'objectif principal de notre étude s'est décomposé en deux sous-objectifs: i) connaître le nombre de cas et de foyers effectivement détectés par le dispositif en utilisant des règles d'identification des séroconversions spécialement définies pour cette étude, ii) estimer le nombre total de foyers chez les reproducteurs, détectés ou non, par méthode de capture-recapture pour calculer la sensibilité du dispositif.

## **1.2 Matériel et méthodes**

### **1.2.1 Dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR)**

Le DSR est géré par l'IFCE et les stud-books (voir Premier chapitre, partie sur les dispositifs de surveillance). La surveillance de l'AVE chez les reproducteurs n'est pas formellement obligatoire, mais certains stud-books conditionnent l'inscription du poulain à naître au registre généalogique de la race à la réalisation de tests pour l'AVE chez l'étalon et la jument (Anonyme, 2014a; IFCE, 2015a). L'objectif de cette surveillance est de prévenir la contamination des reproducteurs et la propagation de la maladie par la monte naturelle ou artificielle. Les tests doivent être réalisés pour chaque saison

de monte et avant la première saillie. La saison de monte dure de février à début juillet chaque année et les tests sont effectués pour plus de 80 % d'entre eux entre janvier et avril (S. Vinatier, communication personnelle). Pour les juments, le dépistage est exigé uniquement pour celles produisant des poulains de course. Il s'agit de -quasiment- toutes les juments de race Pur-Sang (PS) et Autre-Que-Pur-Sang (AQPS) et d'une partie des juments de races Arabe (AR), Anglo-Arabe (AA) et Selle Français (SF) (IFCE, 2015a). Une vingtaine de races d'étalons utilisés en monte naturelle sont aussi sous surveillance ainsi que tous les étalons utilisés pour l'insémination artificielle. Quelques demandes d'analyses volontaires sont également effectuées pour des juments et étalons d'autres races.

La France comporte environ 40 000 élevages d'équidés, c'est-à-dire de structures professionnelles ou de particuliers détenant au moins une jument utilisée pour la reproduction, appelée ci-après jument reproductrice ou poulinière. Ces élevages regroupent environ 8 000 étalons et 80 000 poulinières en activité, toutes races confondues. Environ 7 000 de ces élevages détiennent les 13 000 équidés testés pour l'AVE chaque année, dont 10 000 juments (entre 9 777 et 10 867 par an entre 2006 et 2013). Ces juments sont réparties dans 6 000 élevages, eux-mêmes localisés dans 2 000 communes (entre 1 794 et 2 343 communes selon les années entre 2006 et 2013). Plus de 40% de ces communes sont situées en Basse-Normandie, Pays-de-la-Loire ou Bretagne, les trois plus grandes régions d'élevage du pays (B. Ferry, X. Dornier et S. Vinatier, communications personnelles).

La surveillance repose essentiellement sur la réalisation annuelle du test de neutralisation virale (VNT pour *viral neutralization test* en anglais), réalisé sur sérum. Il s'agit du test de référence prescrit par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) pour l'AVE (OIE, 2013). Il détecte la présence d'anticorps neutralisants plusieurs années après infection naturelle (Timoney et McCollum, 1993). Il est le seul test utilisé chez les poulinières du fait de la brève persistance virale chez les juments (Balasuriya *et al.*, 2013). Un vaccin à virus inactivé (Artervac® Zoétis Santé animale, Kalamazoo, Michigan, USA) est commercialisé en France et induit chez l'équidé vacciné une production d'anticorps neutralisants détectables par le VNT, mais les juments ne sont pas vaccinées en France contrairement à une partie des étalons (B. Ferry, communication personnelle). La surveillance des étalons repose en partie sur le VNT mais aussi sur la mise en œuvre de tests virologiques pour la détection du virus dans la semence par isolement viral et test d'amplification en chaîne par polymérase après transcription inverse (*reverse transcriptase-polymerase chain reaction* ou RT-PCR). En plus des étalons vaccinés, ces tests virologiques sont pratiqués en cas de résultat positif en VNT pour confirmer l'infection et pour vérifier si l'étalon excrète le virus dans sa semence.

Les données collectées par le DSR -dont la date des tests, les méthodes, les résultats, les laboratoires, les identifiants de l'équidé et la localisation- sont enregistrées par l'IFCE dans la base de données Sire.

### **1.2.2 Données utilisées**

Les données que nous avons utilisées proviennent de la base Sire. Les données relatives à tous les équidés reproducteurs avec au moins un résultat positif en VNT entre janvier 2006 et décembre 2013 ont été extraites. Pour chaque équidé, un identifiant unique, le sexe, la localisation, la date et les résultats des tests sérologiques de l'AVE (VNT) étaient disponibles. Les données relatives à 1 645 juments et 32 étalons ont ainsi été obtenues. Une partie des résultats d'analyse relatifs aux étalons n'étant pas interprétables et compte tenu de leur faible nombre en regard des juments, seules les données portant sur les juments ont été analysées dans cette étude. Parmi les 8 934 résultats sérologiques de juments, seuls 28 ont été classés ininterprétables par le laboratoire d'analyse (0,3 %) et n'ont pas été utilisés. Pour la localisation de la jument, la commune de l'élevage enregistrée au début de chaque saison de monte (« lieu de stationnement habituel de la jument ») a été utilisée. Pour les juments identifiées comme des cas (d'après les règles que nous avons définies dans cette étude, voir *infra*), le nombre total de juments testées pour l'AVE dans la même commune et au cours de la même année a également été extrait de la base Sire.

### **1.2.3 Définition du cas**

Un cas est défini comme une jument présentant une séroconversion. L'objectif était de dénombrer les nouveaux cas détectés chaque année par le dispositif. Pour cette raison, et du fait de la persistance des anticorps plusieurs années après infection, l'obtention d'un seul résultat positif n'a pas conduit à conclure à un cas.

L'analyse de résultats de VNT réalisés consécutivement sur plusieurs années pour un même équidé s'est avérée complexe pour un grand nombre de sujets. Par conséquent, un groupe d'experts a été constitué afin d'établir des règles d'identification de la séroconversion spécifiquement pour cette étude. Les quatre experts sollicités étaient des spécialistes de la maladie et de son diagnostic de laboratoire et des épidémiologistes. Ils étaient issus de l'IFCE, du Laboratoire national de référence, d'une Ecole vétérinaire et de l'Anses et participaient tous à au moins un dispositif de surveillance (DSR, Respe, SER, Resumeq).

### 1.2.4 Définition du foyer

Le foyer a été défini comme une commune dans laquelle au moins un cas d'AVE est apparu au cours d'une année, au sein des équidés reproducteurs. Il s'agit donc d'une « commune-année » infectée. Lorsque plusieurs cas d'infection apparaissaient dans une même commune au cours d'années différentes, ils furent comptabilisés séparément, chaque année étant prise en compte comme un foyer différent. Les communes considérées sont celles détenant au moins une jument testée pour l'AVE, c'est-à-dire utilisée pour produire un poulain de course.

La commune a été choisie car c'est le niveau d'information géographique le plus précis renseigné dans la base Sire comme lieu de stationnement habituel des juments, l'adresse précise et la liste des élevages n'étant pas disponibles. La France comporte 36 552 communes, dont la superficie moyenne est 14,9 km<sup>2</sup>, la superficie médiane 10,7 km<sup>2</sup> et les premier et troisième quartiles sont respectivement de 6,4 et 18,3 km<sup>2</sup> (IGN, 2015; INSEE, 2011). A chaque nouvelle saison de monte au cours de laquelle une jument est testée pour l'AVE, une commune de stationnement est enregistrée dans la base Sire pour cette jument. En cas de déménagement ou changement de détenteur, des communes différentes peuvent donc apparaître pour une même jument au cours du temps.

Les juments étant généralement testées chaque année et en début d'année, avant la monte, il a été formulé comme hypothèse de travail qu'une séroconversion détectée une année  $\alpha$  révélait une infection s'étant très probablement produite l'année  $\alpha-1$ . Ainsi, le foyer a été considéré comme étant la commune de stationnement de l'année  $\alpha-1$ . Si la commune de stationnement de l'année  $\alpha-1$  n'était pas enregistrée dans la base Sire, l'année  $\alpha-2$  voire  $\alpha-3$  a été prise en compte.

Les juments produisant des poulains de course sont généralement mises à la reproduction -et donc testées- chaque année. Le corolaire est que l'identification d'une séroconversion nécessite habituellement d'analyser les résultats de deux années successives, voire plus. La centralisation et la consolidation des données étant assurées depuis 2006, des séroconversions ont pu être objectivées à partir de 2007 et jusqu'en 2013 inclus. Du fait de l'hypothèse de travail précédente d'une infection se produisant l'année précédant la découverte de la séroconversion, la présente étude a donc permis d'identifier le nombre de cas d'infection s'étant produits de 2006 à 2012 inclus.

### 1.2.5 Méthode de capture-recapture, approche bayésienne

Une fois le nombre de foyers détectés par le DSR et la distribution de ces foyers selon le nombre de cas détectés en leur sein connus, le nombre total de foyers  $N_{inf}$  peut être estimé par méthode de capture-recapture. Les méthodes de capture-recapture unilistes permettent d'estimer le nombre

total d'unités épidémiologiques infectées en modélisant le nombre de détections de chacune des unités infectées détectées (Vergne *et al.*, 2015). Dans le présent travail, la source unique de détection est le DSR et nous avons employé une approche uniliste *tronquée en zéro* puisque nous n'avons disposé de données que pour les foyers détectés et non pour l'ensemble des communes surveillées (ce qui nous aurait alors orienté vers une approche *enflée en zéro*) (Bronner *et al.*, 2013; Del Rio Vilas et Böhning, 2008; Vergne *et al.*, 2012). Les unités épidémiologiques prises en compte ont été les foyers d'AVE. La fréquence de détection des foyers fut le nombre de cas d'AVE détectés par le DSR au sein de chaque foyer. Ainsi, un foyer a pu être soit détecté ou « capturé » une fois ou plus (si un ou plusieurs cas ont été détectés), soit non détecté si aucun cas du foyer n'a pu être détecté par le DSR.

Soit  $Y_i$  la variable dénombrant les cas (*i.e.* juments infectées) détectés dans le foyer  $i$ . L'hypothèse a été faite que  $Y_i$  suit une loi de distribution binomiale de paramètres  $n_i$  et  $\pi$ , avec  $n_i$  le nombre de juments testées dans le foyer  $i$  et  $\pi$  la probabilité qu'une jument testée soit identifiée comme un cas d'AVE. La variable  $Y_i$  peut donc prendre les valeurs de 0 à  $n_i$ ,  $n_i$  étant le dénominateur binomial, correspondant au nombre maximal de cas pouvant être détectés dans le foyer  $i$  (Cameron et Trivedi, 2013; Hothorn et Everitt, 2014). Pour chaque foyer détecté, le nombre de juments testées la même année au sein du foyer a été extrait de la base Sire et variait de 1 à 109, avec une moyenne de 15,7 et une médiane de 7. Une jument testée est identifiée comme un cas si elle est infectée et si son infection est détectée (les règles d'identification des cas proposées *infra* étant considérées parfaitement spécifiques). Ces deux conditions devant être simultanément remplies, la probabilité  $\pi$  a été décomposée en produit de *Inc*, le taux d'incidence intra-foyer, par *SeR*, la sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions (*SeR* incluant la sensibilité du test, considérée très bonne mais non connue, voir *infra*). Etant donné que le nombre de foyers avec aucun cas détecté (*zéro* détection,  $y_i=0$ ) est inconnu, le nombre de cas observés par foyer est strictement positif et suit une distribution binomiale *tronquée en zéro* telle que :

$$P(Y_i = y_i | y_i > 0, n_i, Inc, SeR) = \frac{n_i!}{y_i!(n_i - y_i)!} \frac{(Inc * SeR)^{y_i} (1 - Inc * SeR)^{n_i - y_i}}{1 - (1 - Inc * SeR)^{n_i}}, \quad (1)$$

avec  $y_i$  le nombre de juments infectées détectées dans le foyer  $i$  et  $n_i$  le nombre de juments testées pour l'AVE dans le foyer  $i$ .

Les paramètres *Inc* et *SeR* ont été estimés par approche bayésienne avec le logiciel WinBUGS (Spiegelhalter *et al.*, 2003). La distribution binomiale tronquée en zéro n'étant pas incluse dans WinBUGS, elle a été spécifiée à l'aide du « zero-trick » proposé à cet effet par Spiegelhalter et coll. (2003). Les distributions *a priori* des paramètres *Inc* et *SeR* ont été déterminées à dire d'experts en sollicitant les mêmes spécialistes que pour la définition des règles d'identification de la séroconversion. Il a été demandé aux experts d'estimer individuellement la valeur la plus probable

pour chaque paramètre ainsi qu'un intervalle de confiance à 90%. La moyenne des valeurs les plus probables proposées et le plus petit 5<sup>ème</sup> percentile ont été utilisés pour définir des distributions beta à l'aide du logiciel EpiTools<sup>®4</sup>. Le choix du plus petit 5<sup>ème</sup> percentile plutôt que d'une moyenne a été justifié par le souhait de ne pas fournir au modèle un *a priori* trop informatif compte tenu des incertitudes sur les valeurs des paramètres. Des distributions beta *a priori* de paramètres (4,6, 9,3) et (44,9, 11,3) ont ainsi été utilisées pour *Inc* et *SeR* respectivement. Les distributions *a posteriori* ont été déterminées en simulant trois chaînes de 10 000 itérations chacune. La convergence des chaînes a été vérifiée visuellement par le tracé de l'historique (stable) et le test de Brooks-Gelman-Rubin (validé). Ce test compare les variances inter- et intra-chaînes et doit converger vers 1. Les 2 000 premières itérations de chaque chaîne ont été retirées de l'analyse pour ne conserver que les simulations après convergence.

Les distributions *a posteriori* de *Inc* et *SeR* et le nombre de juments testées dans chaque foyer détecté (donnée extraite de la base Sire) ont ensuite été utilisées pour estimer le nombre total de foyers  $N_{inf}$  et la sensibilité du DSR. Pour cela, il a été considéré que  $C_i$ , le nombre de cas (détectés ou non) parmi les juments testées dans un foyer  $i$ , suivait une distribution binomiale tronquée en zéro de paramètres  $n_i$ , le nombre juments testées dans le foyer  $i$ , et *Inc*, le taux d'incidence intra-foyer. Cette distribution est tronquée en zéro car il est considéré que dans tout foyer il y a au moins un cas, ou plus précisément au moins une jument infectée parmi les juments testées (toutes les juments reproductrices étant considérées testées).

Parmi les juments infectées testées  $C_i$ , seules certaines sont effectivement détectées comme des cas. Il a été considéré que  $Y_i$ , le nombre de cas détectés dans un foyer  $i$ , suivait une loi binomiale de paramètre  $C_i$  et *SeR*, la sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions. Ainsi pour chaque foyer détecté, la probabilité de ne pas l'avoir détecté a été calculée, c'est-à-dire la probabilité  $\Pr(Y_i=0)$  qu'aucun cas n'ait été détecté. Pour chaque foyer  $i$ , cette probabilité a été obtenue en faisant la somme des probabilités que  $Y_i=0$  pour toutes les valeurs possibles du nombre de cas,  $C_i$ , comprises entre 1 et  $n_i$ , le nombre de juments testées dans le foyer :

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{C_i=1}^{n_i} \Pr(Y_i = 0 \cap C_i = c_i). \quad (2)$$

L'équation (2) peut être décomposée en utilisant le théorème de Bayes sous la forme suivante :

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{C_i=1}^{n_i} \{\Pr(Y_i = 0 | C_i = c_i) * \Pr(C_i = c_i)\}. \quad (3)$$

---

<sup>4</sup> <http://epitools.ausvet.com.au/>

En utilisant les formules des fonctions de masse des distributions binomiale pour  $Y_i$  et binomiale tronquée en zéro pour  $C_i$ , l'équation (3) devient :

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{c_i=1}^{n_i} \left\{ (1 - SeR)^{c_i} * \frac{c_i! * (n_i - c_i)! * Inc^{c_i} * (1 - Inc)^{n_i - c_i}}{1 - (1 - Inc)^{n_i}} \right\}. \quad (4)$$

La probabilité  $\Pr(Y_i=0)$  de ne pas détecter le foyer a été calculée pour chaque foyer détecté  $i$  avec WinBUGS en utilisant les données de la base Sire pour  $n_i$  et les distributions *a posteriori* de  $Inc$  et  $SeR$ .

Considérant que les distributions du nombre de juments testées dans les foyers détectés et dans les foyers non détectés sont les mêmes, le nombre total de foyers d'AVE chez les reproducteurs a été estimé grâce à une extension de l'estimateur d'Horvitz-Thompson proposée par Van der Heijden et coll. (2003) :

$$\widehat{N}_{inf} = \sum_{i=1}^{N_{obs}} \frac{1}{1 - \Pr(Y_i=0)}, \quad (5)$$

avec  $N_{obs}$  le nombre de foyers détectés ou « observés » par le DSR.

La sensibilité du DSR,  $SeD$ , a été définie comme la proportion de foyers détectés par le DSR parmi tous les foyers apparus chez les reproducteurs durant le même laps de temps. Cette sensibilité a été estimée en faisant le rapport entre le nombre de foyers détectés  $N_{obs}$  et l'estimation du nombre total de foyers  $\widehat{N}_{inf}$  sur la période 2006-2012.

## 1.3 Résultats

### 1.3.1 Règles proposées pour l'identification des séroconversions

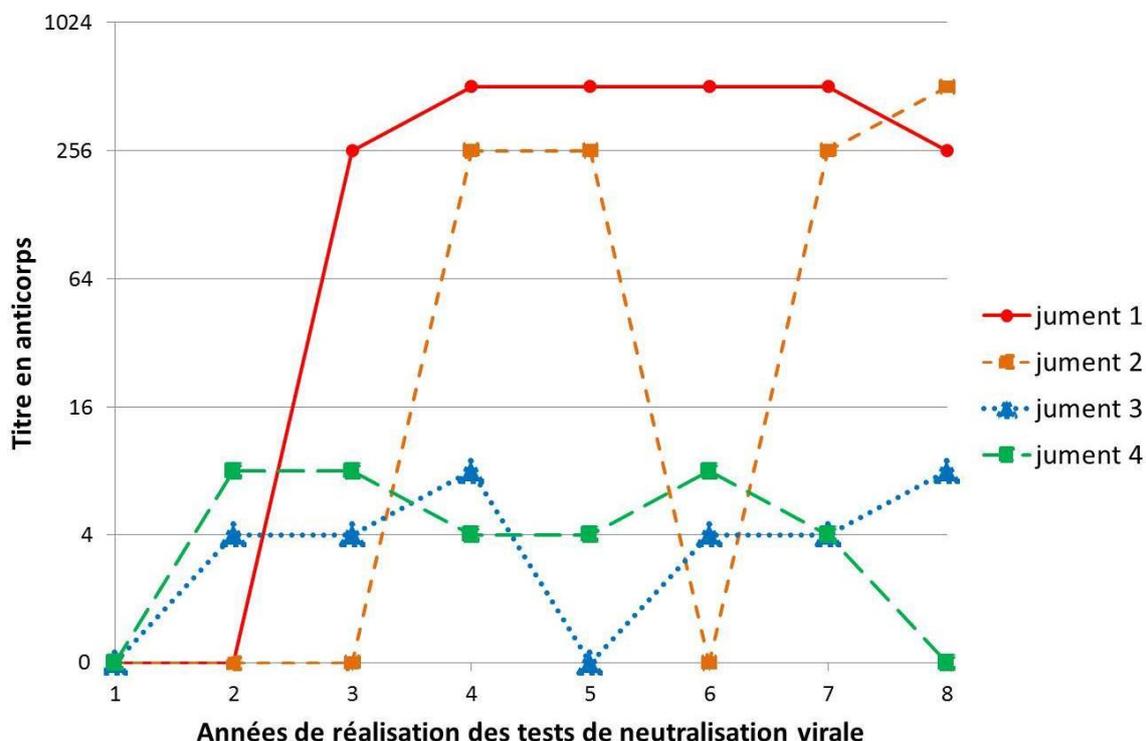
Le groupe d'experts a estimé que les modifications du titre en anticorps chez une même jument pouvaient être dues à une infection ou réinfection récente, ou bien à des raisons non infectieuses telles que des variations entre pratiques de laboratoires. Les juments n'étant pas vaccinées contre l'AVE en France, la vaccination n'a pas été retenue comme cause possible d'augmentation du titre en anticorps dans cette étude. Une infection récente semble se traduire par une augmentation du titre en anticorps bien plus forte que celle à laquelle on peut s'attendre du fait de variations entre laboratoires (Go *et al.*, 2012). Toutefois, il est parfois difficile de distinguer une infection récente d'une variation pour d'autres raisons à la lecture d'une série de résultats de VNT et il n'existe pas de description précise de l'évolution du titre en anticorps durant les semaines, mois et/ou années qui suivent une infection naturelle.

Afin de proposer des règles propres à cette étude permettant d'identifier avec le plus haut degré de certitude possible les séroconversions, le groupe d'experts a étudié une cinquantaine de séries de titres en anticorps différentes issues des données extraites de la base Sire. Deux types de séries ont

été distingués. Le premier type correspond aux juments dont le premier résultat de VNT disponible est négatif et chez lesquelles un ou des titres en anticorps positifs sont obtenus ensuite. Le second type correspond à des juments dont le premier résultat est positif et chez lesquelles une augmentation du titre est ensuite observée.

Pour le premier type de séries, plusieurs profils ont été observés dans les données extraites. Beaucoup de juments présentaient des résultats initiaux négatifs suivis de résultats positifs uniquement ; la séroconversion est relativement facile à détecter lorsque les titres demeurent élevés (par exemple supérieurs à 64) et stables (voir « jument 1 » sur la figure 16). Certains profils plus surprenants présentaient des résultats initialement négatifs, puis positifs et à nouveau négatifs (éventuellement suivis de nouveaux résultats positifs). Pour une petite partie de ces cas, un résultat négatif unique apparaissait au milieu d'une série de plusieurs titres élevés (voir « jument 2 » sur la figure 16). Un tel résultat négatif est probablement erroné, par exemple du fait d'une erreur d'analyse ou de saisie. Mais pour la plus grande partie de ces séries alternant résultats positifs et négatifs, les titres en anticorps étaient très faibles, c'est-à-dire égaux à quatre ou huit (parfois 16). Ce type de variation autour de valeurs faibles (voir « jument 3 » et « jument 4 » sur la figure 16) correspond vraisemblablement à des équidés infectés plusieurs années auparavant et non pas de manière récente.

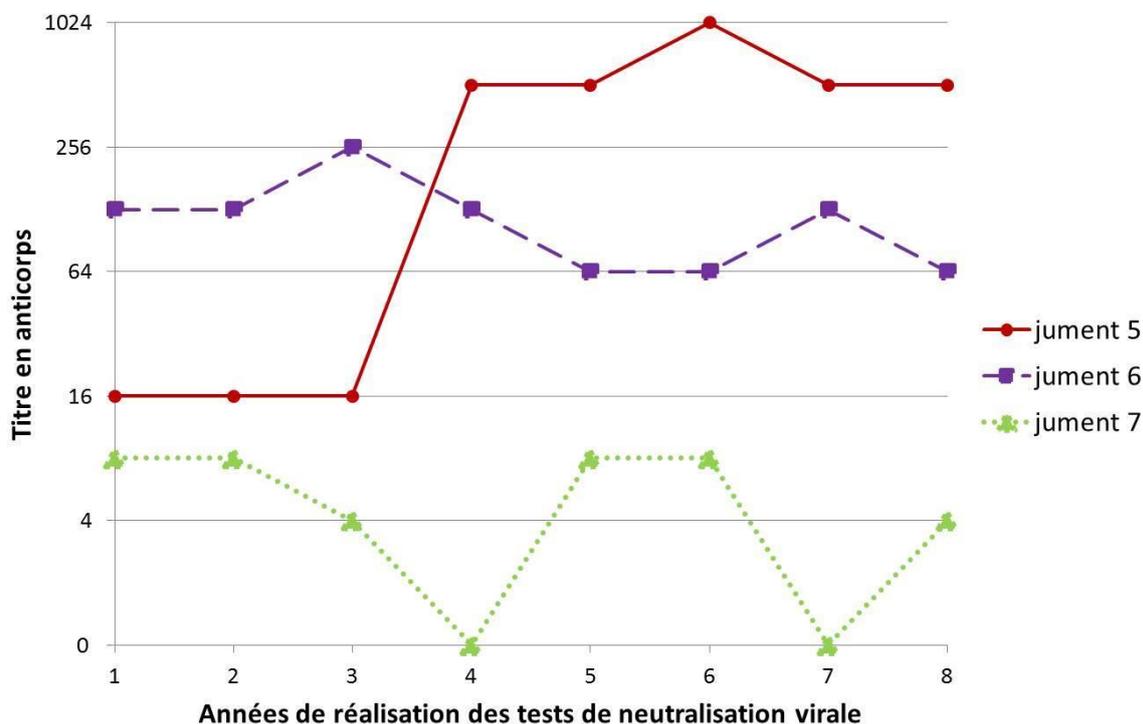
**Figure 16.** Exemple de séries de titres en anticorps neutralisants contre le virus de l'AVE chez quatre juments reproductrices testées chaque année durant huit ans avec un test de neutralisation virale (VNT) et présentant un premier résultat négatif.



Pour le second type de séries de titres en anticorps (avec un premier résultat de VNT positif), les experts ont tenté d'identifier les augmentations de titres suffisamment importantes pour pouvoir conclure qu'elles sont probablement la conséquence d'une réinfection (Balasuriya et MacLachlan, 2004). Plusieurs profils ont également été observés. Chez certaines juments le titre en anticorps augmentait fortement, par exemple de 16 à 512, s'avérant compatible avec une réinfection récente (voir « jument 5 » sur la figure 17). Mais dans la plupart des cas, le premier résultat positif était suivi de titres équivalents, inférieurs ou légèrement supérieurs (voir « jument 6 » sur la figure 17). Pour ces juments, l'infection par le virus de l'AVE remonte probablement à plusieurs mois/années, et le titre en anticorps peut décliner ou varier légèrement autour de valeurs basses (voire « jument 7 » sur la figure 17 ainsi que les juments 3 et 4 sur le figure 16) ou de valeurs plus hautes (voir « jument 6 »).

Il est par ailleurs intéressant de noter que les résultats de VNT étudiés ont montré une persistance des anticorps neutralisants contre le virus de l'AVE jusqu'à huit ans chez des juments naturellement infectées.

**Figure 17.** Exemple de séries de titres en anticorps neutralisants contre le virus de l'AVE chez trois juments reproductrices testées chaque année durant huit ans avec un test de neutralisation virale (VNT) et présentant un premier résultat positif.



Le groupe d'experts a analysé les raisons possibles des variations de titres en anticorps autres qu'une infection/réinfection récente. D'après le Laboratoire national de référence (LNR) pour l'AVE, qui conduit régulièrement des essais inter-laboratoires d'aptitude avec le réseau d'une douzaine de laboratoires d'analyses agréés par le ministère français chargé de l'agriculture, le titre en anticorps peut rester stable ou varier légèrement chez un équidé infecté depuis plusieurs mois ou années et

testé régulièrement. Cette variation est très généralement comprise entre un titre au-dessous et un titre au-dessus de la « vraie » valeur centrale. Ainsi, les titres en anticorps chez un équidé avec un taux d'anticorps « stable » peuvent varier du simple au quadruple (par exemple entre 64 et 256) ; dans le cas d'un taux en anticorps stable mais bas, une variation similaire peut être observée mais incluant des résultats négatifs (résultat négatif ou titre égal à quatre ou à huit). Les variations plus importantes semblent très peu probables.

Pour ce travail, le groupe d'experts a considéré comme étant une séroconversion i) le passage d'un résultat négatif à un titre au moins égal à 32, ou ii) une augmentation d'au moins trois titres en anticorps pour les juments ayant des résultats initiaux positifs, c'est-à-dire une augmentation d'au moins huit fois le taux d'anticorps (par exemple, passage d'un titre 16 à 128 ou supérieur).

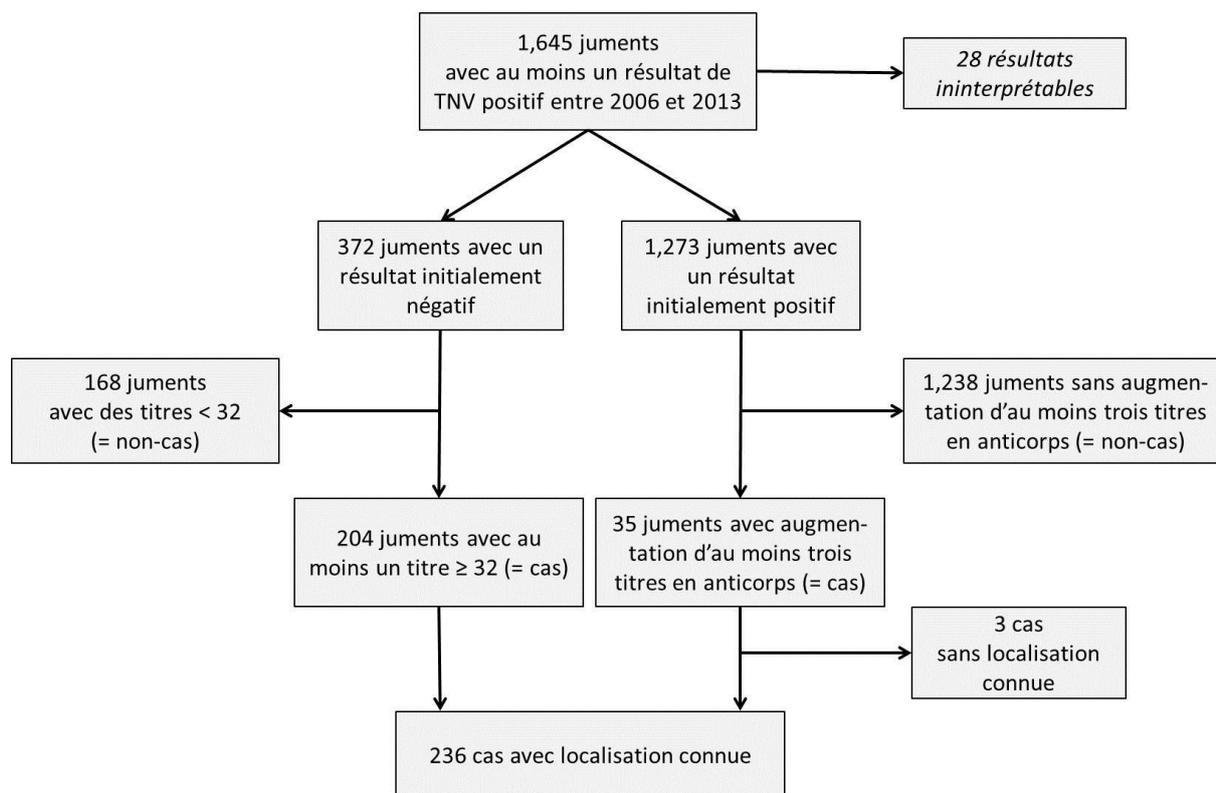
La séroconversion a été identifiée en comparant des résultats de VNT issus de deux années successives ou plus, étant donné que les juments reproductrices ne sont parfois pas testées pendant une année et que la détection d'une augmentation du titre en anticorps suite à une infection/réinfection peut quelquefois nécessiter deux années de tests. En effet, si la jument est prélevée très peu de temps après infection, la production d'anticorps peut être encore faible, ne permettant pas leur détection ou l'atteinte des seuils d'augmentation de titres définis précédemment. Dans ce cas, la séroconversion ne sera généralement détectée que lors de la réalisation des tests sérologiques de l'année suivante (s'ils sont effectués).

Afin d'analyser la sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions, une règle alternative a aussi été appliquée. Il s'agit de considérer également comme séroconversion le passage d'un résultat négatif à un titre égal à 16 -ou au titre intermédiaire 24. Cette règle alternative est plus sensible mais moins spécifique que celles définies précédemment. La sensibilité du DSR estimée avec les règles retenues a été comparée avec celle estimée en utilisant la règle alternative.

### **1.3.2 Nombre de cas et de foyers d'AVE détectés par le DSR**

En appliquant les règles spécifiques proposées pour identifier les séroconversions, 239 cas d'AVE détectés entre 2006 et 2013 par le DSR chez les juments reproductrices ont été comptabilisés (figure 18). Pour trois cas, la commune de l'élevage n'était pas enregistrée dans la base Sire et ils ont donc été retirés de la suite de l'analyse.

**Figure 18.** Arbre de décision présentant les règles utilisées pour identifier les cas incidents d'artérite virale équine chez les juments reproductrices testées entre janvier 2006 et décembre 2013 en France au moyen du test de neutralisation virale (VNT).



Les juments de race Pur-Sang représentent la plus grande partie des cas d'AVE détectés par le DSR, devant les Selle-Français (tableau 7). A l'exception d'une jument de selle de race non connue, tous les autres cas avec localisation connue sont de l'une des cinq races de production de chevaux de course.

**Tableau 7.** Nombre de cas d'artérite virale équine (AVE) avec localisation connue, par race, détectés chez les juments reproductrices par le dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) entre 2006 et 2013.

Race de la jument	Pur-Sang	Arabe	Anglo-Arabe	Autre-Que-Pur-Sang	Selle Français	Autre (race de selle)	Total
Nombre de cas d'AVE avec localisation connue détectés par le DSR	170	5	26	1	33	1	236

Les 236 cas d'AVE détectés dont la localisation était connue ont ensuite été comptabilisés par foyer (commune-année infectée). Dans 85 % des cas, la commune de l'élevage pour l'année  $\alpha-1$  était disponible et a été utilisée. Pour les autres juments, cette donnée n'était pas enregistrée dans la base Sire et la commune pour l'année  $\alpha-2$  voire  $\alpha-3$  a été utilisée pour respectivement 14 % et moins de 2 % (quatre juments) des cas. Au bilan, 177 foyers ont été identifiés (tableau 8). La grande majorité des foyers ne comportait qu'un seul cas détecté et un maximum de 30 cas ont été détectés dans un même foyer.

**Tableau 8.** Nombre de cas d'artérite virale équine (AVE) par foyer détectés chez les juments reproductrices par le dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) entre 2006 et 2013.

Nombre de cas d'AVE détectés par foyer	0	1	2	3	4	7	8	30	Total
Nombre de foyers identifiés en utilisant les règles proposées par les experts pour l'identification des séroconversions	-	158	13	1	3	1	-	1	177
Nombre de foyers identifiés en utilisant la règle alternative pour l'identification des séroconversions	-	209	18	3	3	-	1	1	235

En appliquant la règle alternative d'identification des séroconversions, le nombre de cas d'AVE détectés chez les juments reproductrices par le DSR entre 2006 et 2013 s'élève à 304, répartis dans 235 foyers.

### 1.3.3 Estimation du nombre total de foyers d'AVE chez les reproducteurs et de la sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs

Les distributions *a posteriori* de  $Inc$ , taux d'incidence intra-foyer, de  $SeR$ , sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions, de  $N_{inf}$ , nombre total de foyers et de  $SeD$ , sensibilité du DSR, sont présentés dans le tableau 9. Dans ce tableau apparaissent les médianes des distributions et les intervalles de crédibilité à 95 % ( $IC_{95\%}$ ), qui sont les intervalles comportant 95 % des valeurs *a posteriori* estimées. Le nombre total de foyers d'AVE apparus chez les reproducteurs entre 2006 et 2012 ( $\widehat{N_{inf}}$ ) a été estimé à 215 ( $IC_{95\%}$  195-249) par le modèle, soit une moyenne de 31 foyers par an ( $IC_{95\%}$  28-36).

Durant cette période de sept ans, 177 foyers ont été détectés par le DSR. Le rapport entre ce nombre et le nombre total estimé de foyers a permis au modèle d'estimer une sensibilité du DSR ( $\widehat{SeD}$ ) de 82 % ( $IC_{95\%}$  71-91) pour la détection de foyers au sein des communes détenant au moins une jument produisant des poulains de course (tableau 9).

**Tableau 9.** Taux d'incidence d'artérite virale équine (AVE) intra-foyer, sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions, nombre total de foyers chez les reproducteurs et sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) estimés par le modèle pour la période 2006-2012.

	Paramètre estimé	Médiane	Intervalle de crédibilité à 95%
$\widehat{Inc}$	Taux d'incidence intra-foyer (%)	4,9	3,8-6,4
$\widehat{SeR}$	Sensibilité des règles proposées pour l'identification des séroconversions (%)	79	66-88
$\widehat{N}_{mf}$	Nombre total de foyers d'AVE	215	195-249
$\widehat{SeD}$	Sensibilité du DSR (%)	82	71-91

En utilisant la règle alternative d'identification des séroconversions, le nombre total de foyers d'AVE est estimé à 287 (ICr<sub>95%</sub> 260-334) au cours de la même période. Toutefois, l'estimation de la sensibilité du DSR est quasiment identique à celle obtenue avec les règles proposées par les experts (médiane 82 %, ICr<sub>95%</sub> 70-90). L'utilisation de cette règle alternative n'a pas plus entraîné de différence significative sur les distributions *a posteriori* du taux d'incidence intra-foyer (médiane 3,5 %, ICr<sub>95%</sub> 2,7-4,6) ni de la sensibilité des règles d'identification des séroconversions (médiane 79 %, ICr<sub>95%</sub> 66-88).

## 1.4 Discussion

### 1.4.1 Qualité des données

Les données relatives à l'identification des équidés et aux dates d'analyses étaient complètes et exploitables. Seuls quelques résultats d'analyses chez les juments étaient ininterprétables et un petit nombre de localisations n'étaient pas enregistrées dans la base Sire. Quelques résultats de VNT étaient probablement erronés, vraisemblablement à cause d'erreurs de laboratoire ou de saisie dans la base de données. Ce problème a toutefois été contourné en analysant des séries de résultats de VNT sur plusieurs années.

Une limite des données est la granulométrie de la localisation des équidés, étant donné que seule la commune (et le code postal) du lieu d'élevage est renseignée et non pas l'adresse de celui-ci.

### 1.4.2 Règles d'identification des séroconversions

Du fait de l'absence d'information précise dans la littérature scientifique sur l'évolution du taux d'anticorps chez les équidés infectés naturellement au cours des mois et années suivant l'infection, des règles spécifiques à cette étude ont été définies pour identifier les séroconversions. Il a été

montré que les anticorps neutralisants sont détectés dès une à deux semaines après infection, avec un pic entre deux et quatre mois, et qu'ils peuvent persister des années (Balasuriya et MacLachlan, 2004) mais sans description de la variation du titre en anticorps au cours des mois et années suivant l'infection. Il était donc difficile de fixer un seuil incontestable pour distinguer les nouveaux cas réels d'infection/réinfection des autres causes d'augmentation du titre en anticorps.

Les règles et seuils proposés dans cette étude sont probablement imparfaits mais il n'existe pas de test de référence pour vérifier leur pertinence. Le choix de ne pas considérer comme des séroconversions les passages d'un résultat négatif à un titre de quatre, huit ou 16 ainsi que les augmentations de seulement deux titres peut paraître strict par rapport aux règles utilisées dans d'autres contextes. Ainsi, les études de prévalence de l'AVE dans différents pays considéraient tout résultat sérologique positif comme un cas (s'agissant d'animaux non vaccinés), mais leur objectif n'était pas d'identifier les nouveaux cas ni de mesurer un taux d'incidence (Chirnside, 1992; Newton *et al.*, 1999). Des règles plus sensibles sont également appliquées (voir *infra*), de manière légitime, pour les mouvements internationaux d'équidés en se fondant sur le Code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE et pour la gestion sanitaire des reproducteurs (OIE, 2016a).

Les données disponibles tendent toutefois à montrer qu'une infection naturelle ou expérimentale induit généralement des titres élevés, c'est-à-dire égaux ou supérieurs à 64. Cette tendance se vérifie dans différentes études bien que le taux d'anticorps neutralisants puisse varier en fonction de la souche virale et que leur durée de persistance puisse différer selon qu'il s'agisse d'une infection naturelle, expérimentale ou d'une vaccination avec un virus vivant atténué. Une étude américaine portant sur 20 chevaux infectés naturellement a ainsi montré que la quasi-totalité des animaux infectés avait un titre supérieur ou égal à 64 (n=18), alors que deux autres avaient un titre de 16 et de 32 (MacLachlan *et al.*, 1998). Malheureusement les auteurs ne précisaient pas le délai écoulé entre l'infection et le prélèvement sérologique de ces équidés. Une autre étude a permis de suivre les titres en anticorps chez huit chevaux pendant 42 jours suivant leur infection expérimentale avec une souche virulente Bucyrus<sup>5</sup> recombinante (Go *et al.*, 2012). Du dixième jour post-infection jusqu'à la fin du suivi, les titres étaient supérieurs ou égaux à 128 chez tous les chevaux. Des informations complémentaires proviennent de travaux relatifs à des équidés vaccinés. Une étude a ainsi porté sur dix étalons vaccinés contre l'AVE avec un vaccin à virus vivant modifié (Arvac®, Zoetis Animal Health Inc., Kalamazoo, Michigan, USA) suivis pendant 56 jours. Elle a montré que les titres en anticorps des étalons atteignaient puis dépassaient 128 après une semaine post-vaccination et jusqu'à la fin de l'étude (Summers-Lawyer *et al.*, 2011). D'autres auteurs ont suivi le titre en anticorps sur une période longue de 15 mois après avoir utilisé le même vaccin chez des juments gestantes. Quatre

---

<sup>5</sup> Bucyrus : nom de la souche virale de référence et de la ville américaine où le virus a été identifié pour la première fois en 1953.

juments présentait des résultats sérologiques négatifs avant vaccination et leurs titres en anticorps se situaient entre 32 et 2048 dans les dernières semaines de suivi. La cinquième jument présentait un titre en anticorps de 32 avant vaccination et il a systématiquement atteint ou dépassé 1024 entre la deuxième et la dernière semaine de suivi, soit une augmentation de cinq titres ou plus (Timoney *et al.*, 2007). Ces différents travaux tendent à confirmer la pertinence des règles spécifiques proposées dans la présente étude.

Du fait de la courte durée de persistance du virus après infection (hormis dans le tractus génital de certains étalons), le recours à un test sérologique et au VNT en particulier semble actuellement le choix le plus pertinent pour la surveillance de l'AVE chez les équidés reproducteurs (en plus des tests virologiques sur semence permettant d'investiguer le statut excréteur ou non des étalons infectés). Toutefois, le VNT ne permet pas une identification facile de toutes les séroconversions. De petites augmentations du titre en anticorps peuvent en effet conduire à surestimer le nombre de cas, en particulier lorsque le taux d'anticorps est faible, induisant une succession de titres bas et de résultats négatifs. Plusieurs laboratoires ont mis au point des tests immuno-enzymatiques (Elisa, enzyme-linked immunosorbent assay) (Balasuriya *et al.*, 2013) mais ils ne sont pas utilisés en routine en France et il est encore tôt pour savoir si ces tests pourraient contribuer à une meilleure identification des séroconversions.

Quels que soient les tests sérologiques utilisés, il est important que l'historique des résultats soit conservé et accessible pour permettre l'interprétation correcte de tout nouveau résultat, aussi bien pour connaître le statut individuel et décider d'éventuelles mesures sanitaires (interdiction d'export, de monte, de vente, application de mesures de lutte, *etc.*) que pour réaliser une analyse des données à l'échelle d'une population. Une telle exploitation épidémiologique nécessite la définition de règles *ad hoc* pour l'identification des séroconversions, règles qui peuvent varier selon le test utilisé, les pratiques de laboratoires ou la zone/pays considéré. De tels algorithmes d'interprétation de séries de titres en anticorps ont ainsi été définis pour d'autres maladies infectieuses (Premaratna *et al.*, 2012). Les règles proposées dans la présente étude pourraient être utilisées pour l'exploitation des données collectées par les autres dispositifs surveillant l'AVE en France (voire pour la valorisation des données sanitaires dans les autres pays surveillant la maladie). Il faudrait bien sûr conserver les règles différentes actuellement mises en œuvre pour la gestion de la reproduction et des mouvements internationaux où l'interprétation des résultats doit se faire de manière plus prudente. Dans ces deux cas, il est en effet légitime de continuer à considérer tout passage d'un résultat sérologique négatif à positif et toute augmentation de deux titres en anticorps comme le signe d'un possible cas d'infection, et donc comme un risque potentiel de diffusion de la maladie devant être investigué et endigué. En outre, même si l'application de ces règles sanitaires peut conduire à empêcher la monte ou le déplacement pour des équidés éventuellement non infectés, ces mesures de restriction sont

souvent temporaires et rapidement levées. Par exemple pour les juments testées dans le cadre de la monte, l'obtention d'un titre en anticorps stable ou déclinant sur un second prélèvement, réalisé à un intervalle d'au moins 14 jours, permet d'autoriser la saillie.

### **1.4.3 Modèle mathématique utilisé**

Pour cette étude, les nombres observés de cas détectés par foyer ont été modélisés à l'aide d'une distribution binomiale tronquée en zéro, plutôt qu'une distribution de Poisson tronquée en zéro. La distribution de Poisson est considérée comme une approximation de la distribution binomiale lorsque le nombre d'essais (ou d'animaux testés) est grand et la probabilité de succès (ou probabilité qu'un animal testé soit détecté comme étant un cas ici) est petite. En revanche, lorsque les valeurs du numérateur et du dénominateur binomial sont proches, ce qui était souvent le cas dans le présent travail pour chaque foyer, un modèle binomial est préférable (Hilbe, 2011). Le modèle binomial est également recommandé lorsque le nombre de foyers avec plus d'un ou deux cas est faible, comme ici (Cameron et Trivedi, 2013).

L'utilisation d'un modèle binomial tronqué en zéro présuppose certaines hypothèses. Les observations sont ainsi présumées être indépendantes les unes des autres, c'est-à-dire que tous les équidés infectés doivent avoir la même probabilité d'être détectés (Dohoo *et al.*, 2010). Comme c'est souvent le cas pour les animaux d'élevage, cette hypothèse est peut-être violée dans cette étude car les juments reproductrices sont fréquemment détenues en groupe et la probabilité de détection individuelle des cas peut varier d'un groupe à l'autre. La probabilité de détection peut également varier à l'échelle du groupe, c'est-à-dire de la commune (foyer) pour cette étude. Une commune comportant un grand nombre de cas a en effet une plus grande probabilité d'être détectée comme étant infectée qu'une commune avec un seul cas. Le nombre de cas au sein d'une commune dépend de nombreux paramètres, dont le nombre d'équidés au sein de la commune, la pression d'infection, le temps écoulé entre l'introduction du virus et la réalisation des tests, le type d'utilisation des équidés et les pratiques d'élevage. Parmi ces pratiques, la fréquence des contacts intra- et inter-communes joue probablement un rôle important, car ils peuvent faciliter la diffusion du virus par voie aérienne et/ou vénérienne, à l'occasion de contacts au pâturage ou au box, d'introductions de nouveaux individus, de rassemblements ou des saillies. Le nombre de cas par foyer varie également en fonction de la proportion de juments possédant une immunité durable, acquise à la suite d'une infection naturelle. Plus cette proportion est grande, plus le nombre de cas possibles et donc la probabilité de détection du foyer diminuent. Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, la probabilité de détection est plus faible pour les communes récemment infectées que pour celles dans lesquelles le virus n'a jamais été introduit. Dans notre étude, nous avons probablement plusieurs communes comprenant des juments possédant une immunité acquise efficace car plus de 1400 juments

séropositives, mais sans mise en évidence d'une séroconversion, ont été comptabilisées. Le faible taux d'incidence intra-foyer estimé pourrait s'expliquer par ce phénomène, ainsi que par la présence possible de plusieurs élevages, dont certains non infectés, sur une même commune et par la séparation des équidés dans des lots ou lieux distincts au sein d'un même élevage.

Les interactions entre tous ces facteurs (regroupements d'équidés, types d'utilisation, variabilité des fréquences de contacts intra- et inter-communes, de la proportion de sujets immunisés, etc.) ont probablement conduit à une hétérogénéité importante de la probabilité de détection des cas et des foyers. Il aurait été utile de mesurer l'effet potentiel de ces paramètres et de les inclure le cas échéant comme covariables du modèle pour mieux prendre en compte l'hétérogénéité de détection, mais seul le nombre de juments testées par commune était disponible.

Des approches non-paramétriques peuvent aussi être utilisées lorsqu'une hétérogénéité est suspectée dans des données de comptage. Les estimateurs non paramétriques de Zelterman et Chao ont été proposés pour estimer un nombre de foyers en se servant uniquement du nombre total de foyers détectés et du nombre de foyers détectés une ou deux fois, c'est-à-dire dans lesquels un ou deux cas ont été identifiés (Chao, 1987; Del Rio Vilas et Böhning, 2008; Zelterman, 1988). Toutefois, ces méthodes n'auraient utilisé qu'une petite partie des informations disponibles, en laissant notamment de côté le nombre de juments testées par foyer, et une approche paramétrique a donc été préférée dans cette étude.

#### **1.4.4 Nombre de cas et de foyers détectés par le DSR**

L'application des règles proposées pour l'identification des séroconversions a permis d'estimer que 239 cas et 177 foyers incidents d'AVE (infectés entre janvier 2006 et décembre 2012) ont été détectés par le DSR. Ces nombres ne sont pas négligeables et confirment la circulation du virus de l'AVE chez les reproducteurs durant cette période. Ils justifient également la mise en place d'une surveillance dans le cadre de la monte, dans le but d'identifier les nouveaux cas d'infection et d'éviter la diffusion de la maladie *via* les activités de reproduction, en particulier au sein d'un cheptel généralement de haute valeur économique. Ces résultats peuvent aussi être utiles aux autorités sanitaires quant aux décisions qu'elles pourraient prendre vis-à-vis d'une extension de la surveillance programmée à d'autres races et/ou selon d'autres modalités, en complément des dispositifs existants de surveillance événementielle réglementaire ou volontaire (par le Respe et Resumeq) et de surveillance programmée de la monte, des ventes et des exports. Sous réserve d'une étude de leur rapport coût-bénéfice, d'autres modalités pourraient en effet s'envisager, dont la surveillance à l'abattoir ou celle d'élevages sentinelles. En supplément des juments reproductrices, qui ne sont pas vaccinées et jouent ainsi le rôle de sentinelles, d'autres sous-populations équines non vaccinées

pourraient également être suivies pour détecter des infections subcliniques, afin de mieux estimer l'incidence et mieux lutter contre la diffusion de la maladie.

Parmi les 239 cas identifiés, 35 juments (15%) ont présenté une augmentation d'au moins trois titres en anticorps après avoir présenté des résultats de VNT initialement positifs. Les juments reproductrices n'étant pas vaccinées, ces 35 poulinières ont probablement été réinfectées. Il est actuellement admis que l'infection naturelle induit une immunité durable et efficace contre la réinfection par la plupart sinon la totalité des souches du virus de l'AVE, mais la possibilité d'une réinfection a été proposée par certains auteurs (Balasuriya et MacLachlan, 2004). De plus, 1 406 juments avec au moins un résultat sérologique positif ont été identifiées pendant la période étudiée. Ces équidés ont probablement été infectés avant 2006. Ce nombre élevé de cas « anciens » comparé aux cas incidents identifiés peut surprendre. Il indique toutefois que le virus de l'AVE circule vraisemblablement depuis de nombreuses années chez les reproducteurs français, y compris dans les années antérieures à la crise majeure de 2007 au cours de laquelle des dizaines de cas cliniques sont apparus en Normandie dont un cas mortel chez un adulte, ce phénomène étant exceptionnel (Pronost *et al.*, 2010). Il n'était toutefois pas possible d'estimer l'évolution du taux d'incidence avant 2006, les données de surveillance avant cette date n'étant pas disponibles.

La plupart des cas détectés sont de race Pur-Sang, suivis par les races Selle Français et Anglo-Arabe. Ces races sont, dans le même ordre décroissant, celles avec le plus grand nombre de juments testées dans le cadre de la monte chaque année. En 2012, elles représentaient respectivement 78 %, 11 % et 6 % des poulinières testées par le DSR. Pour chacune des cinq races étudiées, la proportion moyenne de cas parmi les juments testées était inférieure à 1 % entre 2006 et 2012. L'estimation du taux d'incidence par race n'a toutefois pas été réalisée car elle n'était pas un objectif de la présente étude et elle aurait nécessité des méthodes de calcul spécifiques, relatives à un échantillonnage à plusieurs degrés (Garin *et al.*, 2014a; Garin *et al.*, 2014b). Les données utilisées s'apparentent en effet à des données issues d'un échantillonnage à deux degrés, échantillonnage des communes puis des juments au sein des communes.

#### **1.4.5 Estimation du taux d'incidence annuelle de l'AVE**

Le taux d'incidence annuelle a été estimé en regroupant les données des différentes années (2006 à 2012) afin d'accroître la puissance statistique des résultats. Durant cette période, environ 6 000 élevages détenant des poulinières, répartis dans environ 2 000 communes, ont été testés chaque année dans le cadre du suivi sanitaire de la monte. L'estimation du taux d'incidence à l'échelle commune est de l'ordre de 1,6 % pour ces 2 000 communes, et de l'ordre 0,1 % en considérant l'ensemble des communes françaises, détenant ou non des poulinières suivies pour l'AVE.

Ces estimations semblent cohérentes si l'on tente de les mettre en parallèle avec les données disponibles pour d'autres pays, bien que la comparaison soit délicate pour plusieurs raisons. Premièrement, si de nombreuses études portant sur la situation sanitaire de l'AVE ont été publiées pour plusieurs pays, elles se sont focalisées sur la prévalence sérologique instantanée (en utilisant un seul résultat sérologique par animal) et non sur l'incidence, *a fortiori* annuelle. Compte tenu de la longue persistance des anticorps après infection, la prévalence sérologique instantanée estimée à partir d'un seul résultat sérologique est forcément supérieure à l'incidence annuelle, car tous les animaux avec un résultat sérologique positif sont comptabilisés comme cas, sans tenir compte de leur année d'infection. Deuxièmement, les modalités d'échantillonnage et les populations ciblées diffèrent selon les études. Certaines se fondent sur des enquêtes spécialement conçues pour estimer la prévalence (Braga *et al.*, 2012; Chabchoub *et al.*, 2002; Laabassi *et al.*, 2014; NAHMS, 2000), tandis que d'autres ont analysé des données collectées uniquement dans des sous-populations bien définies ou ont utilisé des résultats provenant d'équidés testés avant la monte, avant un échange international ou une vaccination, voire d'équidés suspectés d'être infectés par le virus de l'AVE (Chirnside, 1992; Newton *et al.*, 1999). Selon les études, les races des équidés testés diffèrent. Or, les pratiques d'élevage varient beaucoup selon les races et l'utilisation des équidés, et elles peuvent influencer le risque d'infection et le taux de prévalence. Enfin, la prévalence est très généralement mesurée à l'échelle individuelle et non collective (élevage ou commune par exemple).

Les publications auxquelles il est le plus intéressant de comparer les résultats obtenus dans ce travail sont celles portant sur les mêmes races d'équidés et les reproducteurs, bien qu'il s'agisse systématiquement d'études de prévalence instantanée. Chez les Pur-Sang, le taux de prévalence individuelle a été estimé respectivement à 0,3 %, 1,3 %, 3,3 % et 4,5 % (intervalle de confiance à 95 %,  $IC_{95\%}$  : 1,6-7,4) au Royaume-Uni, au Brésil, en Algérie et aux Etats-Unis ces vingt dernières années (Braga *et al.*, 2012; Laabassi *et al.*, 2014; NAHMS, 2000; Newton *et al.*, 1999). En race Arabe, les estimations du taux de prévalence individuelle effectuées depuis 2000 sont comprises entre 6,7 % et 26 % au Brésil, en Algérie et en Tunisie (Braga *et al.*, 2012; Chabchoub *et al.*, 2002; Laabassi *et al.*, 2014) (F. Laabassi, communication personnelle). Chez les reproducteurs, un taux de prévalence individuelle de 5,6 % ( $IC_{95\%}$  : 2,3-8,9) a été estimé aux Etats-Unis en 1998 (toutes races confondues) et de 25 % chez les trotteurs au Royaume-Uni en 1995-1996 (NAHMS, 2000; Newton *et al.*, 1999). Enfin, il est intéressant de citer une étude qui fournit une estimation du taux de prévalence sérologique à une échelle non-individuelle chez les équidés reproducteurs. Il s'agit du taux de prévalence pour les élevages de reproducteurs toutes races confondues aux Etats-Unis, estimé à 20,5 % ( $IC_{95\%}$  : 5,8-35,2) en 1998 (NAHMS, 2000). Tous ces résultats ont été obtenus pour des équidés sans historique de vaccination contre le virus de l'AVE. Les taux de prévalence plus élevés obtenus

chez les reproducteurs peuvent s'expliquer par le fait que ces animaux peuvent s'infecter par voie vénérienne, en plus de la voie aérienne commune à tous les équidés.

#### **1.4.6 Estimation de la sensibilité du DSR**

La sensibilité du DSR apparaît relativement élevée. Cependant, seule une partie des équidés reproducteurs est testée annuellement. Les nombres et races d'équidés testés dépendent essentiellement des exigences des studbooks, bien qu'un dépistage volontaire puisse être demandé pour tout étalon ou poulinière. Cette hétérogénéité de la pression de surveillance selon les races a été prise en compte dans notre étude en sélectionnant pour l'analyse les cinq races de juments les plus fréquemment testées (PS, AQPS, SF, AR, AA). Au total pour ces cinq races, seulement la moitié des juments reproductrices sont effectivement testées chaque année, car celles produisant des poulains non destinés à la course n'ont pas d'obligation de dépistage. Toutefois, la quasi-totalité des poulinières PS et AQPS sont ainsi testées et, pour les trois autres races, les élevages détenant des poulinières produisant des poulains de course ne détiennent généralement pas de juments produisant d'autres types de poulain. Il peut donc être considéré que dans les élevages produisant des poulains de course, la très grande majorité des juments reproductrices présentes sont testées chaque année.

Un défaut de sensibilité dû au test (VNT) et/ou à la gestion des données peut aussi être suspecté. Le VNT est la méthode de référence pour le dépistage de l'AVE et il n'existe pas d'autre méthode reconnue permettant de « certifier » la présence ou l'absence d'anticorps anti-AVE chez les équidés. D'après la littérature scientifique disponible, il n'existe toutefois pas d'évaluation précise de sa sensibilité ni de sa spécificité. Néanmoins, la sensibilité et la spécificité des autres tests sérologiques développés récemment (Elisa et *microsphere immunoassay* notamment) sont très généralement estimées en prenant le VNT comme référence ou « gold standard » (Cho *et al.*, 2000; Chung *et al.*, 2013a; Chung *et al.*, 2013b; Yun *et al.*, 2008). Concernant la qualité des échantillons, des procédures de déclaration, de la saisie des données et la fiabilité des résultats de laboratoires, elles ont toutes été évaluées comme étant satisfaisantes (Amat *et al.*, 2015) et ne semblent donc pas être la cause d'un défaut de sensibilité générale du DSR.

Le choix des règles d'identification des séroconversions influence les résultats. Une analyse de la sensibilité des résultats obtenus en fonction des variations de ces règles a été réalisée en utilisant une règle alternative plus sensible et moins spécifique. L'utilisation de cette règle alternative n'a pas entraîné de différence significative sur la sensibilité estimée du DSR, tendant à justifier les règles retenues et à confirmer nos résultats. En outre, des règles plus extrêmes semblaient peu appropriées, qu'il s'agisse de considérer comme séroconversion des augmentations plus faibles du

titre en anticorps (au vu des causes possibles de légères variations évoquées précédemment) ou de se limiter aux augmentations plus fortes, option qui risquait d'exclure à tort bon nombre de cas réels sans vraiment éliminer de nouveaux « faux positifs ».

Bien que la sensibilité du DSR à l'échelle de la commune ait été estimée relativement élevée, elle est probablement aussi bonne si ce n'est encore meilleure à l'échelle élevage. Cette affirmation peut sembler contre-intuitive, la sensibilité s'améliorant généralement avec le passage à une unité épidémiologique plus large. Mais dans le cas présent elle s'explique par la situation et les caractéristiques épidémiologiques de l'AVE, la répartition des élevages au sein des communes et les liens épidémiologiques entre élevages. En effet, la sensibilité du DSR a été calculée en faisant le rapport du nombre de foyers détectés par le DSR par le nombre total de foyers estimés par le modèle. Ce dernier nombre est inversement proportionnel à la probabilité  $\pi$  qu'une jument testée soit identifiée comme un cas d'AVE. La probabilité  $\pi$  dépend directement du nombre de cas détectés (numérateur binomial) et du nombre de juments testées par unité épidémiologique (dénominateur binomial). L'unité épidémiologique utilisée ici est la commune. Or, chaque commune détenant des juments testées pour la monte comporte en moyenne trois élevages. L'utilisation de l'échelle commune a potentiellement conduit à comptabiliser ensemble des cas issus d'élevages différents, induisant un accroissement du numérateur binomial comparativement à l'échelle élevage. Une augmentation du nombre d'animaux testés et donc du dénominateur est également attendue. Toutefois, l'augmentation du numérateur est probablement bien plus faible que celle du dénominateur. En effet, le fait qu'un élevage soit infecté ne semble pas augmenter fortement le risque d'infection pour les élevages de la même commune comparativement à des élevages situés sur d'autres communes, étant donné que la contagion nécessite un contact étroit et que les contacts des reproducteurs avec d'autres équidés sont généralement limités sur leurs lieux de détention, réduisant le risque de contamination par voisinage. En revanche, le risque d'infection par voie vénérienne est bien réel pour les reproducteurs, mais il se présente généralement pour des équidés d'autres communes lors des déplacements pour la monte. La présence simultanée de plusieurs élevages infectés au sein d'une même commune semble ainsi peu fréquente et cette hypothèse est étayée par la très faible proportion de communes infectées avec plus d'un cas détecté (19/177) et la faible incidence estimée de l'AVE chez les reproducteurs en France. Parallèlement, le dénominateur augmente nécessairement lorsque les juments testées de plusieurs élevages sont comptabilisées plutôt que celles d'un seul élevage, en particulier dans les grandes régions d'élevage (Nord-Ouest de la France) où le nombre d'élevages par commune peut être élevé. L'hypothèse d'une probable surestimation du dénominateur est renforcée par le fait que le nombre moyen de juments testées par commune (4,7) est environ trois fois plus grand que le nombre moyen de juments au sein d'un élevage de reproducteurs (1,7) (IFCE, 2016f). De plus, même au sein d'un même élevage, les juments

sont parfois détenues dans des bâtiments ou lieux différents sans être mises en contact, réduisant le risque de transmission virale entre lots. Enfin, parmi les juments testées dans certaines communes, certaines sont probablement immunisées car anciennement infectées. Leur inclusion dans le dénominateur a certainement conduit à une augmentation artificielle du nombre de juments réceptives et donc à une diminution de  $\pi$ , à une augmentation du nombre de foyers estimés et finalement à une diminution de la sensibilité du DSR à l'échelle commune comparativement à l'échelle élevage.

Le recours à un modèle binomial tronqué en zéro a permis de prendre en compte en partie l'hétérogénéité de la probabilité de détection, en utilisant le nombre de juments testées par commune. La connaissance de l'adresse des élevages et l'inclusion de covariables telles que le nombre d'équidés non testés au sein du foyer, le type d'élevage ou le nombre de contacts à risque par équidé ou par élevage, auraient permis de mieux modéliser l'hétérogénéité de détection. Un autre bénéfice de ce type d'analyse aurait été d'identifier d'éventuelles pistes d'amélioration de la surveillance, par exemple en ciblant mieux les élevages à surveiller prioritairement ou en établissant des fréquences de dépistage différentes selon les types d'élevages ou d'équidés. Cependant, ces informations n'étaient pas disponibles. Par ailleurs, le relatif faible nombre de cas n'aurait probablement pas permis d'analyser l'effet de ces covariables. S'il serait utile de développer un modèle prenant mieux en compte l'hétérogénéité de détection, cet objectif est difficilement atteignable à l'heure actuelle. Dans l'attente de données plus précises et plus nombreuses, une perspective serait l'utilisation d'un modèle binomial négatif tronqué en zéro ou de modèles non-paramétriques permettant de prendre en compte l'hétérogénéité de manière vague ou implicite.

#### **1.4.7 Pistes d'amélioration et d'interconnexion**

Ce travail a permis de dégager plusieurs pistes d'amélioration de la surveillance de l'AVE, en particulier par une mutualisation des compétences et des données. En effet, la réunion d'experts participant à plusieurs dispositifs de surveillance s'est révélée efficace pour analyser les données collectées et pour définir collégialement des règles d'identification des séroconversions. Des collaborations de cette nature pourraient être utiles à l'avenir pour fournir un appui scientifique et technique à plusieurs activités de surveillance, notamment pour le traitement des données, pour l'amélioration des outils, des protocoles et des modalités de surveillance.

Par ailleurs, notre étude a souligné l'importance de disposer de l'historique le plus complet possible sur les résultats d'analyses des équidés afin d'interpréter et de valoriser au mieux ces résultats. Il est quasiment certain que nombre de reproducteurs font l'objet non seulement d'une surveillance par le DSR mais aussi d'un dépistage dans le cadre d'une vente, voire d'un export ou d'une suspicion

clinique à une ou plusieurs occasions au cours de leur vie. La mise en commun des données collectées par ces différents dispositifs faciliterait l'identification des séroconversions et rendrait probablement leur détection plus rapide dans certains cas. La nécessité de disposer d'informations fiables et précises sur la localisation des équidés a également été mise en évidence. L'IFCE, mais aussi plusieurs sociétés-mères des chevaux de course, de loisir et de sport, enregistrent des données de localisation. Un accès à ces données (prévoyant des garanties adéquates pour la préservation de leur confidentialité) permettrait une meilleure valorisation des données de surveillance.

Enfin, nos travaux ont montré la bonne sensibilité du DSR et la présence d'un nombre non négligeable de cas d'AVE dans les cinq races de reproducteurs les plus suivies. En tenant compte, notamment, de ces résultats, les différents stud-books pourraient étudier, si possible en se concertant, l'opportunité d'étendre éventuellement cette surveillance à d'autres races de reproducteurs.

## 2. Evaluation semi-quantitative et comparative des systèmes de surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine

**Ce travail a donné lieu à une publication (annexe 2) :**

**Amat, J.P.,** Hendriks, P., Tapprest, J., Leblond, A., Dufour, B., 2015. Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies. *Epidemiology and Infection* 143, 3122-3133.

### 2.1 Introduction

L'objectif de cette deuxième étude était d'évaluer les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE afin de mettre en évidence les pistes d'interconnexion entre les trois systèmes et entre les dispositifs qui les composent. En effet, pour parvenir à identifier les pistes les plus pertinentes, il est nécessaire de bien cerner les forces et faiblesses des systèmes, leurs similitudes et leurs différences, en analysant leur organisation et leur fonctionnement de façon homogène et détaillée. Les trois systèmes ont été évalués de manière comparative avec une méthode d'évaluation semi-quantitative, la méthode Oasis dans sa version flash, afin d'atteindre ce double objectif d'évaluation et de mise en évidence des pistes d'interconnexion susceptibles d'améliorer la surveillance des trois maladies.

### 2.2 Matériel et méthodes

La méthode d'évaluation semi-quantitative Oasis (Outil d'analyse des systèmes de surveillance) permet une analyse structurée, standardisée et approfondie du fonctionnement et de la qualité d'un système de surveillance (Hendriks *et al.*, 2011b). Elle a été élaborée pour évaluer des systèmes de surveillance en santé animale et en sécurité sanitaire des aliments. La variante Oasis « flash », plus rapide que la méthode classique pour la première étape de recueil des données, a été utilisée pour réaliser cette évaluation comparative (Plateforme ESA, 2011, 2014a).

La méthode Oasis flash comprend trois grandes étapes (à l'instar de la version classique), la première étant la collecte des données détaillées relatives à la structure et au fonctionnement de la surveillance. La seconde étape est une phase de notation à l'aide d'un guide de notation qui permet d'obtenir mécaniquement plusieurs représentations des forces et faiblesses du système conduisant ainsi à la troisième phase, celle de la formulation des recommandations.

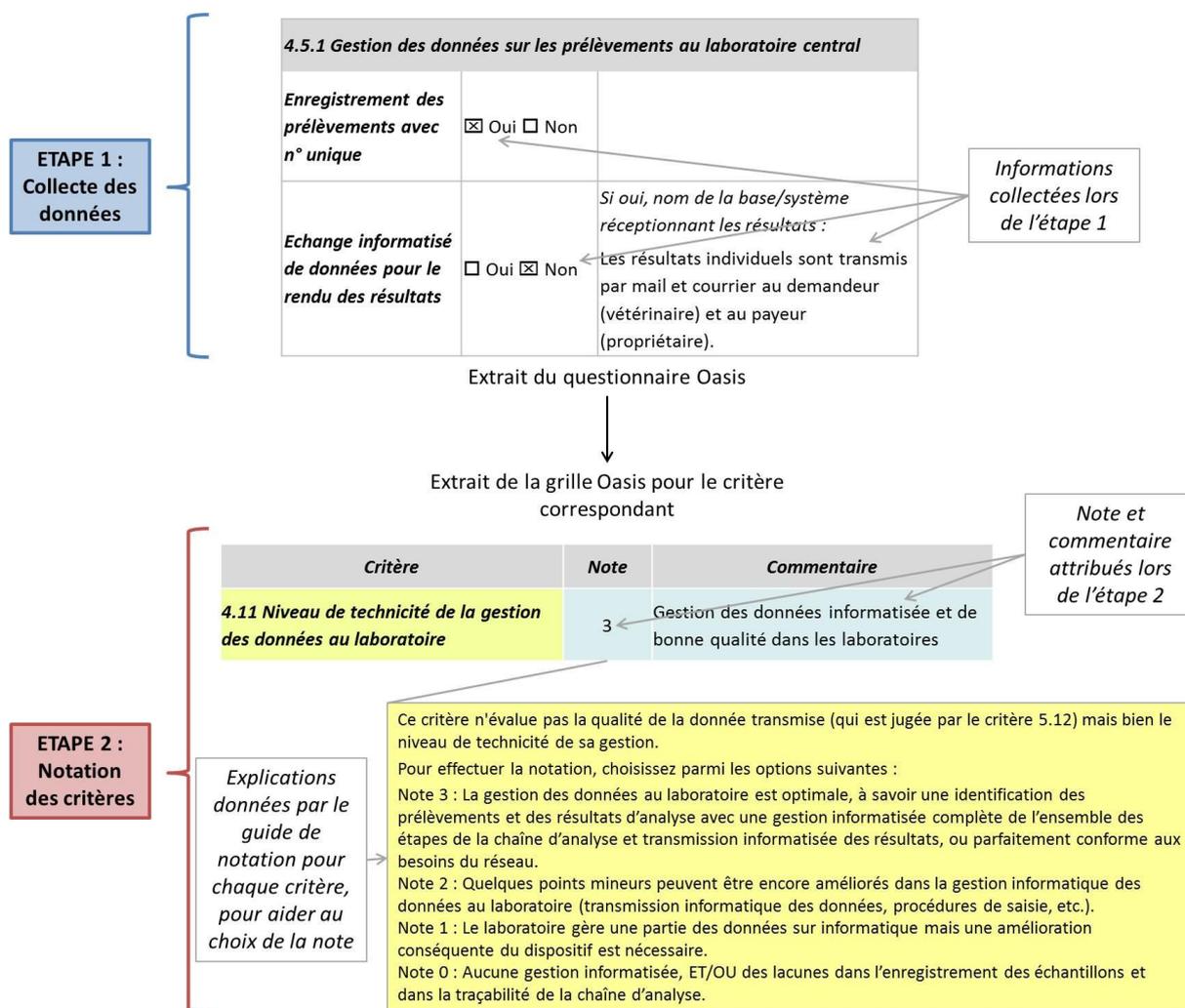
L'étape de collecte des informations a été conduite par une seule personne, lors de revues documentaires et de rencontres et échanges téléphoniques avec des acteurs des organisations institutionnelles centrales uniquement. Pour la deuxième étape de notation, trois équipes ont été constituées (une par maladie) et chacune s'est réunie afin d'évaluer (noter) les systèmes à l'aide d'une grille de 78 critères relatifs aux objectifs, à l'organisation et au fonctionnement de la surveillance. Chaque équipe de notation comportait huit ou neuf personnes, environ la moitié étant interne au système de surveillance (responsables des dispositifs de surveillance) et l'autre moitié étant des experts externes, spécialistes de la maladie et/ou épidémiologistes, parmi lesquels certains avaient déjà l'expérience de la méthode Oasis (tableau 10). Chaque réunion de notation a duré une journée, au cours de laquelle les membres de l'équipe ont noté collectivement l'ensemble des critères en se fondant sur leur propre expertise, sur les renseignements collectés dans le questionnaire et sur le guide de notation proposé par la méthode (figure 19). Pour chaque critère, le guide précise quelles notes peuvent être attribuées (échelle de zéro à trois) et à quel niveau de satisfaction du critère elles correspondent. Les critères sont répartis en dix sections fonctionnelles qui approfondissent chacune un ensemble d'activités de surveillance, tels que l'organisation institutionnelle centrale, les outils de surveillance ou la gestion des données. Le fait que les systèmes évalués comportaient plusieurs dispositifs et modalités de surveillance constituait une particularité de cette application. Chaque critère a toutefois reçu une note unique, synthétisant son niveau de satisfaction en tenant compte de l'ensemble des dispositifs existants. Des commentaires permettant de justifier le choix des notes ont également été apportés. A l'issue de chaque session de notation, l'équipe correspondante a validé les résultats et s'est accordée sur les recommandations d'amélioration, correspondant à la troisième étape de la méthode. Un rapport synthétique a été rédigé après chaque évaluation.

**Tableau 10.** Composition des équipes de notation pour les évaluations des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE avec la méthode Oasis flash.

		Maladie dont le système de surveillance a été évalué		
		AIE	AVE	MCE
Nombre de notateurs par organisme responsable de la surveillance	DGAL	1	1	1
	IFCE	1	1	1
	Respe		2	
	LNR	1	1	1
	Centre d'autopsie*	1	1	
Nombre de notateurs externes à la surveillance		4	3	5
<b>Nombre total de notateurs</b>		<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

\*Centre d'autopsie aujourd'hui animateur de Resumeq, dispositif de surveillance en projet mais non encore formellement constitué au moment des évaluations.

**Figure 19.** Illustration des étapes 1 et 2 de l'évaluation Oasis flash et du lien entre le renseignement du questionnaire et la notation des critères : extraits de la section 4.5.1 du questionnaire relative à la gestion des données au laboratoire et du critère 4.11 correspondant dans la grille de notation (Sources : Dufour et Hendrikx, 2011; Hendrikx *et al.*, 2011a, b).



Enfin, une comparaison des résultats des trois évaluations a été effectuée pour relever les forces et faiblesses communes à tous les systèmes et leurs particularités et pour identifier les interconnexions pouvant être mises en place entre les dispositifs d'un même système et/ou entre les trois systèmes.

Les résultats synthétiques des évaluations se présentent sous la forme de trois sorties graphiques. Ces figures prennent en compte de manière différente les 78 critères de notation et facilitent l'identification des forces et faiblesses de la surveillance. La première sortie présente les résultats pour chacune des dix sections fonctionnelles du système de surveillance, la deuxième sortie illustre les résultats selon sept points critiques et la troisième selon dix attributs des systèmes de surveillance. Pour ces trois sorties, chaque résultat chiffré représente un niveau de satisfaction mesuré par un pourcentage, calculé en faisant le rapport entre le score obtenu et le score maximum possible.

## 2.3 Résultats

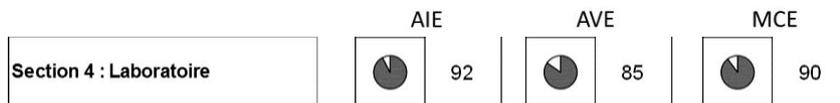
Seuls les résultats les plus importants sont présentés dans cette partie, l'ensemble des sorties graphiques étant présentées en annexe (annexes 3, 4 et 5).

### 2.3.1 Principales forces communes aux trois systèmes de surveillance

#### 2.3.1.1 Les laboratoires

La qualité du travail des laboratoires est un des points forts que partagent les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE (figure 20). Pour chaque maladie il existe en France un réseau de laboratoires d'analyses (LDA) agréés pour les analyses de première intention (près d'une douzaine de LDA pour l'AIE et l'AVE et d'une soixantaine pour la MCE) ainsi qu'un laboratoire national de référence (LNR). Ces laboratoires travaillent de manière standardisée, ils recourent à l'assurance qualité et participent à des essais inter-laboratoires. Ils disposent de moyens suffisants pour mener à bien leurs missions habituelles d'analyse. Les méthodes de diagnostic sont pertinentes et généralement rapides à réaliser et leur sensibilité et leur spécificité sont globalement bonnes.

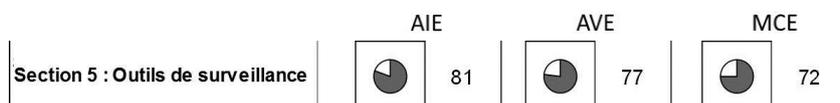
**Figure 20.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Laboratoire » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



#### 2.3.1.2 Les outils de surveillance

Les outils de surveillance sont également satisfaisants (figure 21), notamment les techniques d'analyses. Les prélèvements sont plutôt faciles à réaliser (prises de sang, de sperme, écouvillons naso-pharyngés ou génitaux selon la maladie), ils sont transmis rapidement aux laboratoires et sont de suffisamment bonne qualité pour permettre leur analyse. Les procédures de déclaration des cas sont simples et accessibles, facilitant le recueil des données. La restitution des résultats d'analyses individuelles aux acteurs de terrain (détenteurs, étalonniers, vétérinaires) est efficace.

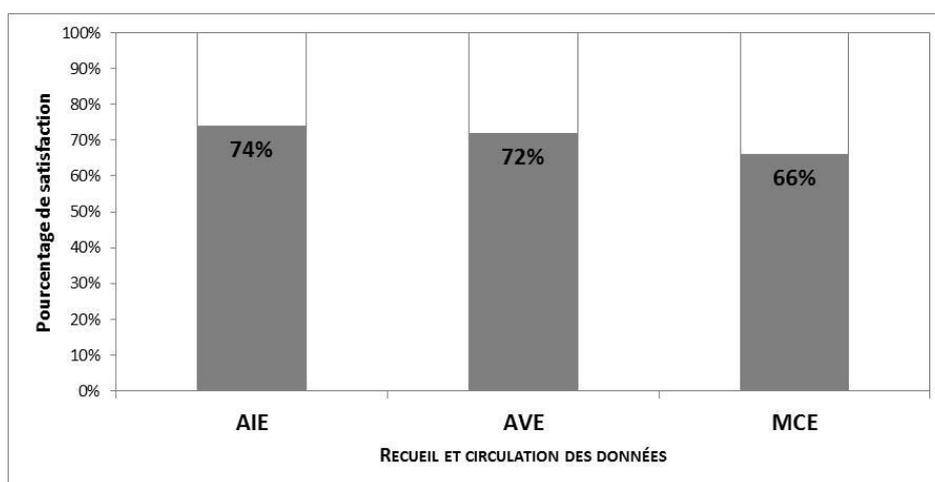
**Figure 21.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Outils de surveillance » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



### 2.3.1.3 Le recueil des données

Le recueil des données est également plutôt performant (figure 22), du fait de la simplicité des procédures de déclaration, de la saisie rapide dans les bases de données, de la qualité des prélèvements et des délais d'analyses de laboratoire assez courts.

**Figure 22.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Recueil et circulation des données » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris).



### 2.3.1.4 La rapidité, la simplicité et la spécificité

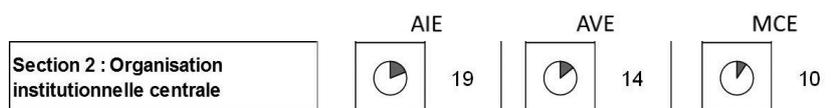
Les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE se distinguent par leur rapidité (annexe 5) du fait notamment des délais courts pour l'acheminement des prélèvements, pour l'obtention des résultats d'analyses et pour la transmission de ces résultats aux acteurs de terrain par les laboratoires. La simplicité est aussi une qualité partagée par les trois systèmes, notamment pour les procédures de déclaration, la collecte des données et les définitions de cas. Enfin, leur spécificité est un des attributs les plus satisfaisants, au regard des analyses de laboratoire et des définitions de cas confirmés.

## 2.3.2 Principales faiblesses communes aux trois systèmes de surveillance

### 2.3.2.1 Organisation institutionnelle centrale et animation

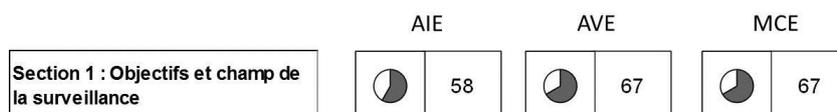
Pour les trois maladies, les dispositifs de surveillance constituant chaque système sont gérés de manière assez indépendante et l'organisation institutionnelle centrale est un élément prioritaire à améliorer (figure 23).

**Figure 23.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Organisation institutionnelle centrale » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



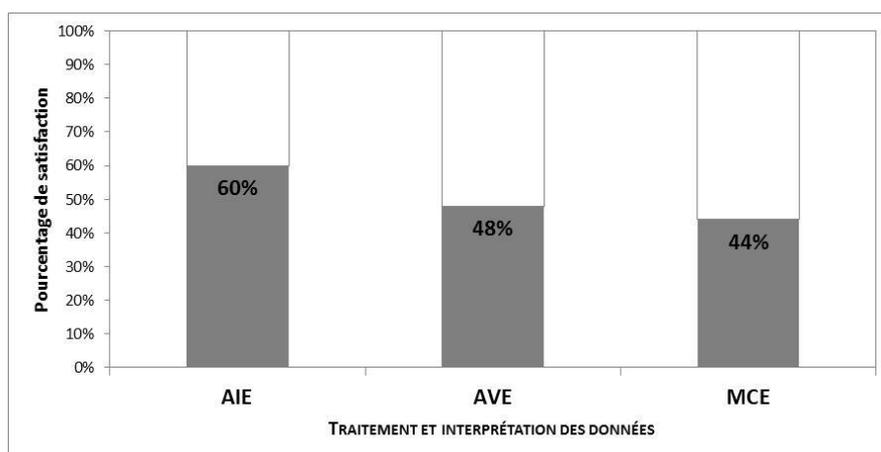
L'organisation centrale d'un système de surveillance doit généralement comprendre trois instances aux missions complémentaires : un comité de pilotage, une unité centrale ou d'animation et un comité scientifique et technique. Or, il n'existe pas d'instance de pilotage pour ces maladies, réunissant tous les partenaires impliqués dans la surveillance et décidant des grandes orientations du système. Les attentes de certains acteurs, tels que les particuliers, les laboratoires ou les producteurs de semence, ne sont pas prises en compte ni même identifiées. L'absence de tels comités de pilotage se traduit par des objectifs insuffisamment définis et détaillés (figure 24), une faible coordination et une faible acceptabilité de la surveillance (annexe 5).

**Figure 24.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Objectifs et champ de la surveillance » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).

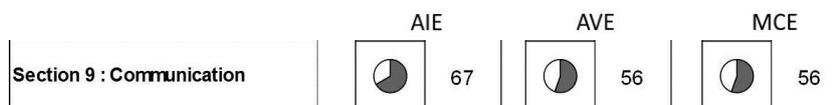


Les fonctions d'animation et de coordination des acteurs, de centralisation et d'analyse des données mais aussi de diffusion des résultats ne sont pas prises en charge de manière claire et formalisée par un organisme ou un groupe d'acteurs qui feraient office d'unité centrale. Ces éléments constituent les raisons majeures des notes faibles attribuées au point critique « traitement et interprétation des données » (figure 25), à la communication (figure 26) et surtout à l'animation (figure 27).

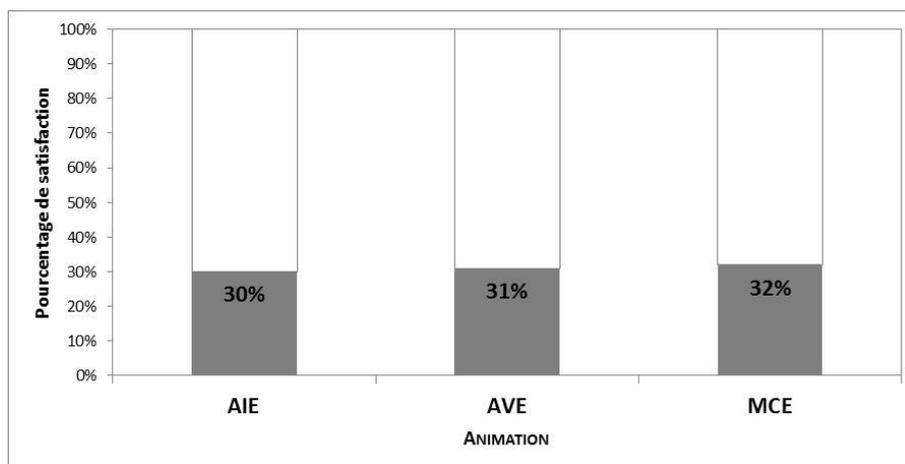
**Figure 25.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Traitement et interprétation des données » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris).



**Figure 26.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Communication » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



**Figure 27.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour le point critique « Animation » (le pourcentage de satisfaction du point critique est inscrit et représenté en gris).



Un défaut d'animation et de retour d'informations sur les activités de surveillance a été particulièrement identifié concernant les acteurs de terrain. Les faibles notes de l'attribut « sensibilité » (annexe 5) s'expliquent en partie par ce constat, ainsi que par l'absence de programme de sensibilisation des acteurs de terrain. Pour l'AIE, il faut ajouter aux raisons d'une médiocre sensibilité la faible acceptabilité des mesures réglementaires mises en place en cas de foyer (incluant l'euthanasie des équidés infectés, même s'ils ne présentent aucun signe clinique).

Par ailleurs, pour aucune des trois maladies il n'existe de comité scientifique et technique.

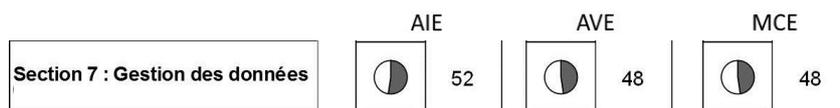
Le défaut d'organisation institutionnelle centrale conduit également à un manque de cohésion et de connexion entre les dispositifs de surveillance. De plus, il n'y a pas non plus de charte ni de protocole définissant l'organisation et le fonctionnement de l'ensemble des systèmes de surveillance.

### 2.3.2.2 Gestion et exploitation des données

La gestion des données est un autre point faible majeur des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE (figure 28). Les résultats produits par les différents dispositifs de surveillance sont gérés dans des systèmes d'information indépendants (DGAL, DDecPP, IFCE, Respe, LNR, LDA). Ces données ne sont que très rarement échangées entre les responsables des dispositifs de surveillance.

Ce constat est toutefois à nuancer, d'une part, pour les informations sur les cas confirmés qui sont transmises à la DGAL et au LNR et, d'autre part, compte tenu de la mise en place récente d'un projet d'*interopérabilité* entre bases de données, c'est-à-dire l'acquisition par les bases d'une capacité à partager leurs informations.

**Figure 28.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Gestion des données » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



Il n'existe aucun enregistrement centralisé des résultats d'analyses pour certains dispositifs (ventes, exports). Pour les exports, une transmission de certaines données (hors résultats des tests) est prévue depuis les Directions départementales en charge de la protection des populations (DDecPP) et les postes d'inspection aux frontières (PIF) vers la DGAL et la base TRACES, mais cette transmission n'est pas réalisée de façon homogène sur le territoire national. L'absence de centralisation est particulièrement dommageable pour les tests AIE réalisés dans le cadre des ventes (aux enchères en particulier) car ils représentent la majorité des analyses effectuées pour cette maladie chaque année en France. Pourtant, le réseau des LDA (avec le LNR) est à l'origine de l'ensemble des résultats d'analyses, quel que soit le dispositif de surveillance impliqué (à l'exception de quelques analyses réalisées à l'étranger, notamment pour les ventes). Une grande partie des données de surveillance est ainsi enregistrée à un niveau local mais seulement une faible proportion est ensuite centralisée en vue d'une exploitation épidémiologique.

Par ailleurs, une bonne part de la saisie de données est encore réalisée manuellement, bien que la proportion des échanges de données informatisées, plus fiables et plus rapides, augmente rapidement depuis quelques années.

Le traitement et l'interprétation des données sont insuffisants à l'heure actuelle (figure 25). Un certain nombre d'informations relatives aux résultats d'analyses et aux animaux testés ne sont pas disponibles et ne permettent pas une exploitation épidémiologique optimale des données. Par exemple pour l'AIE, le nombre annuel d'analyses réalisées est accessible mais aucun acteur ne connaît le nombre total d'équidés testés correspondant ni leurs caractéristiques (localisation, race, sexe, âge, etc.), ni même le nombre de cas suspects ou la part de chaque dispositif de surveillance dans le nombre total d'analyses. Pour l'AVE et la MCE, le niveau de complétude des données est encore plus bas. En outre, les bases de données actuelles ne sont pas toutes bien adaptées à une exploitation épidémiologique et les ressources matérielles et humaines (épidémiologistes) pour une telle exploitation font défaut.

### 2.3.2.3 Flexibilité

Le défaut d'instances centrales capables de faire évoluer facilement les systèmes de surveillance ainsi que l'absence d'indicateurs de fonctionnement ou de performance permettant d'identifier et de corriger les points faibles en routine se traduisent par le faible niveau de l'attribut « flexibilité » (annexe 5).

### 2.3.2.4 Evaluation

L'évaluation de la surveillance est également un point faible des trois systèmes (figure 29). Si une première évaluation externe a été conduite à l'occasion de ce travail avec la méthode Oasis flash, aucune évaluation interne n'est mise en œuvre à ce jour. En particulier, il n'existe pas d'outils d'évaluation « en continu » de la qualité de la surveillance tels que des indicateurs de fonctionnement.

**Figure 29.** Résultats de l'évaluation de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France pour la section fonctionnelle « Evaluation » (le pourcentage de satisfaction de la section est inscrit et représenté en noir).



### 2.3.3 Recommandations d'interconnexion à mettre en place

L'évaluation comparative a mis en évidence les besoins d'amélioration, en miroir des faiblesses identifiées. Certains besoins sont communs à tous les systèmes de surveillance tandis que d'autres sont spécifiques à un système ou un dispositif en particulier, les autres disposant déjà de moyens satisfaisants pour y répondre. Dans les deux cas, la mise en place d'une interconnexion entre dispositifs et/ou systèmes est généralement de nature à répondre efficacement à ces divers besoins. Pour les besoins d'amélioration spécifiques, il serait en effet bénéfique de mutualiser une compétence ou un outil existant dans un dispositif avec les autres dispositifs de surveillance, à chaque fois que cette mutualisation est jugée pertinente, plutôt que de générer un nouvel outil. Quant aux besoins communs, il semble plus cohérent et plus économe de mettre en place des équipes ou outils communs et partagés plutôt que de les créer en plusieurs exemplaires séparément.

L'interconnexion peut s'envisager au sein de chaque système de façon transversale entre les dispositifs qui le composent, ou bien de façon plus large encore entre les trois systèmes, en vue de fonder un système de surveillance commun aux trois maladies. C'est sous ce second angle de vue

que sont présentées les recommandations suivantes (qui peuvent néanmoins se comprendre également par maladie).

### **2.3.3.1 Création d'instances centrales transversales**

La diversité et la complémentarité des dispositifs de surveillance constituent des atouts importants pour la surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE. Pourtant, seulement une partie des bénéfices potentiels en sont retirés du fait du faible niveau d'interconnexion, en particulier à l'échelon central. La création d'une organisation institutionnelle centrale transversale est un besoin commun prioritaire pour améliorer la qualité et la cohérence de la surveillance (tableau 11).

Le système de surveillance devrait être doté d'un comité de pilotage, organe décisionnaire fixant les objectifs et les orientations. Pour être totalement légitime, ce comité devrait comprendre des représentants de l'ensemble des acteurs qui prennent part à la surveillance ainsi que des principaux bénéficiaires, qu'il faudrait identifier au préalable : autorités sanitaires, organisations professionnelles, éleveurs professionnels, détenteurs particuliers, laboratoires, vétérinaires, chercheurs, financeurs, *etc.* La mise en place d'un comité de pilotage transversal permettrait de mettre en cohérence les objectifs attribués à chaque dispositif de surveillance pour qu'ils gagnent en complémentarité. Il apparaît par exemple que l'échantillonnage et les modalités de surveillance sont moins satisfaisants pour l'AIE que pour l'AVE et la MCE. Ce constat est à relier au manque de précision des objectifs généraux de la surveillance de l'AIE (figure 24), en particulier pour la surveillance événementielle réglementaire. Les dispositifs de surveillance programmée existants ont pour finalité de garantir la sécurité sanitaire de la monte, des échanges internationaux et des ventes d'équidés. S'ils remplissent plutôt bien ces missions pour les trois maladies, ils ne s'inscrivent pas dans un but de surveillance de l'ensemble de la population équine. C'est au contraire le cas de la surveillance événementielle réglementaire, essentiellement pour l'AIE, danger sanitaire de première catégorie. Or, le système de surveillance de l'AIE ne permet pas, à ce jour, de connaître précisément la prévalence ni l'incidence de la maladie dans la population équine générale. Les mesures de police sanitaire mises en place lorsqu'un cas est confirmé (euthanasie des équidés infectés, mouvements interdits, enquête épidémiologique, annulation des rassemblements et compétitions) tendent à indiquer que l'objectif pourrait être la détection de tous les cas en vue de l'éradication de l'AIE, mais une confirmation d'un tel but nécessiterait l'adaptation et l'élargissement des mesures de surveillance actuelles. En particulier, l'échantillonnage actuel n'est pas suffisamment efficace pour détecter le virus dans certaines sous-populations telles que les chevaux de loisir, de trait, de boucherie et les ânes, sous-populations dont certaines ont pourtant été atteintes ces dernières années (Hans *et al.*, 2014; Hans *et al.*, 2015). Un comité de pilotage permettrait de mieux préciser les objectifs généraux et ceux de chaque dispositif. Son rôle serait également, avec le concours d'un

comité scientifique et technique, de s'assurer de l'adéquation entre les objectifs fixés et les activités existantes, et d'adapter ces dernières ou d'en créer de nouvelles (voire d'en supprimer) le cas échéant. La sensibilité et la représentativité du système de surveillance pourraient en être renforcées.

**Tableau 11.** Principales actions à mettre en œuvre de manière transversale pour l'amélioration générale de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine et la métrite contagieuse équine en France, identifiées par l'évaluation comparative Oasis flash.

<b>Action transversale à mettre en œuvre pour répondre à un besoin commun</b>
Mettre en place une organisation institutionnelle centrale transversale : comité de pilotage, unité centrale et comité scientifique et technique
Préciser/ définir des objectifs détaillés pour la surveillance, en prenant en compte les attentes de tous les partenaires
Améliorer la gestion des données : transmission des données collectées par les LDA pour tous les dispositifs de surveillance, centralisation/partage des données ou interopérabilité des bases de données
Mettre en place un tableau de bord d'indicateurs sanitaires et d'indicateurs de fonctionnement facilement vérifiables en routine, permettant respectivement le suivi « en continu » de la situation sanitaire et l'évaluation interne et l'amélioration de la surveillance
Harmoniser le fonctionnement des DDecPP/PIF pour la remontée des données sur les exports

L'unité centrale est le cœur de tout système de surveillance car elle en assure l'animation. Sa mise en place est nécessaire pour garantir un fonctionnement coordonné entre les différents acteurs et entre toutes les activités de surveillance des trois maladies. Elle regrouperait les personnes responsables de la centralisation des données collectées, de leur analyse et de leur diffusion interne et externe. L'unité centrale animerait également le comité scientifique et technique et rendrait compte au comité de pilotage des résultats de la surveillance. Elle pourrait aussi gérer les programmes de formation et de sensibilisation et assurer le suivi des indicateurs sanitaires et de fonctionnement. Pour l'AIE, danger sanitaire de première catégorie, la DGAL a vocation à jouer le rôle d'unité centrale. Elle pourrait toutefois bénéficier de l'appui d'autres acteurs pour certaines activités, comme le réalise jusqu'à présent le LNR pour la diffusion annuelle d'une synthèse des résultats. D'autres acteurs, tels que le Respe, l'IFCE, les LNR et les studbooks, pourraient être impliqués de manière conjointe et synergique dans l'animation compte tenu de leur rôle actuel dans la surveillance de l'AVE et de la MCE, dangers sanitaires de deuxième catégorie. Ces organisations possèdent des compétences, une expérience et des moyens humains et matériels complémentaires susceptibles de bénéficier à tous les dispositifs de surveillance. Le rôle que ces acteurs pourraient se voir attribuer dépendra en partie de la mise en place et du mode de fonctionnement des « réseaux sanitaires » dont la création prochaine est prévue par une ordonnance parue en octobre 2015 (Anonyme, 2015b). Ces réseaux, dont la mission sera de « coordonner (...) la mise en œuvre des mesures de

*surveillance et de prévention contre les dangers sanitaires* », seront constitués des détenteurs d'animaux et devront adhérer ou participer à la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA). Comme le précise l'ordonnance, la Plateforme ESA, qui a pour vocation depuis sa création d'être un lieu de collaboration entre acteurs sanitaires, est chargée d'apporter à l'Etat et, à la demande de l'Etat, aux autres gestionnaires de dispositifs de surveillance, « *un appui méthodologique et opérationnel pour la conception, le déploiement, l'animation, la valorisation et l'évaluation des dispositifs de surveillance* ».

Il existe enfin un besoin de comité scientifique et technique (CST), qui apporterait un appui à l'unité centrale. Le CST rassemblerait les scientifiques et techniciens en mesure de concevoir, d'élaborer et de critiquer les protocoles de surveillance à mettre en place pour répondre aux objectifs fixés par le comité de pilotage. La création d'un CST faciliterait en outre la mutualisation des outils de surveillance déjà existants et une harmonisation de l'exploitation des données. Il contribuerait ainsi à garantir la validité scientifique des données produites.

### **2.3.3.2 Gestion et centralisation ou partage des données**

L'amélioration de la gestion des données passe tout d'abord par le partage ou l'enregistrement centralisé des données issues de tous les dispositifs de surveillance, y compris pour les ventes et les exports. En effet pour ces deux dispositifs, les données sont seulement enregistrées par les LDA. Leur centralisation n'est prévue par aucun texte réglementaire ou convention, empêchant toute exploitation collective de ces résultats. Il est donc important d'améliorer et de généraliser la transmission de données dès le niveau des LDA vers une base centrale.

La centralisation des données dans une base unique serait utile en vue de leur analyse. Cependant, une interopérabilité entre les bases existantes ou *a minima* un partage régulier et fiable des données pourraient aussi être envisagés. En effet, compte tenu de la diversité des objectifs des dispositifs de surveillance, leurs systèmes d'information ont été conçus de manières très différentes et la fusion en une seule base de données sera difficile à mettre en œuvre. Quel que soit le nombre de bases à l'avenir, l'éventuelle collaboration des acteurs au sein de la Plateforme ESA permettrait d'avoir recours à son centre de service des données (CSD-ESA), outil destiné à faciliter l'accès aux données issues de différents dispositifs ou systèmes de surveillance (Perrin *et al.*, 2014). Les données ainsi mises à disposition permettent aux personnes disposant des droits nécessaires de produire ou consulter des tableaux de bord d'indicateurs sanitaires et d'indicateurs de fonctionnement.

Par ailleurs, une autre mise en synergie pourrait voir le jour pour le mode de transmission des résultats d'analyses de laboratoire. En effet, dans le cadre de la surveillance des équidés reproducteurs, la plupart des LDA sont qualifiés pour transmettre directement leurs résultats à la

base de données de l'IFCE (base Sire) par échanges de données informatisées (EDI). Les EDI ont l'avantage d'être sécurisés par cryptage et d'être plus rapides et plus fiables que les saisies manuelles qui étaient le seul mode de saisie dans Sire jusqu'à récemment. Il est donc recommandé de généraliser les EDI à toutes les modalités de surveillance afin d'obtenir un transfert rapide et exhaustif des résultats obtenus par les LDA.

Enfin, des procédures de vérification automatique des données enregistrées existent pour certaines bases de données et devraient être généralisées à l'avenir.

### **2.3.3.3 Exploitation des données**

Si les améliorations proposées au paragraphe précédent étaient mises en place, rendant plus aisé l'accès à l'ensemble des données collectées, elles faciliteraient ensuite l'étape de leur interprétation ou exploitation. Celle-ci devrait être régulière et détaillée, en s'appuyant sur et en mutualisant les compétences épidémiologiques déjà présentes (et cependant à renforcer) dans les organismes impliqués dans la surveillance. Une bonne exploitation des données est indispensable pour garantir la valorisation des efforts fournis dans les différents dispositifs et réseaux de surveillance.

### **2.3.3.4 Diffusion des informations et communication**

L'interconnexion entre acteurs permettrait également d'améliorer la diffusion des informations au sein et à l'extérieur du système de surveillance. Cette activité succède aux étapes d'enregistrement, de traitement et d'interprétation des données et dépend donc directement de la qualité de leur mise en œuvre. Les outils de diffusion déjà existants pourraient servir au développement d'une stratégie plus globale et mieux structurée de communication. Pour l'AVE, des bilans réguliers des sous-réseaux de surveillance sont effectués par le Respe. Ils sont diffusés sur son site internet (accès libre) et par courriels à une liste de diffusion (inscription libre ouverte à tous). Pour l'AIE, un rapport faisant le bilan de l'ensemble du système de surveillance est réalisé chaque année conjointement par le LNR et la DGAL et publié dans le numéro spécial « Maladies règlementées et émergentes » du Bulletin épidémiologique Santé animale – alimentation (Hans *et al.*, 2014; Hans *et al.*, 2015). Sa fréquence de parution est jugée satisfaisante. Il est disponible en ligne mais n'est activement diffusé qu'à une partie des acteurs internes et externes de la surveillance (DDecPP, vétérinaires, épidémiologistes). Il est recommandé que des bilans annuels portant sur l'ensemble des dispositifs de surveillance de l'AVE et de la MCE soient également produits. Ces rapports devraient être rédigés par l'ensemble des acteurs responsables de la surveillance, réunis au sein de l'unité centrale. Ils devraient comporter un bilan des activités et une analyse épidémiologique de l'ensemble des résultats. Leur transmission serait assurée à tous les acteurs de la surveillance y compris les acteurs de terrain (dont vétérinaires,

propriétaires, détenteurs, sociétés de vente aux enchères) et aux partenaires externes publics et privés, incluant les partenaires étrangers, dont certains sont actuellement destinataires de certaines informations mais de façon insuffisamment coordonnée. Des sessions de restitution pourraient également être mises en place.

Un tel renforcement de la communication contribuerait à améliorer l'implication et la vigilance des acteurs et, par conséquent, la sensibilité du système de surveillance, mais aussi son acceptabilité, sa pérennité et sa visibilité.

### 2.3.3.5 Mutualisation des outils de surveillance

Les organismes acteurs de la surveillance ont développé divers outils qu'il serait utile de mutualiser ou de généraliser (tableau 12). Par exemple, un protocole de surveillance détaillé devrait être formalisé en s'inspirant des protocoles déjà existants pour la surveillance événementielle volontaire et la surveillance des reproducteurs, mis en place respectivement par le Respe et certains studbooks. Le protocole préciserait les objectifs et le champ de la surveillance (population surveillée, définition des cas, *etc.*), les activités et les rôles de chaque acteur, les modalités de surveillance ainsi que les méthodes à employer pour la collecte, la gestion et l'exploitation des données, la diffusion des informations, les examens de laboratoire, la formation des acteurs, l'évaluation du système de surveillance, *etc.*

**Tableau 12.** Principaux outils, équipes et compétences à mettre en commun pour améliorer la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), l'artérite virale équine (AVE) et la métrite contagieuse équine (MCE) en France.

Point fort à mettre en commun	Système/organisme dont le point fort est à partager	Principaux critères pouvant être améliorés grâce au partage du point fort
Protocole de surveillance	Studbooks, Respe	Outils de surveillance Stabilité
Formulaire de collecte de données	IFCE, Respe	Collecte de données Outils de surveillance
Echanges de données informatisées (EDI)	IFCE, Respe	Gestion des données Fiabilité Rapidité
Exploitation des données	DGAL, LNR, Respe, IFCE	Traitement et interprétation des données Fiabilité Utilité
Bilan annuel	Système de surveillance de l'AIE	Communication Diffusion de l'information Acceptabilité
Équipes d'investigations	Système de surveillance de l'AIE, studbooks, Respe	Fiabilité Rapidité

Par ailleurs, des formulaires de recueil de données ont été créés par le Respe (pour l'AVE et plus récemment pour l'AIE) et l'IFCE (pour les trois maladies). Ces outils permettent de standardiser les informations collectées et leur utilisation serait à étendre à tous les dispositifs de surveillance, y compris la surveillance événementielle réglementaire et la surveillance des ventes et des exports. Les acteurs de terrain -vétérinaires surtout- doivent être sensibilisés à leur utilité (tableau 12).

Les définitions de cas existantes devraient être harmonisées et leur usage généralisé. En particulier pour l'AVE, seul le Respe utilise une définition de « cas suspect ». Elle est sensible mais toutefois assez peu spécifique car employée pour la surveillance de syndromes (« avortement » ou « syndrome respiratoire aigu ») pour enclencher la recherche de plusieurs agents infectieux.

### **2.3.3.6 Equipes d'investigation**

A l'heure actuelle, plusieurs équipes d'investigation sont mobilisables en cas de foyer : par la DGAL pour l'AIE, par l'IFCE avec les studbooks pour l'AVE et la MCE et par le Respe pour l'AVE. A l'avenir, ces équipes pourraient être fusionnées ou mieux coordonnées en profitant des compétences complémentaires existantes, en incluant notamment les LNR et des épidémiologistes (tableau 12).

## **2.4 Discussion**

### **2.4.1 Choix de la méthode Oasis et de la variante flash**

Le double objectif de cette étude, d'analyse comparative globale des systèmes de surveillance et de mise en évidence des pistes d'interconnexion, a justifié le choix d'une méthode d'évaluation de type qualitative (ou plus précisément semi-quantitative), par opposition aux méthodes d'évaluation quantitative. Ces dernières permettent en effet une évaluation précise mais leur champ d'application se limite à un ou plusieurs critères seulement, tels que la sensibilité, les coûts ou des indicateurs de performance.

Plusieurs méthodes d'évaluation qualitative ou semi-quantitative ont été développées (Calba *et al.*, 2015a; Drewe *et al.*, 2012; Dufour *et al.*, 2006). Certains travaux d'évaluation (Harper *et al.*, 2011) ont ainsi reposé sur les attributs développés par les Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC) américains (CDC, 2001). La méthode Oasis utilise aussi ces attributs mais également beaucoup d'autres critères afin d'analyser plus en profondeur les systèmes de surveillance.

Deux particularités importantes de la méthode Oasis par rapport à la plupart des autres outils d'évaluation qualitative sont à souligner. Premièrement, elle fournit un cadre détaillé et des outils

prêts à l'emploi pour conduire l'évaluation. Deuxièmement, sa grille de notation possède un haut niveau de détail qui facilite le travail des évaluateurs, d'autant qu'un guide de notation explique la méthode de notation des critères (Calba *et al.*, 2015a; Hendrikx *et al.*, 2011b). Une équipe de chercheurs Japonais a mis au point un autre guide de notation mais permettant d'évaluer seulement treize critères relatifs à la « crédibilité » ou fiabilité de la surveillance, selon une méthode d'analyse hiérarchique (Ohashi *et al.*, 2010). Le poids des critères au sein de ce guide est par ailleurs variable et en partie subjectif car attribué par les évaluateurs eux-mêmes, qui fondent leur avis sur leur propre domaine d'expertise. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a également développé des méthodes d'évaluation semi-quantitative contenant des grilles et guides de notation (WHO, 2008, 2011), l'une des grilles correspondant plutôt à une check-list renseignée de façon binaire : la note « 1 » est attribuée lorsque l'item est complètement satisfait et la note « 0 » s'il est partiellement ou non satisfait (WHO, 2011). Une évaluation a aussi été réalisée en comparant un système de surveillance avec un protocole « standard » de référence, mais sans guide de notation (Lynn *et al.*, 2007).

Certains auteurs ont développé une méthode d'évaluation qualitative (appelée « Serval ») adaptable au système de surveillance étudié (Drewe *et al.*, 2013b). En fonction des objectifs du réseau, les évaluateurs choisissent cinq à dix attributs d'évaluation parmi une liste de vingt-deux. Cette modularité est innovante et intéressante. Elle nécessiterait toutefois, pour réaliser une évaluation comparative, de choisir les mêmes attributs pour chaque système et dispositif de surveillance à évaluer. En outre, un tel choix ne concorderait pas exactement avec les recommandations de la méthode Serval, à savoir sélectionner les attributs en fonction des objectifs de l'activité de surveillance étudiée plutôt que des objectifs de l'évaluation. Le choix de quelques attributs seulement risque également de conduire à ne pas évaluer des pans entiers des activités de surveillance. Par ailleurs, le questionnaire de collecte d'informations Serval est moins détaillé que celui de la méthode Oasis et il n'y a pas de guide de notation à l'heure actuelle. Toutefois, la méthode Serval, qui peut inclure d'autres analyses telles qu'une évaluation économique, fournit un guide utile aux évaluateurs pour définir le but et le champ de l'évaluation (temps, ressources) ainsi que les destinataires et le mode de diffusion des résultats.

L'illustration graphique est un autre point de fort de l'outil Oasis. Seules quelques méthodes proposent une présentation figurée des résultats (Drewe *et al.*, 2013b; WHO, 2008, 2011), la méthode Oasis ayant l'avantage de fournir trois sorties graphiques complémentaires. La troisième illustration permet de mettre en lumière les qualités ou défauts généraux d'un système (par exemple, un manque de flexibilité), alors que la deuxième sortie graphique suggère quel point critique en est la cause (par exemple, un défaut de coordination) et que la première précise quelle partie du système doit être améliorée (par exemple, l'organisation institutionnelle centrale). En

outre, ces trois figures facilitent l'identification des atouts d'un système, pouvant être mutualisés ou transposés aux autres.

L'emploi de la variante Oasis « flash » a permis de réduire le temps consacré à la collecte des données et le nombre de personnes sollicitées pour cette collecte. Ainsi, les responsables des dispositifs de surveillance ont essentiellement été mobilisés pour la journée de notation, facilitant leur participation à l'évaluation. Toutefois, du fait de ce mode de recueil plus rapide, les recommandations émises peuvent s'avérer moins détaillées et possiblement moins pertinentes qu'avec la méthode Oasis classique. L'absence d'observation par des auditeurs externes de toutes les phases de fonctionnement du réseau peut conduire à sous-estimer certaines difficultés ou à ne pas identifier certains biais, probablement cependant mineurs. L'absence de rencontres et d'audit des acteurs de terrain peut également conduire à une moindre acceptation des propositions formulées suite à l'évaluation. Il a cependant été montré, dans le cas de l'évaluation de la surveillance de la tuberculose bovine en France, que les résultats et les principales recommandations n'ont pas franchement différé en utilisant la méthode classique et sa variante flash (Hendrikx *et al.*, 2012). Le rapport temps-efficacité de la variante « flash » semble donc satisfaisant.

Les notateurs ont jugé la méthode relativement facile à utiliser, en particulier pour ceux qui ne l'avaient jamais manipulée auparavant. Ils ont tous approuvé les recommandations et conclusions finales de l'étude.

Au bilan, le haut niveau de standardisation de la méthode Oasis, le nombre élevé de domaines investigués et de critères évalués, ont permis l'analyse approfondie et comparée d'une surveillance complexe, reposant sur plusieurs systèmes multi-dispositifs. L'utilisation de la version flash de la méthode a permis la réalisation de ces évaluations dans un temps acceptable. Cette analyse a débouché sur l'identification d'un nombre important de pistes d'interconnexion, portant à la fois sur la structuration de la surveillance et sur des solutions techniques ou scientifiques en vue de son amélioration.

#### **2.4.2 Participation des responsables des dispositifs de surveillance**

La méthode Oasis précise quelles compétences et quels types d'acteurs doivent être réunis pour réaliser l'évaluation, en particulier les responsables des dispositifs de surveillance. La participation de ces responsables est nécessaire car ce sont les personnes qui connaissent le mieux la surveillance. Pour notre évaluation, seuls les représentants des organismes de ventes aux enchères étaient absents. Malgré leur absence, les données préalablement recueillies et la présence des autres acteurs ont permis la notation de tous les critères. Néanmoins, la présence des responsables de la surveillance est susceptible de biaiser l'évaluation car ils sont alors juges et parties. Le guide de

notation détaillé et la présence d'experts externes ont toutefois contribué à contrebalancer ces effets.

D'une manière générale, le choix des évaluateurs influence les résultats et la participation d'autres représentants des systèmes et dispositifs étudiés et d'autres experts extérieurs aurait peut-être conduit à des résultats légèrement différents. Par ailleurs, l'évaluation est réalisée en grande partie aux dires des notateurs et comporte donc une part de subjectivité. La subjectivité individuelle inévitable a probablement été en grande partie neutralisée grâce au caractère collectif de l'étude et au guide de notation. Un consensus entre notateurs a été obtenu assez facilement pour tous les critères ce qui porte à croire que les responsables des dispositifs étaient suffisamment objectifs et que les résultats de l'évaluation sont pertinents.

### **2.4.3 Limites de la méthode utilisée**

La démarche suivie, fondée sur la méthode Oasis flash puis sur la comparaison des résultats de trois évaluations, semble pertinente pour identifier des pistes d'interconnexion, jugées pertinentes par les responsables des dispositifs de surveillance. Toutefois, l'absence d'analyse économique du système de surveillance actuel et des mesures proposées est une limite. Une évaluation économique permettrait de hiérarchiser les mesures proposées en fonction de leur balance coûts-efficacité.

Par ailleurs, l'acceptabilité de la surveillance a été prise en compte, mais essentiellement de manière indirecte, *via* la notation de plusieurs critères. Il s'agit notamment des critères portant sur l'existence d'instances centrales, sur la prise en compte des attentes des partenaires pour définir les objectifs, sur la simplicité des procédures de déclaration, sur la formation et le retour d'informations aux acteurs de terrain. Une évaluation plus directe de la perception qu'ont les acteurs du système de surveillance, de leurs craintes, de leurs besoins et de leurs attentes pourrait être effectuée à l'aide de méthodes d'analyse sociologique adaptées.

## **3. Identification et hiérarchisation des pistes d'amélioration et d'interconnexion des systèmes de surveillance de la filière équine par un atelier participatif**

### **3.1 Introduction**

Le premier objectif de cette partie était d'approfondir l'identification des pistes d'amélioration et d'interconnexion des dispositifs et systèmes de surveillance de l'AIE, l'AVE et la MCE, par une analyse collégiale menée par les acteurs sanitaires de la filière équine. Le second objectif était, toujours par cette analyse collégiale, de mesurer les niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact attendu des pistes recommandées et de les hiérarchiser selon leur niveau de priorité. La finalité de ce travail était de prolonger le diagnostic et les premières formulations de pistes d'amélioration réalisés essentiellement lors de l'évaluation comparative réalisée grâce à la méthode Oasis flash.

### **3.2 Matériel et méthodes**

#### **3.2.1 Acteurs sanitaires sollicités**

Pour approfondir les pistes d'amélioration et d'interconnexion et leur donner une chance d'aboutir il était nécessaire de les faire émerger par les acteurs sanitaires de la filière équine eux-mêmes, car ils sont les destinataires premiers des résultats de la surveillance et parce qu'ils sont directement impactés par les maladies infectieuses des équidés. Le terme « acteur sanitaire » a volontairement été compris dans une acception large. Il a inclus ici les responsables publics et privés des dispositifs de surveillance, des représentants des acteurs situés aux autres échelons des dispositifs (vétérinaires, détenteurs, laboratoires), mais aussi des représentants des professionnels de la filière (« bénéficiaires » de la surveillance), des scientifiques spécialisés dans la filière équine et des épidémiologistes.

La liste des organismes et des personnes sollicités (tableau 13) a été établie par l'équipe de préparation de l'atelier qui comportait six personnes, le doctorant, les directrices et encadrants de thèse et une inspectrice stagiaire de la santé publique vétérinaire (Anses). Outre l'ensemble des organismes responsables de dispositifs, les LNR concernés ont été conviés ainsi que les deux organisations vétérinaires impliquées dans la santé équine, l'Avef et la Société nationale des groupements techniques vétérinaires (SNGTV). Les DDecPP et SRAL (Service régional de l'alimentation) étant impliqués en tant qu'échelon intermédiaire de la surveillance événementielle

réglementaire mais aussi comme acteur de la surveillance des exports, certains de leurs représentants, connus pour leur participation dans la surveillance et/ou l'investigation de foyers, ont été invités. Des agents de trois LDA réalisant en routine des analyses AIE, AVE et MCE et situés dans trois régions différentes ont également été sollicités.

**Tableau 13.** Liste des acteurs et organismes sollicités et présents à l'atelier participatif.

Type d'acteurs	Organisme sollicité	Nombre de membres présents à l'atelier participatif
<b>Responsables de dispositif</b>	DGAL	1
	IFCE	2
	Respe	3
	Resumeq	1
<b>Echelon intermédiaire de dispositifs</b>	DDecPP - SRAL	0
<b>Laboratoires</b>	LNR	2
	LDA	3
<b>Organisations vétérinaires</b>	Avef	1
	SNGTV	1
<b>Professionnels de la filière</b>	France Galop	1
	Trot	1
	FFE	2
	FNC	0
	Syndicat des éleveurs de chevaux de sang	1
	FNCC	0
	GDS-GDS France	1
	Fondation Hippolia	0
	Société de ventes aux enchères	0
<b>Universitaires, chercheurs, épidémiologistes</b>	Anses	6
	Ecoles vétérinaires	4
	Inra	2
<b>Total</b>		29*

\* La somme des affiliations dépasse légèrement le nombre total de participants car certains d'entre eux avaient une double affiliation.

Un panel assez large de professionnels de la filière a été convié, incluant les partenaires fortement impliqués dans la surveillance que sont les sociétés mères des courses (France Galop et le Trot), les groupements de défense sanitaire (GDS) et les sociétés de ventes aux enchères. Par ailleurs, plusieurs fédérations et organismes représentant un grand nombre de détenteurs d'équidés et

d'acteurs divers de la filière (Fédération nationale du cheval [FNC], Fédération nationale des conseils des chevaux [FNCC], Fédération française d'équitation [FFE], Syndicat des éleveurs de chevaux de sang [SECS]) ont été invités, ainsi que la Fondation Hippolia. Cette fondation a pour vocation de promouvoir et renforcer les programmes de recherche en santé et performance des chevaux. Enfin, plusieurs experts des maladies infectieuses équine issues des Ecoles vétérinaires et de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) ont été sollicités, ainsi que des épidémiologistes de l'Anses, de l'Inra et des Ecoles vétérinaires, spécialisés dans les maladies infectieuses.

La quasi-totalité des organismes sollicités ont été présents lors de l'atelier (tableau 13), bien que les représentants de deux d'entre eux (DDecPP et GDS) aient été dans l'incapacité de se déplacer en raison de grèves des transports le jour de l'atelier. Vingt-neuf personnes ont ainsi participé à la journée.

### **3.2.2 Format et déroulement de l'atelier participatif**

Afin de favoriser les échanges entre acteurs, le format retenu a été celui d'un atelier participatif d'une journée, articulé en trois étapes.

#### **3.2.2.1 Etape introductive de partage d'informations et d'implication des participants**

Les participants à l'atelier provenaient d'organismes différents, impliqués de manière plus ou moins forte dans la surveillance. Leurs niveaux de connaissance des dispositifs et plus généralement des enjeux de la surveillance épidémiologique étaient donc différents. Un premier temps de présentations a été organisé afin de fournir un socle commun d'informations à tous, permettant d'approfondir les échanges à partir d'une même base de compréhension. Cette étape avait aussi pour objectif de placer tous les participants dans une attitude constructive avec un objectif commun d'amélioration, et de leur faire adopter une démarche prospective sur les pistes d'amélioration *via* l'interconnexion.

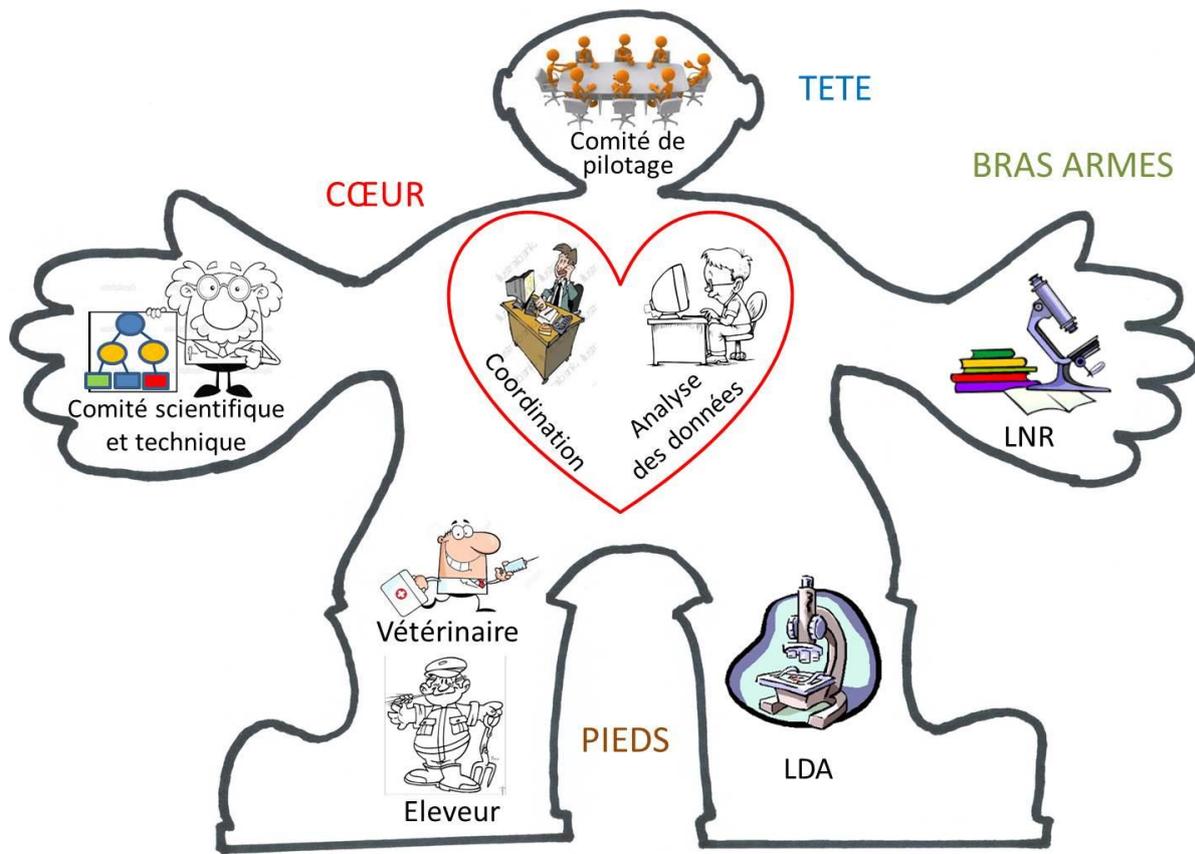
Durant cette phase, d'une durée d'une heure, après que l'animateur principal de la journée (membre de l'équipe de préparation) ait rappelé sommairement le cadre, les objectifs de l'atelier et le fait que ce n'était pas un lieu de prise de décision, chaque participant était invité à se présenter en indiquant son nom, son organisme d'appartenance et sa fonction.

### 3.2.2.1.1 Présentation sur la surveillance épidémiologique

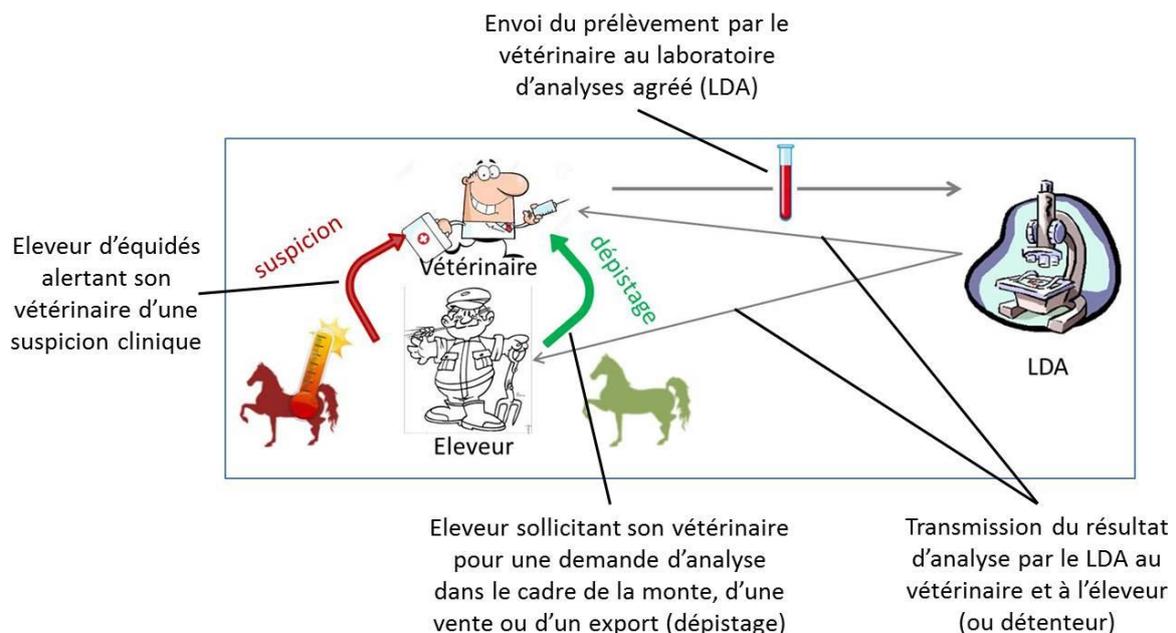
Après un temps d'accueil et de rappel des objectifs de la journée, une présentation portant sur la surveillance épidémiologique des maladies infectieuses a été assurée par un expert du domaine (annexe 6). Elle incluait la définition des objectifs habituels de la surveillance, à savoir la connaissance de la situation épidémiologique d'une maladie (description du nombre de cas et de leur évolution dans le temps et l'espace), la détection de nouvelles maladies (émergences et réémergences) ainsi que l'évaluation et l'adaptation des mesures de lutte, voire la hiérarchisation des maladies selon leur importance sanitaire ou économique (Dufour et Hendrikx, 2011). Il a également été précisé que la surveillance est un outil de connaissance et une méthode d'observation fondée sur des enregistrements en continu (Toma *et al.*, 1991), pouvant s'articuler sur deux grandes stratégies ou modalités, les surveillances événementielle et programmée. L'architecture et le fonctionnement classique d'un dispositif de surveillance ont été présentés. Le rôle des différents acteurs a été illustré sous la forme d'un « bonhomme de la surveillance » afin de faciliter la compréhension par tous des missions-clés de la surveillance et de l'articulation optimale entre les acteurs (figure 30, identique à la figure 2 du premier chapitre). L'illustration de cet « archétype » de dispositif s'est construite progressivement par le bas, en partant de la suspicion d'un cas ou de la demande d'analyse par l'éleveur/détenteur pour un équidé apparemment sain destiné à l'export, la vente ou la monte, jusqu'à l'instance de pilotage. Les liens entre acteurs (communication d'informations, transmission de prélèvements, coordination, *etc.*) ont été représentés par des flèches (figure 31).

Les pieds du « bonhomme de la surveillance » ainsi obtenu correspondent aux acteurs de terrain (éleveurs, vétérinaires, LDA) et le cœur à l'unité centrale chargée de coordonner le dispositif, de centraliser et d'analyser les données. L'instance de pilotage a été symbolisée par la tête du bonhomme, car assurant la prise de décision, et le LNR et le comité scientifique et technique (CST) par ses « bras armés » car ils jouent un rôle d'expertise technique et scientifique. Par exemple, le LNR assure la confirmation des cas, il garantit un bon niveau de performance du réseau de LDA et participe à l'investigation des cas, tandis que le CST propose toutes modifications permettant d'améliorer les outils (protocole, fiche de collecte des données, systèmes de déclaration, définitions de cas, *etc.*) et les résultats de la surveillance (tels que les indicateurs de fonctionnement, les supports de formation et d'information ou les méthodes d'analyse de données).

**Figure 30.** Représentation schématique d'un dispositif de surveillance sous la forme d'un « bonhomme de la surveillance », extraite de la présentation de la surveillance épidémiologique projetée lors de l'atelier participatif.



**Figure 31.** Représentation schématique des échanges d'informations et des transferts de prélèvements entre les acteurs de terrain d'un dispositif de surveillance, extraite de la présentation de la surveillance épidémiologique projetée lors de l'atelier participatif.



### 3.2.2.1.2 Questionnaire individuel sur les forces et faiblesses de la surveillance et sur les attentes des participants pour la journée

L'organisation et le fonctionnement habituel d'un dispositif ou système de surveillance ayant été présentés, il a été demandé aux participants de renseigner individuellement un questionnaire en deux parties. La première partie devait évaluer la perception des participants du niveau de performance des trois systèmes de surveillance, et plus particulièrement des points forts et points faibles. Pour faciliter la tâche des participants, cibler les sujets et limiter le temps nécessaire pour compléter cette partie, des questions fermées ont été choisies. Douze propositions ont ainsi été formulées, et pour chacune d'elle le participant devait préciser s'il s'agissait d'un point fort ou d'un point faible ou indiquer s'il ne savait pas répondre, en inscrivant en face de l'item un des trois signes correspondant à ces trois réponses possibles (respectivement « + », « - » et « ∅ »). Pour chaque proposition, le répondant avait trois cases à remplir, une par système de surveillance (AIE, AVE et MCE), à l'exception du dernier item qui ne portait que sur l'AIE (tableau 14). Le choix des propositions a été effectué en s'inspirant des forces et faiblesses identifiées au cours de l'évaluation comparative réalisée précédemment avec la méthode Oasis (Amat *et al.*, 2015).

**Tableau 14.** Première partie du questionnaire individuel distribué au début de l'atelier participatif, sur les forces et faiblesses des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.

<b>1. D'après vous, quels sont les points forts et points faibles de la surveillance épidémiologique de l'AIE, de l'AVE et/ou de la MCE ?</b>			
→ Pour chaque maladie, inscrivez dans la case :			
- le signe « + » si vous jugez que le critère est satisfait/atteint et qu'il est donc un point fort de la surveillance de cette maladie,			
- le signe « - » si vous pensez que le critère n'est pas ou est mal réalisé et qu'il est donc un point faible,			
- le signe « ∅ » si vous ne savez pas.			
Items	AIE +/-/∅	AVE +/-/∅	MCE +/-/∅
1. La bonne connaissance des symptômes d'AIE, d'AVE, de MCE par les détenteurs d'équidés et les vétérinaires et leur vigilance par rapport à ces maladies			
2. La qualité des fiches de collecte de données			
3. La fiabilité des résultats de laboratoires			
4. La rapidité du retour des résultats d'analyses (aux détenteurs, propriétaires, vétérinaires)			
5. La centralisation des données			
6. La valorisation épidémiologique des données			
7. La mutualisation des outils de surveillance utilisés par les différents dispositifs (fiches de collecte de données, définitions de cas, outils de gestion des données, protocoles, procédures de déclaration...)			
8. La participation de tous les acteurs impliqués dans la surveillance pour définir les objectifs de surveillance			
9. La diffusion régulière de bilans de la surveillance et de la situation sanitaire			
10. Les garanties sanitaires sur les équidés français que les résultats de surveillance permettent de fournir aux partenaires étrangers			
11. La coordination entre dispositifs de surveillance			
12. La réalisation quasi-systématique du dépistage de l'AIE (vice rédhibitoire) lors des visites d'achat (test de Coggins)			

La seconde partie du questionnaire visait à recueillir les attentes des participants vis-à-vis de l'atelier (tableau 15). Le répondant pouvait indiquer un ou plusieurs choix parmi cinq propositions (dont « je ne sais pas »), et pouvait ajouter une motivation propre dans un champ libre intitulé « autre, préciser ».

**Tableau 15.** Deuxième partie du questionnaire individuel distribué au début de l'atelier participatif, sur les attentes des participants vis-à-vis de la journée.

<b>2. Quelles sont vos attentes pour cette journée ? (cocher une ou plusieurs cases au choix)</b>	
Rencontrer des acteurs de la surveillance et/ou de la filière équine	<input type="checkbox"/>
Partager avec d'autres acteurs nos points de vue sur la surveillance actuelle et sur la façon dont elle pourrait être améliorée	<input type="checkbox"/>
Mieux comprendre les enjeux de la surveillance épidémiologique	<input type="checkbox"/>
Mieux connaître les systèmes actuels de surveillance des maladies infectieuses équine	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser :	<input type="checkbox"/>
Je ne sais pas	<input type="checkbox"/>

Ce questionnaire d'une page était volontairement assez court afin que son renseignement ne prenne pas plus de cinq minutes au total. Outre les retours attendus en termes de contenu, un objectif de ce questionnaire était de placer les participants dans une démarche de réflexion et de proposition dès le début de la journée, tout en permettant une coupure entre les deux présentations. Un dépouillement du questionnaire était prévu durant la pause-déjeuner après les travaux de groupe afin d'en faire une restitution en fin d'atelier.

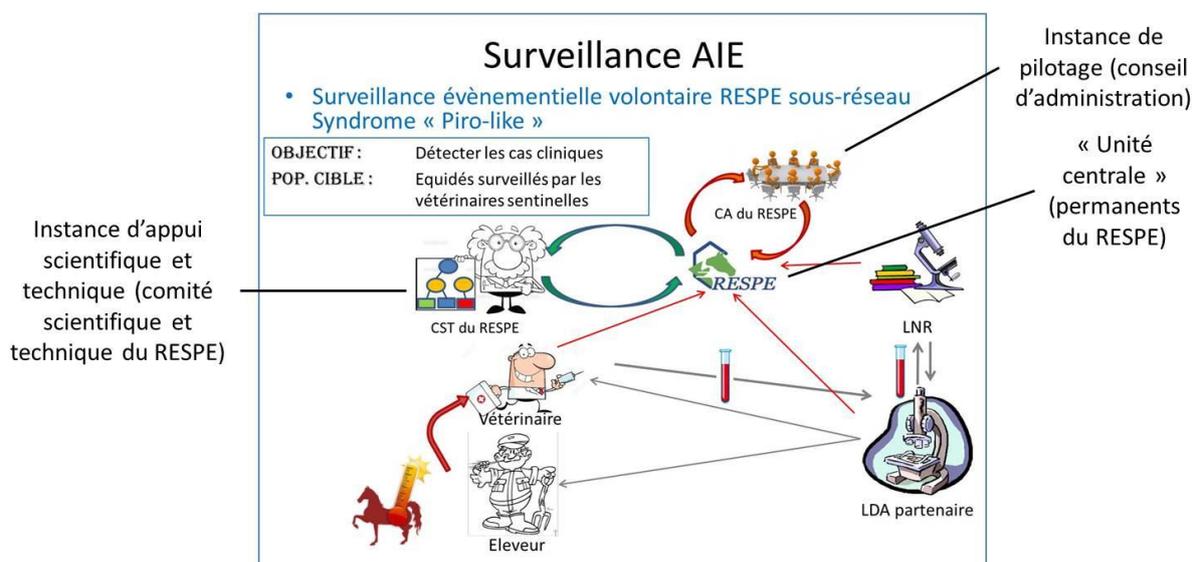
### *3.2.2.1.3 Présentation des systèmes et dispositifs de surveillance existants*

La deuxième présentation de la journée (annexe 7) a porté sur les systèmes de surveillance actuels de l'AIE, de l'AVE et de la MCE (figure 32). Les termes « système », « dispositif », « activité » et « modalité » de surveillance ont été distingués. Un aperçu de la situation sanitaire des dix dernières années et du nombre d'analyses réalisées chaque année ont été projetés pour les trois maladies. Pour chaque système de surveillance, les dispositifs le composant ont été présentés successivement et succinctement. Ont ainsi été exposés l'objectif et la population cible de chaque dispositif, ainsi qu'une représentation schématique du réseau d'acteurs existant, en essayant de le calquer sur l'archétype présenté dans le diaporama précédent (figure 33).

**Figure 32.** Temps plénier de présentation des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.

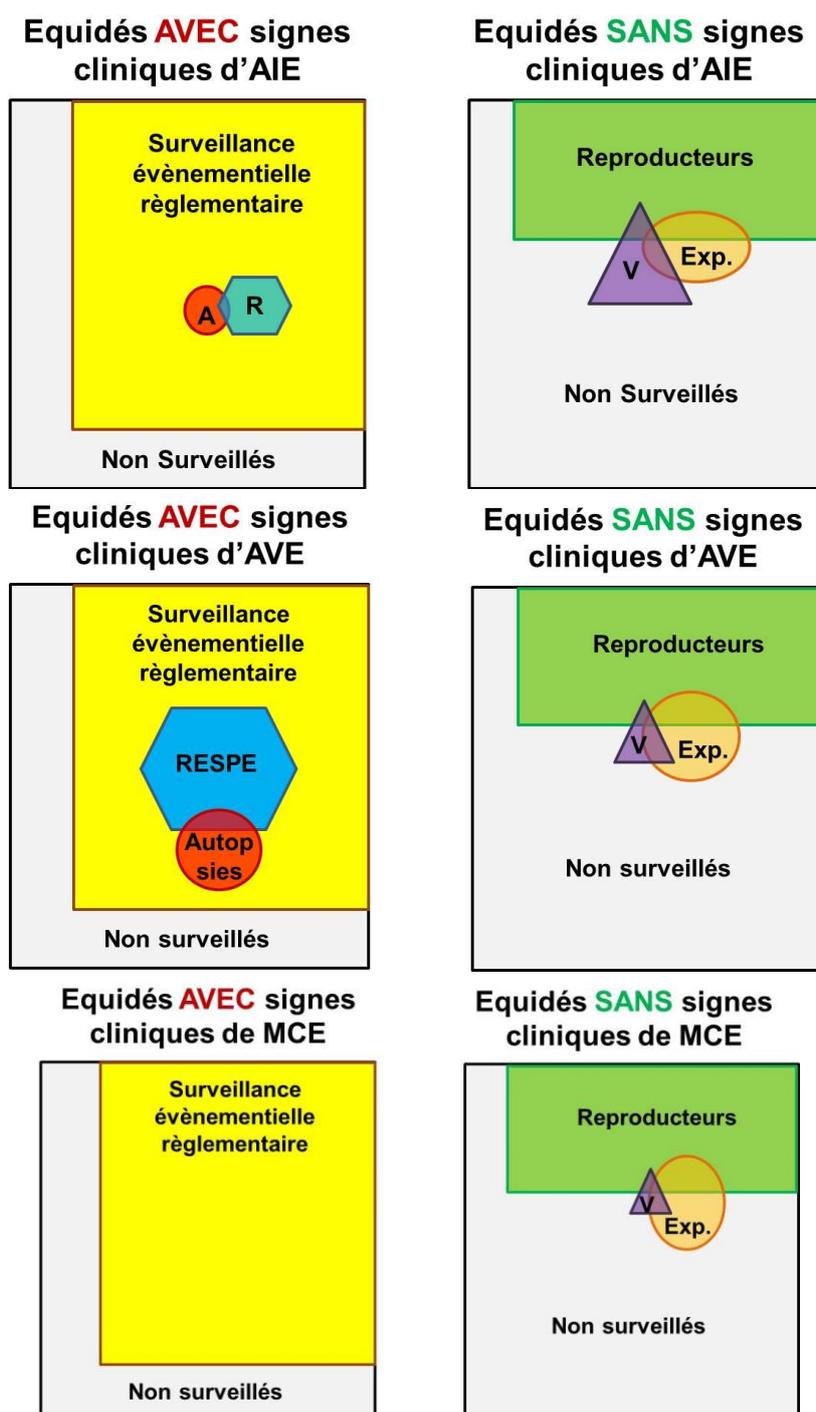


**Figure 33.** Objectif, population cible et représentation schématique du réseau d'acteurs du dispositif de surveillance événementielle volontaire de l'AIE par le sous-réseau Syndrome « piro-like » du RESPE, projetée lors de l'atelier participatif.



Pour chaque maladie, la couverture de la population équine nationale par les différents dispositifs a également été présentée de manière schématique, en distinguant les dispositifs de surveillance événementielle de ceux assurant une surveillance programmée et permettant de détecter respectivement les équidés infectés avec ou sans signe clinique (figure 34).

**Figure 34.** Représentations schématiques des sous-populations d'équidés susceptibles d'être détectées par les dispositifs de surveillance en cas d'infection par les agents de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.



*A : Surveillance par les autopsies. R : Surveillance par le Respe. V : Surveillance dans le cadre des ventes. Exp. : Surveillance des équidés exportés.*

La deuxième partie de la présentation portait sur les résultats de l'évaluation des trois systèmes de surveillance réalisée avec la méthode Oasis flash. Les principaux points forts et points faibles identifiés ont été indiqués en fournissant des exemples et en précisant que les dispositifs se complétaient partiellement tout en se recoupant parfois. En revanche, les pistes d'amélioration issues de l'évaluation n'ont pas été présentées afin de ne pas influencer la réflexion des participants qui allait suivre dans les autres phases de l'atelier. Il a simplement été indiqué que les pistes

proposées lors de l'évaluation allaient dans le sens d'une interconnexion entre les dispositifs et systèmes de surveillance existants.

A l'issue de cette première étape introductive, il était recherché que les participants :

- soient dans une démarche de proposition et de collaboration,
- aient compris les grands objectifs de l'épidémiosurveillance,
- aient pris conscience des points faibles des systèmes de surveillance actuels, de la nécessité de les améliorer et de l'intérêt de les interconnecter.

### **3.2.2.2 Deuxième étape : travaux de groupe**

Après un temps de pause, un travail en groupe a été conduit pendant deux heures. Les objectifs de cette étape étaient de construire des propositions concrètes d'interconnexion pour améliorer la surveillance, de discuter de leurs avantages et inconvénients et de les hiérarchiser (ou catégoriser) selon leur niveau d'acceptabilité, de faisabilité, d'impact et de priorité. Les participants étaient également libres de proposer des pistes ne relevant pas directement de l'interconnexion. Il leur était suggéré de contribuer aux échanges en leur nom, en se fondant sur leurs expériences et convictions propres, et non pas en tant que représentant d'un organisme. Il leur était proposé de formuler dans un premier temps toute proposition leur semblant pertinente, et de ne s'intéresser aux contraintes d'application ou d'acceptabilité que dans un deuxième temps (figure 35).

Trois groupes de respectivement neuf, dix et huit personnes avaient été préalablement constitués et se sont réunis dans trois salles distinctes. Tous les groupes avaient pour mission d'étudier successivement trois thèmes prédéfinis :

- Thème 1 : Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales ;
- Thème 2 : Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation ;
- Thème 3 : Gestion et analyse des données, communication et diffusion des informations.

Compte-tenu de la densité de chaque thème, l'étude approfondie des trois thèmes par chaque groupe n'était pas possible en une seule journée. Il a donc été demandé à chaque groupe de consacrer la majorité de son temps sur un thème en particulier, attribué en amont (« thème principal » du groupe), et d'étudier plus succinctement les deux autres thèmes. Le choix des membres des groupes a été effectué à l'avance et de manière à ce que les participants soient dans le groupe ayant pour thème principal celui pour lequel leur expérience et leurs connaissances semblaient les plus importantes. Nous avons également veillé à avoir des groupes de taille relativement homogène et à répartir si possible dans plusieurs groupes les membres d'un même organisme ou d'organismes aux domaines de compétences relativement proches (tableau 16).



grille de notation était projetée en salle et les rapporteurs y inscrivaient les pistes, notes et commentaires éventuels formulés par leur groupe, sous le contrôle des participants. Le choix des pistes et des notes s'est opéré par consensus au sein des groupes. Lorsque le groupe ne parvenait pas à choisir une note unique, une fourchette de notes a été retenue.

**Tableau 16.** Nombre et organismes d'appartenance des participants aux trois groupes de travail de l'atelier participatif.

Groupe	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
<b>Thème principal du groupe</b>	<b>Thème 1 :</b> Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales	<b>Thème 2 :</b> Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation	<b>Thème 3 :</b> Gestion et analyse des données, communication et diffusion des informations
Nombre d'animateurs (organisme d'appartenance)	1 (Ecole vétérinaire)	1 (Ecole vétérinaire – Inra)	1 (Anses)
Nombre de rapporteurs (organisme d'appartenance)	2 (Ecole vétérinaire, Anses)	2 (Ecole vétérinaire, Anses)	1 (IFCE)
Organisme d'appartenance des autres membres du groupe (nombre)	Avef – Respe (1) DGAL (1) FFE (1) GDS France (1) IFCE (1) Trot (1)	Anses (2) LDA (2)* LNR (1) Respe (1) SNGTV (1)	Anses (1) FFE (1) France Galop (1) LDA (1) Respe (1) SECS (1)
Nombre total de participants	9	10	8

\* deux membres du groupe 2 n'ont pas pu se rendre physiquement à l'atelier au dernier moment en raison de grèves de transport et ont participé au travail de groupe à distance par conférence téléphonique.

**Tableau 17.** Grille de notation utilisée durant l'atelier participatif destinée à recueillir les pistes proposées lors des travaux de groupes et la notation de leurs niveaux de faisabilité, d'acceptabilité, d'impact positif attendu et de priorité, ainsi que les éventuels commentaires associés.

Piste	Faisabilité (Note de 1 à 4)		Acceptabilité (Note de 1 à 4)		Impact positif (Note de 1 à 4)		Priorité (Echelle A à C)	
	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

**Tableau 18.** Guide de notation utilisé lors de l'atelier participatif pour le renseignement de la grille de notation des pistes d'amélioration et d'interconnexion de la surveillance.

<p><b>« Faisabilité » (Noter de 1 à 4)</b></p> <p><i>Une mesure est jugée faisable si les moyens humains, techniques et financiers qu'elle nécessite sont disponibles ou facilement mobilisables et si sa mise en œuvre ne se heurte à aucun obstacle majeur (technique, réglementaire, éthique...)</i></p> <p>1 : difficilement faisable                  2 : présente des contraintes notables de faisabilité                  3 : plutôt facilement faisable                  4 : facilement faisable</p>	<p><b>« Acceptabilité » (Noter de 1 à 4)</b></p> <p><i>Une mesure est jugée acceptable si les acteurs de la surveillance (détenteurs, vétérinaires, professionnels, gestionnaires de dispositif, laboratoires..) la jugent satisfaisante, y adhèrent et si elle n'est pas ou peu contraignante pour eux</i></p> <p>1 : très peu acceptable                  2 : peu acceptable                  3 : plutôt acceptable                  4 : facilement acceptable</p>
<p><b>« Impact positif attendu » (Noter de 1 à 4)</b></p> <p><i>Une mesure a un impact positif si sa mise en œuvre permet de mieux répondre aux objectifs de la surveillance (ex : mieux connaître la situation sanitaire, faire aussi bien à un coût moindre...). Concrètement, la mesure peut améliorer une activité (collecte des données, animation, etc.) ou un attribut générique de la surveillance (sensibilité, spécificité, représentativité, rapidité, flexibilité, fiabilité, stabilité, simplicité, utilité)</i></p> <p>1 : faible impact positif                  2 : impact positif modéré                  3 : impact positif notable                  4 : très fort impact positif</p>	<p><b>Catégorie de priorité (Echelle de A à C)</b></p> <p>A : prioritaire, serait à mettre en œuvre parmi les premières mesures                  B : important, mais pourrait être mise en œuvre dans un second temps                  C : secondaire, à mettre en œuvre après les mesures de catégorie A et B</p>

Pour conduire les échanges, l'animateur s'appuyait sur un guide d'entretien. Un modèle commun conçu par l'équipe de préparation a été adapté ensuite pour chaque groupe par l'animateur avec l'aide des rapporteurs au cours d'une réunion de préparation. A partir d'une trame similaire, les animateurs et rapporteurs disposaient ainsi d'une latitude pour conduire la discussion d'une manière différente en fonction de leur appréciation, du thème principal, de la composition et de la dynamique de leur groupe. Des documents supports communs ou propres à chaque groupe ont également été préparés, tels qu'un tableau synthétique des dispositifs de surveillance et de leurs objectifs, le bilan des résultats et propositions issus de l'évaluation comparative Oasis, les définitions de cas existantes pour les trois maladies, une synthèse des bases de données existantes, ainsi que les fiches de collecte de données développées par les dispositifs et les documents faisant office de protocoles de surveillance.

### 3.2.2.3 Troisième étape : restitution des travaux de groupe et échanges pléniers

La troisième et dernière étape a eu lieu l'après-midi pendant environ deux heures trente. Les rapporteurs et animateurs des groupes ont présenté un compte-rendu synthétique de leur thème en s'appuyant sur une projection de la grille de notation complétée le matin. Au cours de chaque

restitution, les participants ont échangé et commenté les propositions et les notations. Des modifications ont été apportées après validation par l'ensemble des participants. La conduite des présentations a été assurée par les animateurs et rapporteurs de chaque groupe, et celle des échanges par l'animateur principal de la journée.

Une synthèse des résultats du questionnaire individuel administré en début d'atelier et dépouillé pendant la pause-déjeuner a ensuite été présentée brièvement. Elle a permis de mettre en évidence les points qui apparaissent initialement comme des forces ou comme des faiblesses des trois systèmes de surveillance à une majorité des participants, ceux pour lesquels les avis étaient très partagés ou pour lesquels les participants ne savaient majoritairement pas répondre. Les résultats des questionnaires ont aussi été mis en parallèle avec les résultats des évaluations Oasis et les propositions issues de l'atelier.

Enfin à l'issue de cette session plénière, les participants ont été invités à partager oralement et spontanément, s'ils le souhaitaient, leur appréciation générale sur la journée et ses résultats.

## **3.3 Résultats**

### **3.3.1 Résultats du questionnaire individuel du début d'atelier**

Vingt-trois des 29 participants ont renseigné le questionnaire individuel. Cinq participants ne l'ont pas rempli car ils n'étaient pas encore arrivés sur le lieu de l'atelier (notamment du fait des grèves de transport), tandis que le dernier participant, principal concepteur du questionnaire, s'est abstenu.

#### **3.3.1.1. Première partie du questionnaire relative aux forces et faiblesses de la surveillance**

La première partie du questionnaire comportait 12 items pour lesquels les répondants devaient indiquer s'il s'agissait selon eux d'un point fort (+) ou d'un point faible (-) pour chacun des trois systèmes de surveillance. Plusieurs participants ont inscrit le signe « +/- » pour certains items, symbole « hybride » non proposé parmi les options de réponse. Nous avons interprété ce signe comme l'expression d'un niveau de satisfaction moyen de l'item. Nous l'avons comptabilisé avec les réponses « je ne sais pas » ( $\emptyset$ ), de même que les non-réponses. La proportion de cette catégorie élargie de votes « je ne sais pas » (appelée ci-après NSP, comprenant les réponses « +/- » et les non-réponses) a fortement varié d'un item à l'autre, de 13 % à 70 % (tableau 19), avec une médiane à 30 % (premier et troisième interquartiles : 23 % et 35 %). La proportion de NSP était plus importante

pour l'AVE (36 %) et la MCE (35 %) que pour l'AIE (28 %). Pour un seul item (qualité des fiches de collecte de données, n°2), une majorité de participants a voté NSP (entre 61 % et 70 % selon la maladie). L'ensemble des votes autres que NSP sera aussi appelé « suffrages exprimés », en référence au vocabulaire électoral.

Pour chaque item, les proportions des trois votes possibles (point fort / point faible / NSP) étaient relativement proches pour les trois maladies. Un item recueillant plus de votes « point fort » (+) que de votes « point faible » (-) pour chacune des trois maladies a été catégorisé comme étant un « *point jugé fort* ». A l'inverse, un item recueillant plus de votes « point faible » que de votes « point fort » pour chacune des trois maladies a été catégorisé comme étant un « *point jugé faible* ». Cet arbitrage a permis de catégoriser neuf des douze items. Deux des trois items restants (n° 1 sur la connaissance des symptômes/vigilance et n° 2 sur la qualité des fiches de collecte de données) présentaient au contraire des tendances différentes selon la maladie et des nombres de votes « point fort » et « point faible » par maladie proches voire identiques. Le dernier item (n° 12 sur la réalisation du dépistage de l'AIE avant achat) ne portait que sur l'AIE et les nombres de votes « point fort » (n=11) et « point faible » (n=9) étaient relativement équilibrés. Ces trois derniers items ont par conséquent été catégorisés comme « *jugés de niveau intermédiaire* ».

**Tableau 19.** Résultats du questionnaire individuel sur les forces et faiblesses des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE.

Item	AIE				AVE				MCE				Catégorisation de l'item
	Nb de votes Point Fort (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes Point Faible (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes NSP (% parmi les 23 votes)	Nb de votes « +/- » (% parmi les 23 votes)	Nb de votes Point Fort (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes Point Faible (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes NSP (% parmi les 23 votes)	Nb de votes « +/- » (% parmi les 23 votes)	Nb de votes Point Fort (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes Point Faible (% parmi les 23 votes) [% parmi les SE*]	Nb de votes NSP (% parmi les 23 votes)	Nb de votes « +/- » (% parmi les 23 votes)	
1. La bonne connaissance des symptômes d'AIE, d'AVE, de MCE par les détenteurs d'équidés et les vétérinaires et leur vigilance par rapport à ces maladies	<b>7</b> (30) [39]	<b>11</b> (48) [61]	<b>5</b> (22)	<b>1</b> (4)	<b>6</b> (26) [43]	<b>8</b> (35) [57]	<b>9</b> (39)	<b>2</b> (9)	<b>10</b> (43) [63]	<b>6</b> (26) [38]	<b>7</b> (30)	<b>0</b>	Jugé de niveau intermédiaire
2. La qualité des fiches de collecte de données	<b>4</b> (17) [44]	<b>5</b> (22) [56]	<b>14</b> (61)	<b>0</b>	<b>4</b> (17) [50]	<b>4</b> (17) [50]	<b>15</b> (65)	<b>0</b>	<b>3</b> (13) [43]	<b>4</b> (17) [57]	<b>16</b> (70)	<b>0</b>	Jugé de niveau intermédiaire
3. La fiabilité des résultats de laboratoires	<b>17</b> (74) [100]	<b>0</b>	<b>6</b> (26)	<b>0</b>	<b>15</b> (65) [94]	<b>1</b> (4) [6]	<b>7</b> (30)	<b>0</b>	<b>15</b> (65) [94]	<b>1</b> (4) [6]	<b>7</b> (30)	<b>0</b>	Point jugé FORT
4. La rapidité du retour des résultats d'analyses (aux détenteurs, propriétaires, vétérinaires)	<b>11</b> (48) [85]	<b>2</b> (9) [15]	<b>10</b> (43)	<b>0</b>	<b>11</b> (48) [92]	<b>1</b> (4) [8]	<b>11</b> (48)	<b>0</b>	<b>9</b> (39) [75]	<b>3</b> (13) [25]	<b>11</b> (48)	<b>1</b> (4)	Point jugé FORT
5. La centralisation des données	<b>6</b> (26) [33]	<b>12</b> (52) [67]	<b>5</b> (22)	<b>0</b>	<b>6</b> (26) [35]	<b>11</b> (48) [65]	<b>6</b> (26)	<b>1</b> (4)	<b>7</b> (30) [44]	<b>9</b> (39) [56]	<b>7</b> (30)	<b>1</b> (4)	Point jugé FAIBLE
6. La valorisation épidémiologique des données	<b>4</b> (17) [25]	<b>12</b> (52) [75]	<b>7</b> (30)	<b>0</b>	<b>2</b> (9) [14]	<b>12</b> (52) [86]	<b>9</b> (39)	<b>0</b>	<b>3</b> (13) [20]	<b>12</b> (52) [80]	<b>8</b> (35)	<b>0</b>	Point jugé FAIBLE

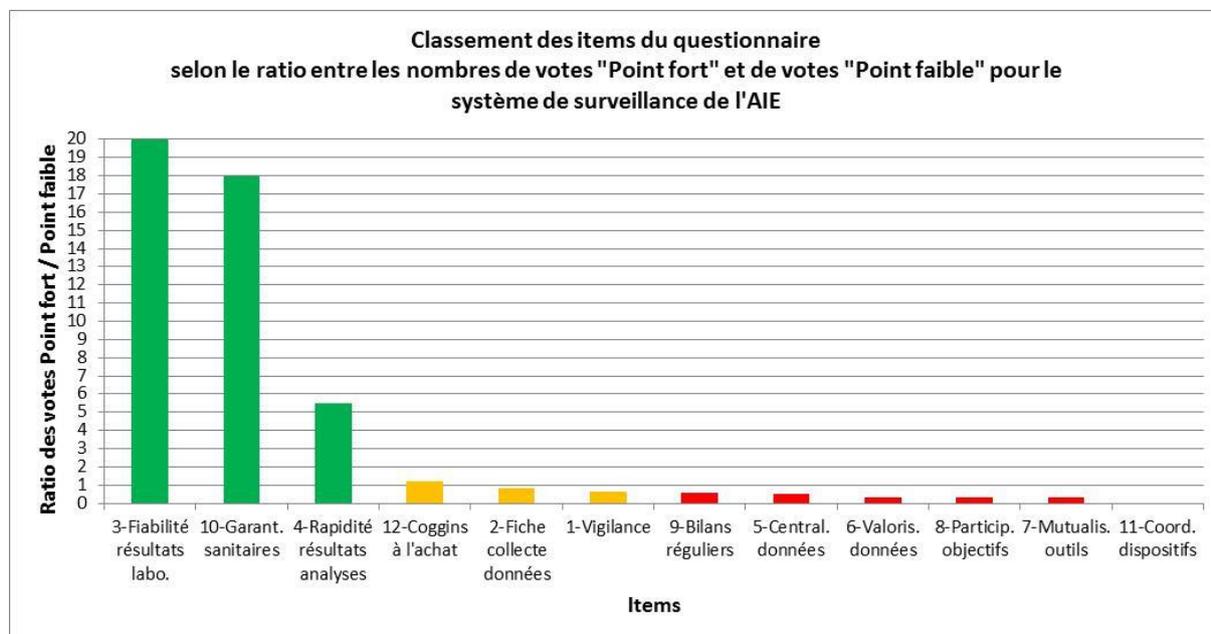
7. La mutualisation des outils de surveillance utilisés par les différents dispositifs (fiches de collecte de données, définitions de cas, outils de gestion des données, protocoles, procédures de déclaration...)	<b>4</b> (17) <a href="#">[22]</a>	<b>14</b> (61) <a href="#">[78]</a>	<b>5</b> (22)	<b>0</b>	<b>4</b> (17) <a href="#">[24]</a>	<b>13</b> (57) <a href="#">[76]</a>	<b>6</b> (26)	<b>0</b>	<b>4</b> (17) <a href="#">[24]</a>	<b>13</b> (57) <a href="#">[76]</a>	<b>6</b> (26)	<b>0</b>	Point jugé FAIBLE
8. La participation de tous les acteurs impliqués dans la surveillance pour définir les objectifs de surveillance	<b>4</b> (17) <a href="#">[25]</a>	<b>12</b> (52) <a href="#">[75]</a>	<b>7</b> (30)	<b>1</b> (4)	<b>4</b> (17) <a href="#">[27]</a>	<b>11</b> (48) <a href="#">[63]</a>	<b>8</b> (35)	<b>2</b> (9)	<b>4</b> (17) <a href="#">[27]</a>	<b>11</b> (48) <a href="#">[63]</a>	<b>8</b> (35)	<b>2</b> (9)	Point jugé FAIBLE
9. La diffusion régulière de bilans de la surveillance et de la situation sanitaire	<b>7</b> (30) <a href="#">[37]</a>	<b>12</b> (52) <a href="#">[63]</a>	<b>4</b> (17)	<b>1</b> (4)	<b>5</b> (22) <a href="#">[26]</a>	<b>14</b> (61) <a href="#">[74]</a>	<b>4</b> (17)	<b>0</b>	<b>6</b> (26) <a href="#">[32]</a>	<b>13</b> (57) <a href="#">[68]</a>	<b>4</b> (17)	<b>0</b>	Point jugé FAIBLE
10. Les garanties sanitaires sur les équidés français que les résultats de surveillance permettent de fournir aux partenaires étrangers	<b>18</b> (78) <a href="#">[95]</a>	<b>1</b> (4) <a href="#">[5]</a>	<b>4</b> (17)	<b>0</b>	<b>14</b> (61) <a href="#">[93]</a>	<b>1</b> (4) <a href="#">[7]</a>	<b>8</b> (35)	<b>0</b>	<b>15</b> (65) <a href="#">[94]</a>	<b>1</b> (4) <a href="#">[6]</a>	<b>7</b> (30)	<b>0</b>	Point jugé FORT
11. La coordination entre dispositifs de surveillance	<b>0</b>	<b>15</b> (65) <a href="#">[100]</a>	<b>8</b> (35)	<b>1</b> (4)	<b>0</b>	<b>15</b> (65) <a href="#">[100]</a>	<b>8</b> (35)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b> (65) <a href="#">[100]</a>	<b>8</b> (35)	<b>0</b>	Point jugé FAIBLE
12. La réalisation quasi-systématique du dépistage de l'AIE (vice réhivitoire) lors des visites d'achat (test de Coggins)	<b>11</b> (48) <a href="#">[55]</a>	<b>9</b> (39) <a href="#">[45]</a>	<b>3</b> (13)	<b>1</b> (4)									Jugé de niveau intermédiaire

\* SE : « suffrages exprimés », c'est-à-dire somme des votes « point fort » et « point faible » (les NSP sont exclus du dénominateur)

Le tableau 19 met en évidence que six items (surlignés en rouge) ont majoritairement été jugés d'un niveau insuffisant par les répondants et ont été catégorisés en « point jugé faible ». Trois items, dont les deux relatifs aux analyses de laboratoire (fiabilité des résultats et rapidité de leur rendu), ont au contraire été considérés satisfaisants par la plupart des participants (« points jugés forts », surlignés en vert). Enfin, aucune majorité nette ne s'est dégagée pour les trois autres items qui ont été catégorisés en « points jugés de niveau intermédiaire » (surlignés en orange).

En plus de cette catégorisation, un classement plus fin des items peut être effectué pour mieux illustrer les différents niveaux de consensus entre les participants ayant formulé un avis. Pour chaque maladie, les items ont ainsi été classés selon le ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » (sans tenir compte des réponses NSP). Pour mettre en évidence d'éventuelles différences entre maladies, le classement a été réalisé par maladie (figures 36, 37 et 38). Plus la valeur du ratio est éloignée de 1, plus une majorité forte s'est détachée (pour juger que l'item est un point fort lorsque la valeur est supérieure à 1 ou qu'il est un point faible lorsque la valeur est inférieure à 1). Les items ayant été catégorisés en « point jugé fort » apparaissent en vert, ceux catégorisés en « point jugé faible » en rouge et ceux « jugés de niveau intermédiaire » en orangé.

**Figure 36.** Classement décroissant des douze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de l'AIE.

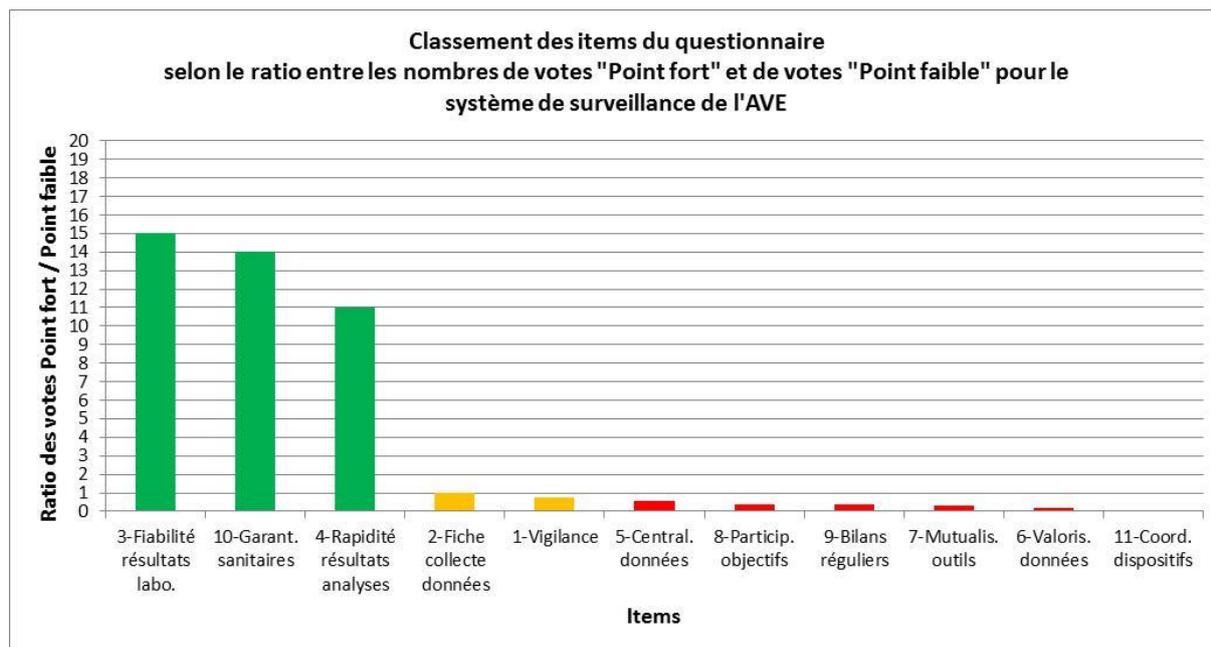


Remarque : l'item 3 « Fiabilité des résultats de laboratoires » est représenté comme atteignant le ratio maximum possible sur la figure, mais en réalité la valeur du ratio de cet item n'est pas calculable ( $+\infty$ ) car son dénominateur est nul.

Pour l'AIE, les participants ont majoritairement considéré que la fiabilité des résultats de laboratoire et la rapidité du retour de ces résultats aux détenteurs/propriétaires et vétérinaires étaient satisfaisantes. Le troisième item considéré comme un point fort est les garanties sanitaires fournies aux partenaires étrangers grâce aux résultats de la surveillance. Un participant a ainsi noté « JEM »

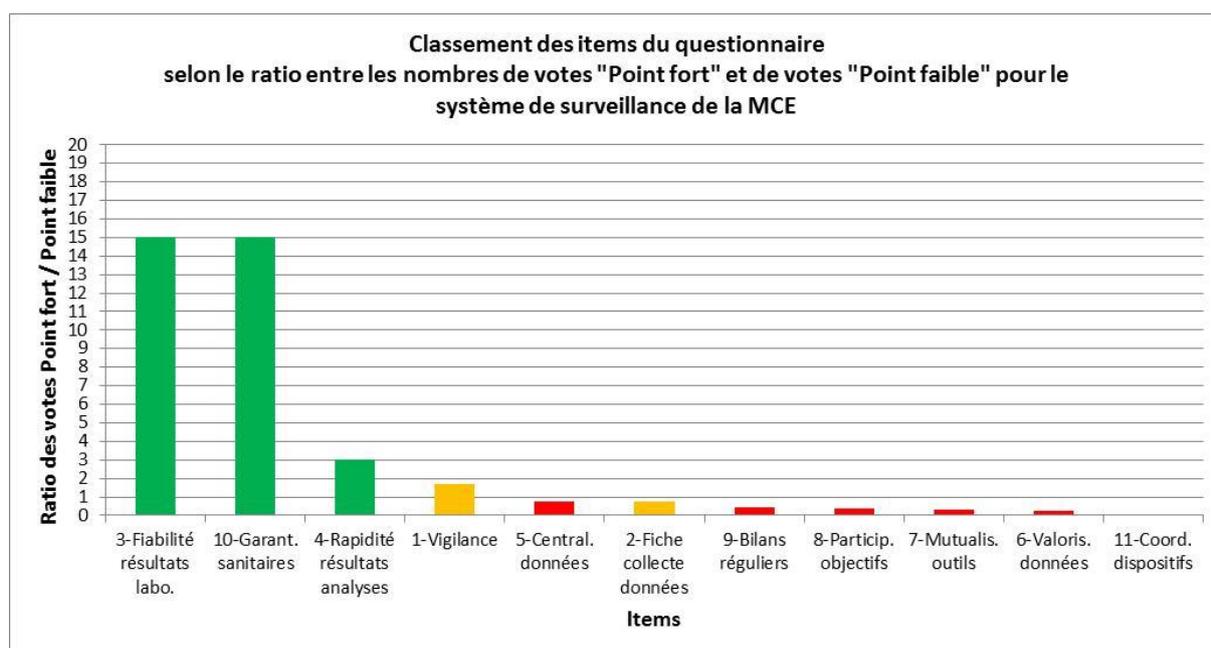
sur son questionnaire en face de cet item, certainement pour faire référence aux Jeux équestres mondiaux d'équitation de 2014, dont l'organisation a été confiée à la France et qui se sont déroulés dans un contexte sanitaire très favorable, en Normandie. Les items considérés d'un niveau insuffisant par la plupart des répondants étaient ceux relatifs à la coordination des dispositifs, la centralisation et la valorisation des données, la mutualisation des outils et la participation des acteurs pour la définition des objectifs de surveillance.

**Figure 37.** Classement décroissant des onze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de l'AVE.



Pour l'AVE, le classement des items est quasiment similaire à celui obtenu pour l'AIE. Les mêmes forces et faiblesses ont été recensées (à l'exception de l'item n° 12 qui portait spécifiquement sur la surveillance de l'AIE lors des ventes), avec cependant de légères différences dans les nombres de votes « + » et « - ». C'est pour l'item n° 9 sur la diffusion de bilans réguliers de la surveillance que l'écart entre ces deux types de votes a le plus varié entre l'AIE et l'AVE, dans le sens d'une augmentation de l'écart. En d'autres termes, une proportion encore plus grande de répondants a jugé insuffisante la diffusion de bilans pour l'AVE (14 votes « - » et 5 « + »), comparé à l'AIE (respectivement 12 et 7 votes).

**Figure 38.** Classement décroissant des onze items du questionnaire en fonction du ratio entre le nombre de votes « point fort » et le nombre de votes « point faible » pour le système de surveillance de la MCE.



Le classement des items pour la MCE est très proche de celui pour les deux autres maladies. Une petite différence est toutefois à noter pour l’item n°1 relatif à la connaissance des symptômes par les acteurs de terrain et à leur vigilance (plus souvent jugées satisfaisantes pour la MCE que pour l’AIE et l’AVE), ainsi que pour l’item n° 2 sur la qualité des fiches de collecte de données. Cependant, pour celui-ci, le ratio est obtenu à partir d’un petit nombre de suffrages exprimés (la majorité des acteurs ayant répondu NSP) et une différence d’un seul vote entraine donc une modification visible, quoi que légère, du résultat.

### 3.3.1.2 Deuxième partie du questionnaire relative aux attentes des participants pour l’atelier

Les attentes des participants vis-à-vis de l’atelier participatif ont été évaluées en proposant cinq réponses possibles et un champ libre pour préciser toute autre attente personnelle (nombre de choix possibles non limité).

L’attente exprimée le plus fréquemment par les 23 répondants était de pouvoir partager ses points de vue avec d’autres acteurs sur la surveillance actuelle et sur la façon dont elle pourrait être améliorée (tableau 20). Une majorité de répondants a également indiqué que rencontrer des acteurs de la surveillance et/ou de la filière équine et mieux connaître les systèmes actuels de surveillance des maladies infectieuses équines faisaient partie de leurs attentes. En revanche, le souhait de mieux comprendre les enjeux de l’épidémiologie n’a été indiqué que par un tiers des participants environ. Aucun répondant n’a coché la case correspondant à la réponse « *je ne sais* » et quatre

participants ont renseigné le champ libre. Les quatre réponses manuscrites étaient « *recherche* », « *mieux valoriser le recueil des données* », « *améliorer les systèmes actuels, il manque peu de choses pour un système efficace* » et « *s’empiffrer de viennoiseries !* ».

**Tableau 20.** Attentes des participants vis-à-vis de l’atelier participatif.

<b>Proposition d’attentes pour l’atelier participatif</b>	<b>Nombre de votes</b> <i>(proportion de votes en %, n=23)</i>
Rencontrer des acteurs de la surveillance et/ou de la filière équine	<b>16</b> <i>(70)</i>
Partager avec d’autres acteurs nos points de vue sur la surveillance actuelle et sur la façon dont elle pourrait être améliorée	<b>21</b> <i>(91)</i>
Mieux comprendre les enjeux de la surveillance épidémiologique	<b>7</b> <i>(30)</i>
Mieux connaître les systèmes actuels de surveillance des maladies infectieuses équines	<b>14</b> <i>(61)</i>
Je ne sais pas	<b>0</b>

### **3.3.2 Propositions pour le thème 1 « Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales »**

Trois propositions ont été formulées pour le thème 1. Leurs niveaux de faisabilité, d’acceptabilité, d’impact positif attendu et la catégorie de priorité ont été notés à l’aide du guide de notation présenté dans le tableau 6.

#### **3.3.2.1 Formuler plus précisément les objectifs de surveillance (piste 1)**

Les participants ont recommandé une formulation plus précise des objectifs de surveillance des trois maladies (tableau 21). Ils ont proposé deux objectifs :

- dans l’immédiat, améliorer la détection des agents pathogènes à fort risque de diffusion chez les équidés :
  - pour la surveillance événementielle (aussi bien réglementaire que volontaire par le Respe) : détecter des formes cliniques de la maladie qui conduisent à un potentiel de diffusion important,
  - pour la surveillance programmée (surveillance de la monte, des ventes et des échanges internationaux) : dépister des animaux qui entrent dans un circuit au sein duquel ils ont un potentiel de diffusion particulièrement important (par exemple les reproducteurs).
- à terme, obtenir la vision la plus précise possible de la situation épidémiologique des maladies dans la population équine française (incidence, répartition sur le territoire).

Cette piste d'amélioration a été considérée comme prioritaire.

Plusieurs personnes ont formulé un objectif d'éradication des maladies à long terme, mais cette proposition n'a pas recueilli la validation de tous les participants.

### **3.3.2.2 Instaurer une gouvernance unique, avec une instance stratégique et une instance opérationnelle (piste 2)**

Un consensus s'est établi sur le besoin d'interconnexion entre dispositifs et systèmes de surveillance et sur la nécessité de disposer d'instances chargées d'orienter l'ensemble de la surveillance et de coordonner les différents acteurs.

Plus précisément, la mise en place de deux instances a été proposée. La première, dite « stratégique », serait un lieu de concertation et d'échange sur laquelle les responsables de la surveillance s'appuieraient en vue de définir la politique et les actions de surveillance. Elle pourrait prendre la forme d'une commission animée par l'Etat et regroupant l'ensemble des acteurs sanitaires de la filière. L'animation par l'Etat garantirait la représentation de tous, la collégialité et le suivi de la mise en œuvre des actions. Il pourrait s'agir d'un équivalent du CNOPSAV (Conseil national d'orientation de la politique sanitaire animale et végétale) mais propre aux équidés, un « CNOPSAV Equin ». Cette instance permettrait d'assurer une complémentarité entre les objectifs de chaque dispositif de surveillance.

La seconde instance aurait une visée opérationnelle et pourrait être chargée de mettre en œuvre la politique de surveillance définie par les responsables de la surveillance après concertation au sein de l'instance stratégique. Elle assurerait la coordination des dispositifs de surveillance mais aussi des activités de surveillance sans gouvernance propre, par exemple les tests réalisés de manière volontaire (dont ventes).

La composition de cette deuxième instance serait à définir. Les participants ont indiqué qu'elle pourrait se fonder sur un dispositif existant (Respe), tout en reconnaissant qu'il pouvait être difficile pour un dispositif donné, d'un point de vue technique et politique, de coordonner d'autres dispositifs avec des procédures de surveillance propres. Ils ont toutefois émis l'hypothèse que l'instance opérationnelle soit un « nouveau Respe élargi », c'est-à-dire une structure gérée par des acteurs privés ou associatifs, mais dont la composition serait suffisamment élargie pour que l'ensemble des détenteurs et acteurs publics de la surveillance soit représenté. Si un tel choix était opéré, il faudrait par ailleurs distinguer ce qui relèverait, d'une part, des activités propres de cette nouvelle structure et, d'autre part, de ses activités de coordination vis-à-vis des différents dispositifs.

Si les niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact positif attendu ont été jugés globalement proches et élevés pour les deux instances, le degré de priorité de mise en place a été jugé supérieur pour l'instance stratégique (tableau 21). La faisabilité a été jugée moins bonne pour l'instance opérationnelle car il pourrait être difficile d'obtenir une représentation des détenteurs particuliers et de les faire participer à cette instance. Par ailleurs, les modalités de mise en place de ces deux instances seront vraisemblablement impactées par l'application future de l'ordonnance n° 2015-1242 du 7 octobre 2015 relative à l'organisation de la surveillance en matière de santé animale, de santé végétale et d'alimentation (Anonyme, 2015b). La mise en œuvre de cette ordonnance sera précisée dans un décret en Conseil d'Etat, encore non publié au moment de l'atelier participatif.

### **3.3.2.3 Améliorer la couverture de la population d'équidés en surveillance événementielle et programmée par des actions de communication, de formation et de sensibilisation (piste 3)**

Pour l'AIE, l'AVE et la MCE, la surveillance événementielle porte sur l'ensemble de la population nationale d'équidés, tandis que les dispositifs de surveillance programmée ont pour population cible les individus qui font l'objet de ventes et/ou d'exports et certains reproducteurs. Cette population cible est essentiellement constituée de chevaux de haute valeur économique, pour qui la couverture assurée par les différents dispositifs est relativement bonne. En revanche, les populations de chevaux de loisir et de sport, les chevaux lourds et les ânes sont peu voire non surveillés. Ces équidés étant plus rarement exportés ou dépistés dans le cadre de la monte ou d'une vente, ils entrent très peu dans le champ de la surveillance programmée. En outre, une partie de ces équidés est peu suivie par un vétérinaire, voire ne l'est pas du tout, et elle ne fait donc pas réellement l'objet d'une surveillance événementielle. Ce défaut de couverture de surveillance est une difficulté essentiellement pour l'AIE, qui est celle des trois maladies qui présente habituellement les plus forts impacts directs et indirects. Il a été indiqué que cette limite pourrait également être problématique en cas d'introduction d'une maladie exotique particulièrement grave et transmissible telle que la peste équine, notamment pour les individus généralement infectés de manière asymptomatique comme les ânes.

Le besoin de sensibilisation a été unanimement souligné afin d'améliorer cette couverture. Certains participants ont indiqué que les détenteurs de ces équidés, d'ânes notamment, souhaitaient être davantage sensibilisés aux questions sanitaires, alors que d'autres ont estimé qu'il sera difficile de les impliquer davantage. Selon ces derniers, les encouragements au dépistage sont en particulier peu efficaces chez les détenteurs d'équidés qui manifestent généralement peu de signes cliniques (l'AIE chez les ânes par exemple). Ainsi, bien que l'impact positif attendu d'une amélioration de la couverture ait été jugé de notable à très fort (note 3-4 sur 4), les participants ont considéré qu'il

s'agissait d'un objectif difficile à atteindre (faisabilité notée 1 sur 4) et n'ont pas placé cette proposition parmi les pistes prioritaires.

Les participants se sont accordés sur la diversité des acteurs, notamment en termes de prise de conscience des enjeux sanitaires et de modes d'accès aux informations sanitaires. Ils ont souligné la nécessité corollaire de produire des messages différents, diffusés par des supports également différents. Certaines actions de communication pourraient toutefois être mutualisées, c'est-à-dire réalisées collégalement par différents acteurs, et porter sur plusieurs maladies simultanément.

**Tableau 21.** Pistes proposées pour le thème 1 « Objectifs et champ de la surveillance, gouvernance et instances centrales » lors de l’atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d’acceptabilité, d’impact positif attendu et de priorité.

Piste proposée	Faisabilité (Note de 1 à 4)	Acceptabilité (Note de 1 à 4)	Impact positif attendu (Note de 1 à 4)	Priorité (Echelle A à C)
<p>1. Formuler plus précisément les objectifs de surveillance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans l’immédiat, améliorer la détection des agents pathogènes à fort risque de diffusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ surveillance événementielle : détecter des formes de la maladie qui ont un potentiel de diffusion importante,</li> <li>▪ surveillance programmée : dépister des animaux qui entrent dans un circuit au sein duquel ils ont un potentiel de diffusion particulièrement important,</li> </ul> </li> <li>- à terme, obtenir la vision la plus précise possible de la situation épidémiologique des maladies</li> </ul>	<p>Surveillance événementielle : 2</p> <p>Surveillance programmée : 1 à 3 - AIE : 1 - Autres maladies : 3</p>	<p>Surveillance événementielle : 3</p> <p>Surveillance programmée : 2 à 4 - reproducteurs : 4 - autres : 2</p>	<p>3</p>	<p>A</p>
<p>2. Instaurer une gouvernance unique avec deux instances :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- instance stratégique</li> <li>- instance opérationnelle</li> </ul>	<p>Instance stratégique : 4</p> <p>Instance opérationnelle : 2-3</p>	<p>Instance stratégique : 3</p> <p>Instance opérationnelle : 3</p>	<p>Instance stratégique : 3</p> <p>Instance opérationnelle : 2-3</p>	<p>Instance stratégique : A</p> <p>Instance opérationnelle : B</p>
<p>3. Améliorer la couverture de la population d’équidés en surveillance événementielle et programmée par des actions de communication, de formation et de sensibilisation</p>	<p>1</p>	<p>1</p>	<p>3 - 4</p>	<p>C</p>

### **3.3.3 Propositions pour le thème 2 « Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation »**

Onze propositions ont été faites pour le thème 2 portant sur les modalités et outils de surveillance, les laboratoires et l'investigation (tableau 22).

#### **3.3.3.1 Mieux connaître la population d'équidés en France, avec un système de suivi individuel (piste 4)**

Les participants ont souligné la nécessité d'améliorer le recueil d'informations relatives à la naissance et la mort des équidés (dates, lieux), à leur propriété, à leurs lieux de détention et déplacements, *etc.* Un point particulier d'attention a été soulevé concernant la mise à jour de la carte de propriétaire lors de tout achat/vente, qui fait souvent défaut à l'heure actuelle. De plus, dans la majorité des cas, la survenue de la mort d'un équidé n'est pas déclarée au service Sire, rendant difficile l'estimation de la taille de l'effectif national.

L'objectif général serait d'avoir pour chaque équidé des informations précises et actualisées pour mieux connaître sa localisation et sa propriété ainsi que la taille de la population. Ces données sont en effet fondamentales pour bien évaluer la situation sanitaire, c'est-à-dire pour connaître la distribution des maladies dans le temps et l'espace, la proportion d'individus infectés par type d'équidés, par race, par unité géographique, par catégorie d'âge, *etc.* Ces données sont aussi nécessaires pour faciliter la mise en œuvre des mesures de lutte. Par exemple, en cas de foyer d'AIE, initialement les DDecPP ne connaissent généralement qu'une petite partie des équidés présents sur le périmètre de surveillance (en particulier ceux dont la localisation a été déclarée au Sire et les centres équestres), et ils doivent rechercher par du « porte à porte » les autres équidés présents autour du foyer, sans garantie d'exhaustivité. Les participants ont estimé que cette absence d'actualisation des données de propriété et de localisation poserait d'autant plus problème en cas de peste équine ou de souches particulièrement virulentes du virus de la fièvre de West Nile. D'une manière générale, l'accès à ces données bénéficierait à toutes les maladies équines faisant l'objet d'une surveillance.

Bien que les acteurs présents à l'atelier aient noté des contraintes de faisabilité pour cette proposition, son acceptabilité a été jugée relativement bonne, son impact potentiel très positif et elle a été classée parmi les priorités (tableau 22).

### **3.3.3.2 Informer et sensibiliser les propriétaires d'équidés sur les enjeux sanitaires collectifs (piste 5)**

Il a été recommandé d'informer et de sensibiliser tous les propriétaires d'équidés aux enjeux sanitaires collectifs, c'est-à-dire aux risques associés aux maladies infectieuses, à leurs modes de transmission et aux moyens de prévention, de surveillance et de lutte, y compris la réglementation sanitaire. Le public cible est l'ensemble des détenteurs et propriétaires, qu'ils soient éleveurs professionnels, particuliers ou autres, mais aussi les vétérinaires.

Parmi les sujets sanitaires qui pourraient faire l'objet d'actions de communication et de sensibilisation, ont été cités :

- l'intérêt de dépister l'AIE lors de tout achat d'équidé et de son introduction dans l'effectif,
- l'identification des équidés, qui est une obligation réglementaire,
- la déclaration des changements de propriétaire et des déplacements.

Les participants ont rappelé que différents moyens et canaux de communication seraient à développer. Les notes attribuées à la faisabilité, à l'acceptabilité, à l'impact attendu et au niveau de priorité de cette mesure ont été parmi les plus élevées.

### **3.3.3.3 Motiver les propriétaires à donner des informations de localisation actualisées sur leurs équidés (piste 6)**

A l'heure actuelle, les déplacements et les lieux de stationnement des chevaux de course à l'entraînement sont enregistrés en continu. Les acteurs présents ont souligné que l'obtention d'un tel niveau d'informations pour les autres équidés permettrait de garantir une bonne traçabilité pour l'ensemble de la filière en cas de problème sanitaire, tout en estimant que ces déclarations de localisation seront difficiles à obtenir. Rendre ces déclarations obligatoires serait possible mais certainement mal accepté et difficile à faire appliquer par tous, mais leur encouragement auprès des propriétaires est d'ores-et-déjà envisageable.

### **3.3.3.4 Améliorer la fréquence du dépistage de l'AIE (test de Coggins) lors des ventes d'équidés (piste 7)**

L'AIE étant un vice rédhibitoire, il est proposé d'améliorer la fréquence de son dépistage *via* le test de Coggins à la vente d'un équidé (prix du test de l'ordre de 30€). Une solution serait de rendre cette mesure obligatoire, mais elle pourrait se heurter à un problème d'acceptabilité. En effet, des dépistages plus fréquents pourraient entraîner à court ou moyen terme la découverte d'un certain

nombre de cas d'AIE, ayant pour conséquence l'euthanasie des animaux infectés (mesure réglementaire) et la limitation potentielle des exportations d'équidés vers certains pays. Certaines mesures telles que la mise en place d'un zonage permettraient de limiter l'impact économique et commercial négatif. L'obligation pourrait porter sur les détenteurs et/ou sur les vétérinaires en demandant que toute vente soit accompagnée d'un certificat signé par un vétérinaire et précisant que l'équidé est « indemne de vice rédhibitoire ». A défaut d'obligation, il est recommandé que le dépistage soit encouragé par une sensibilisation des détenteurs et vétérinaires, au moyen de larges campagnes de communication.

Un débat au sein de la filière sur le renforcement des dépistages à l'achat et leur éventuel caractère obligatoire pourrait certainement être engagé afin d'éclairer les décisions futures.

### **3.3.3.5 Dépister systématiquement l'AIE chez les chevaux à l'abattoir (piste 8)**

La réalisation de prélèvements systématiques à l'abattoir permettrait une meilleure estimation de la prévalence de l'AIE en France par un dépistage relativement large et plus aisé que sur les lieux de détention d'équidés vivants. La faisabilité de cette mesure semble assez bonne, sous réserve des difficultés techniques liées à la réalisation d'une prise de sang (serait-elle effectuée avant ou après l'abattage et dans quelles conditions ?) et à la traçabilité (conserver le lien prélèvement-équidé). L'acceptabilité de ces dépistages pose toutefois question au regard des mesures de lutte règlementaires en cas de foyer, à savoir la prise d'un arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI), imposant notamment l'euthanasie des individus infectés. Si cette mesure était retenue, le gestionnaire de risque pourrait décider d'éventuels assouplissements, tels que l'absence de prise d'APDI dans la structure d'origine de l'équidé, comme cela a été réalisé pour d'autres dangers sanitaires de première catégorie dans d'autres filières.

### **3.3.3.6 Mieux collecter les données d'identification sur les chevaux à l'équarrissage (piste 9)**

Les équarrisseurs collectent en même temps que les cadavres d'équidés des informations sur leur localisation, leur nombre, leur poids et leur type (cheval de trait, cheval de selle, poney, poulain, *etc.*) qui sont saisies dans la base de données EDI-SPAN (Echange de données informatisé sur les sous-produits animaux) de la DGAL. L'identifiant est également relevé lors du ramassage par l'équarrisseur (numéro Sire ou numéro de transpondeur), mais de manière non systématique et parfois erronée. Ainsi, sur la période 2011-2014, pour seulement 13 % des équidés équarris un numéro d'identification traçable dans la base Sire avait été enregistré dans la base EDI-SPAN (Tapprest *et al.*,

2016b). Les participants à l'atelier ont estimé qu'il pourrait être fixé comme objectif, dans un avenir assez proche, d'augmenter la proportion d'équidés avec un identifiant correctement enregistré à 50 %. Ces identifiants permettraient de relier les chevaux collectés à la base Sire pour enregistrer leur mort. Associées aux lieux de ramassage, ces données permettraient de mieux connaître la taille et la répartition géographique de la population équine. Il a été considéré par les participants que cette proposition avait un bon niveau de faisabilité et d'acceptabilité et que son niveau de priorité était de rang B (tableau 22).

### **3.3.3.7 Collecter des données de localisation sur les chevaux à l'abattoir (piste 10)**

Pour tout équidé conduit à l'abattoir, il est proposé de collecter les données sur le lieu d'origine ou dernier lieu de détention, ainsi que sur les déplacements antérieurs, dont importation (récente notamment). Les participants ont indiqué qu'ils avaient conscience des contraintes d'acceptabilité et d'applicabilité de cette piste, dont le degré de priorité a été jugé de rang C. Il se pose notamment la question de la manière de gérer la contrainte imposée aux abattoirs, et celle du mode de saisie des données (système informatisé ou format papier). Il est précisé que le nombre d'informations à saisir devrait être limité.

### **3.3.3.8 Utiliser systématiquement une fiche de collecte de données pour accompagner les demandes de test de Coggins (piste 11)**

De nombreuses demandes de test de Coggins arrivent dans les LDA sans précision du motif (suspicion clinique, export, monte, vente, autre), empêchant une valorisation optimale des données à des fins épidémiologiques. Les participants ont recommandé l'envoi systématique d'une fiche de collecte des données aux LDA, de préférence d'un format commun quelle que soit l'origine ou le motif du prélèvement, et informatisée. Une telle fiche permettrait de mieux connaître la population suivie. Sa mise au point nécessiterait un travail collégial entre des représentants des destinataires et des acteurs susceptibles de la remplir au quotidien (vétérinaires). Une sensibilisation à l'intérêt et au mode de renseignement de cette fiche serait nécessaire.

### **3.3.3.9 Constituer des équipes d'investigation multipartenaires en cas de foyer d'AVE, de MCE, voire d'AIE (piste 12)**

A l'heure actuelle, des équipes spécifiques constituées à l'initiative du Respe ou des stud-books et de l'IFCE (selon le dispositif à l'origine de la découverte des cas) sont mobilisables pour investiguer les

foyers de dangers sanitaires de deuxième catégorie (AVE, MCE). Par ailleurs, des équipes composées d'agents des LNR et d'épidémiologistes de l'Anses sont formées en cas de foyers d'AIE (danger sanitaire de première catégorie) à la demande de la DGAL, pour apporter un appui scientifique et technique aux DDecPP. Les participants à l'atelier ont recommandé de constituer à l'avenir une équipe d'investigation commune rassemblant tous ces acteurs. Leurs échanges favoriseraient la mutualisation des compétences et des ressources, le partage d'informations et ainsi l'efficacité des enquêtes. Les participants ont aussi souligné l'importance de réaliser des retours d'expérience à l'issue des missions afin de contribuer à l'amélioration des missions suivantes. Une telle équipe pourrait être mobilisée en cas de foyer d'AVE ou de MCE, voire d'AIE selon avis de la DGAL. Cette proposition a été considérée comme ayant un bon niveau de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact positif attendu.

### **3.3.3.10 Créer un système de déclaration des suspicions d'AIE à deux niveaux (signalement / suspicion) (piste 13)**

Plusieurs participants ont estimé qu'un certain nombre de suspicions cliniques d'AIE n'étaient sans doute pas déclarées à l'heure actuelle à cause des craintes des détenteurs et vétérinaires liées aux mesures sanitaires imposées dès la suspicion. En effet, toute suspicion doit être notifiée à la DDecPP et entraîne la prise d'un arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS) disposant notamment le blocage de l'exploitation. Le système proposé par les participants vise à limiter la sous-déclaration. Il comporterait un premier niveau, dit « Signalement » ou « Alerte » par exemple, qui serait activé dès la suspicion clinique par le vétérinaire. Il s'accompagnerait de la réalisation de prélèvements, mais n'induirait pas de blocage de l'élevage (pas d'APMS). Le second niveau, « Suspicion », serait enclenché au moment de l'obtention d'un premier résultat positif au LDA (en attente de la confirmation par le LNR), et entraînerait la prise d'APMS. D'un point de vue épidémiologique, ce double niveau serait justifié par la faible transmissibilité de l'AIE. Comme c'est le cas jusqu'à présent, l'APDI ne serait pris qu'une fois la suspicion confirmée par le LNR.

Cette proposition, caractérisée par sa probable grande acceptabilité de la part de la filière, permettrait sans doute de renforcer la sensibilité de la surveillance événementielle. Son niveau de priorité a été jugé de rang B.

**Tableau 22.** Pistes proposées pour le thème 2 « Modalités de surveillance, outils de surveillance, laboratoires et investigation » lors de l'atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d'acceptabilité, d'impact positif attendu et de priorité.

<b>Piste proposée</b>	<b>Faisabilité</b> (Note de 1 à 4)	<b>Acceptabilité</b> (Note de 1 à 4)	<b>Impact positif attendu</b> (Note de 1 à 4)	<b>Priorité</b> (Echelle A à C)
4. Mieux connaître la population d'équidés en France, avec un système de suivi individuel (informations actualisées sur les lieux de détention, déplacements, achats / ventes avec mise à jour de la carte de propriétaire, naissance, mort, descendants...)	2	3	4	A
5. Informer et sensibiliser tous les propriétaires d'équidés sur les enjeux sanitaires collectifs	3	4	4	A
6. Motiver les propriétaires à donner des informations de localisation actualisées sur leurs équidés	1	1	4	B
7. Améliorer la fréquence du dépistage de l'AIE (test de Coggins) lors des ventes d'équidés	1	1-2	3	B
8. Dépister systématiquement l'AIE chez les chevaux à l'abattoir	3	1-2	3	B
9. Mieux collecter les données d'identification sur les chevaux à l'équarrissage	3	3	3	B
10. Collecter des données de localisation sur les chevaux à l'abattoir	2	2	2	C
11. Utiliser systématiquement une fiche de collecte de données pour accompagner les demandes de test de Coggins, indiquant le motif de la demande	2-3	3	3	B-C
12. Constituer des équipes d'investigation multipartenaires en cas de foyer d'AVE, de MCE voire d'AIE (incluant DDecPP, Respe, stud-books/IFCE, LNR, Anses)	4	3	3	B
13. Créer un système de déclaration des suspicions d'AIE à deux niveaux : 1/ « Signalement » (pas d'APMS), 2/ « Suspicion » (avec prise d'APMS)	2	4	3	B

### **3.3.4 Propositions pour le thème 3 « Gestion et analyse des données, communication, diffusion des informations »**

Pour le thème 3 portant sur la gestion et l'analyse des données, la communication et la diffusion des informations, quatre propositions ont été formulées au cours de l'atelier (tableau 23).

#### **3.3.4.1 Centraliser les données de surveillance (à partir de bases de données interopérables) et les agréger pour les analyser à fins épidémiologiques (piste 14)**

Les participants ont souligné que des données sanitaires étaient actuellement enregistrées dans différentes bases de données (DGAL, IFCE, Respe, laboratoires, *etc.*) sans qu'elles ne soient généralement mises en commun. Il a été recommandé, tout en conservant les bases existantes et sans chercher à les fusionner en une base unique, de mettre en place une interopérabilité entre ces bases (*i.e.* capacité des bases à partager des informations) et de centraliser les données. Les développements d'interopérabilités initiés ces dernières années entre certaines bases de données (Sire, bases de certains LDA et du Respe) ont été salués. En outre, la centralisation des données sanitaires au sein d'un « pot commun », dans un même format, permettrait d'améliorer leur exploitation à des fins épidémiologiques. Alors que cette exploitation est actuellement menée par dispositif (pour certains dispositifs seulement), de manière dispersée et parcellaire, des analyses globales par maladie pourraient être conduites en exploitant ensemble toutes les données collectées par les divers canaux.

Les contraintes et nécessaires précautions inhérentes à la confidentialité des données ont été évoquées. Les participants ont toutefois jugé que ce point ne devait pas constituer un frein à la valorisation épidémiologique des données. Il a été indiqué qu'une façon de procéder serait celle appliquée par les acteurs participant à la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA), dans le cadre de laquelle la DGAL a mis en place le Centre de service des données en santé animale (CSD-ESA). Grâce à ce système, les bases des dispositifs communiquent leurs données dans un entrepôt ou puits de données (sans anonymisation en entrée), à partir duquel les données sont rendues accessibles par une interface web sécurisée et donnant des droits d'accès personnalisés prédéfinis. Les destinataires pré-identifiés (acteurs de la surveillance, épidémiologistes, *etc.*) peuvent ainsi produire des rapports sanitaires et de fonctionnement (tableaux, synthèses graphiques) à des fréquences différentes sous la forme de bilans réguliers ou d'extractions au fil de l'eau. La garantie de la confidentialité pourrait ainsi être déplacée du laboratoire d'analyse vers le porteur du puits de données. Les participants ont souligné que l'enjeu était de fournir des

« informations utiles, sans nuire », c'est-à-dire sans divulguer d'informations personnelles et confidentielles. Ils ont également précisé que les outils techniques existent pour une telle valorisation des données, mais qu'il faut définir collectivement un référentiel pour encadrer leur usage.

Cette recommandation a été jugée prioritaire (tableau 23) et plutôt facilement réalisable, le principal frein à ce stade étant sans doute l'absence de décision politique. L'impact de cette mesure pour améliorer la surveillance a été jugé très positif (note 4). La note attribuée à l'acceptabilité fut un peu moins élevée (2-3), considérant les réserves liées à la gestion de la confidentialité, mais en soulignant l'intérêt des organismes responsables de la surveillance pour cette proposition.

#### **3.3.4.2 Sensibiliser les acteurs de terrain (vétérinaires, étalonniers) à la qualité des données (piste 15)**

Considérant que la qualité des données de surveillance repose en partie sur les vétérinaires et sur les étalonniers (qui saisissent des données dans la base Sire), et qu'ils ont de nombreuses autres missions que la transmission d'informations sanitaires, il a été recommandé que ces acteurs soient mieux sensibilisés à cet aspect. Les niveaux de faisabilité, d'acceptabilité, d'impact attendu et de priorité de cette proposition ont été considérés élevés à très élevés.

#### **3.3.4.3 Définir des indicateurs sanitaires et de fonctionnement communs (piste 16)**

Les participants ont recommandé la mise en place d'indicateurs sanitaires permettant de suivre la situation épidémiologique de chaque maladie (par exemple nombre de cas par mois, proportion d'équidés infectés par département, proportion d'équidés infectés présentant des symptômes, *etc.*) et d'indicateurs de fonctionnement pour aider au pilotage de l'ensemble de la surveillance (par exemple délai moyen de déclaration des cas, proportion de données correctement saisies, *etc.*). Ces indicateurs devraient être définis en fonction des populations cibles de l'information, en particulier les responsables de la surveillance mais aussi les partenaires externes et les acteurs de terrain qui sont sources de données.

La définition et le suivi des indicateurs (à l'aide de filtres et de tableaux de bord) contribuent au traitement optimal des données. Ils nécessitent d'avoir centralisé les données (voir recommandation antérieure) et de disposer de moyens techniques, financiers et humains suffisants, c'est-à-dire notamment d'épidémiologistes, en particulier lorsque l'analyse des données s'avère complexe. Il est souligné que la future mise en place des réseaux sanitaires et leur articulation avec les

systèmes/dispositifs de surveillance n'apporte pas encore de réponse à ce stade sur la mise à disposition de ces ressources. En tout état de cause, la valorisation des données doit être menée dans le cadre d'une étroite collaboration entre les animateurs des dispositifs de surveillance, qui produisent les données, et les épidémiologistes, qui les traitent. Comme c'est le cas pour d'autres maladies et espèces animales, ce travail collaboratif entre acteurs sanitaires pourrait se faire dans le cadre de la Plateforme ESA.

Compte tenu de la nécessaire centralisation préalable des données et de la potentielle difficulté à réunir toutes les parties prenantes impliquées pour définir les indicateurs, la faisabilité de cette proposition est notée 2-3 sur 4. L'impact attendu a été jugé très positif et le niveau de priorité maximal.

#### **3.3.4.4 Améliorer la communication interne et externe (piste 17)**

Les participants à l'atelier participatif ont recommandé d'améliorer la communication interne entre acteurs de la surveillance, au quotidien. Les acteurs devraient s'obliger à communiquer dès qu'un événement d'intérêt collectif se produit. Il a également été précisé que le retour d'informations vers les acteurs de terrain permet de valoriser les données collectées et d'encourager la vigilance et la poursuite des efforts de ces acteurs.

Par ailleurs, une meilleure communication externe semble nécessaire, notamment avec les partenaires internationaux. Il est souligné que la communication avec ces partenaires étrangers est souvent pensée dans le sens d'une diffusion des informations françaises vers l'extérieur, mais que la transmission en France des bilans de la surveillance issus des autres pays doit aussi être encouragée. Enfin, les participants notent que les défauts de communication ne sont pas liés aux outils technologiques, qui sont aujourd'hui performants (diffusion par internet notamment), et qu'en cas de besoin il pourrait être fait appel à des professionnels de la communication.

**Tableau 23.** Pistes proposées pour le thème 3 « Gestion et analyse des données, communication et diffusion des informations » lors de l'atelier participatif et notations de leurs niveaux de faisabilité, d'acceptabilité, d'impact positif attendu et de priorité.

<b>Piste</b>	<b>Faisabilité</b> (Note de 1 à 4)	<b>Acceptabilité</b> (Note de 1 à 4)	<b>Impact positif attendu</b> (Note de 1 à 4)	<b>Priorité</b> (Echelle A à C)
14. Centraliser les données de surveillance (à partir de bases de données interoperables) et les agréger pour les analyser à des fins épidémiologiques	3	2-3	4	A
15. Sensibiliser les acteurs de terrain à la qualité des données	4	3	4	A
16. Définir des indicateurs sanitaires et de fonctionnement communs	2-3	3	4	A
17. Améliorer la communication interne et externe	3	4	3	A

### 3.3.5 Catégorisation des propositions selon leur niveau de priorité

Près de la moitié des propositions d'amélioration formulées au cours de la journée ont été considérées comme prioritaires, en particulier celles relatives aux objectifs de surveillance et à la gouvernance, mais aussi au traitement des données et à la communication (tableau 24). Le niveau de priorité des recommandations portant sur les outils et modalités de surveillance était le plus souvent inférieur (rang B).

**Tableau 24.** Synthèse : catégorisation des propositions issues de l'atelier participatif selon leur niveau de priorité.

Priorité (Echelle A à C)	Piste proposée	Thème
A	(1) Formuler plus précisément les objectifs de surveillance : - dans l'immédiat, améliorer la détection des agents pathogènes à fort risque de diffusion chez les équidés, - à terme, obtenir la vision la plus précise possible de la situation épidémiologique des maladies	Objectifs
	(2-A) Instaurer une gouvernance unique avec une instance stratégique de concertation et d'échange sur la politique et les actions de surveillance, animée par l'Etat et regroupant l'ensemble des acteurs sanitaires de la filière	Gouvernance
	(4) Mieux connaître la population d'équidés en France, avec un système de suivi individuel (informations actualisées sur les lieux de détention, déplacements, propriétaires, naissance, mort, etc.)	Outils de surveillance
	(5) Informer et sensibiliser tous les propriétaires d'équidés sur les enjeux sanitaires collectifs	Communication
	(14) Centraliser les données de surveillance (à partir de bases de données interoperables) et les agréger pour les analyser à des fins épidémiologiques	Gestion des données – Traitement des données
	(15) Sensibiliser les acteurs de terrain à la qualité des données	Communication
	(16) Définir des indicateurs sanitaires et de fonctionnement communs	Traitement des données
	(17) Améliorer la communication interne et externe	Communication
B	(2-B) Instaurer une gouvernance unique avec une instance opérationnelle chargée de la mise en œuvre de la politique de surveillance définie	Gouvernance
	(6) Motiver les propriétaires à donner des informations de localisation actualisées sur leurs équidés	Communication
	(7) Améliorer la fréquence du dépistage de l'AIE (test de Coggins) lors des ventes d'équidés	Modalités de surveillance
	(8) Dépister systématiquement l'AIE chez les chevaux à l'abattoir	Modalités de surveillance
	(9) Mieux collecter les données d'identification sur les chevaux à l'équarrissage	Outils de surveillance

	(11) Utiliser systématiquement une fiche de collecte de données pour accompagner les demandes de test de Coggins, indiquant le motif de la demande	Outils de surveillance
	(12) Constituer des équipes d'investigation multipartenaires en cas de foyer d'AVE, de MCE voire d'AIE (incluant DDecPP, stud-books/IFCE, Respe, LNR, Anses)	Investigation
	(13) Créer un système de déclaration des suspicions d'AIE à deux niveaux (Signalement sans APMS, Suspicion avec APMS)	Outils – Modalités de surveillance
C	(3) Améliorer la couverture de la population équine en surveillance événementielle et programmée par des actions de communication, de formation et de sensibilisation	Communication
	(10) Collecter des données de localisation sur les chevaux à l'abattoir	Outils de surveillance

### 3.4 Discussion

#### 3.4.1 Participation des acteurs

##### 3.4.1.1 Nombre, complémentarité et représentativité des participants

Plus d'une cinquantaine de personnes ont été sollicitées pour participer à l'atelier, et vingt-neuf ont effectivement été présentes. Cette proportion peut sembler modeste, mais plusieurs agents d'un même organisme ont généralement été sollicités et, dans la grande majorité des cas, au moins un agent a pu se rendre disponible. Ainsi, 16 des 22 organismes ou groupes d'acteurs sollicités ont été représentés. Les acteurs non présents étaient majoritairement des professionnels de la filière (voir *infra*).

Le nombre de participants a correspondu aux espérances de l'équipe d'organisation (de l'ordre de la trentaine) et il a permis de conduire la journée dans les conditions logistiques et d'animation prévues. En particulier, ce nombre a permis de tenir des travaux de groupes le matin, avec des effectifs d'une taille adaptée à l'exercice demandé. En effet, l'équipe d'organisation avait prévu de réunir trois groupes et un nombre minimal de sept à huit personnes par groupe avait semblé nécessaire pour garantir des échanges suffisamment riches et une diversité des points de vue. Par ailleurs, il était craint qu'un effectif supérieur à douze membres par groupe ne permette pas à chacun de s'exprimer suffisamment, compte tenu des délais contraints et du nombre relativement élevé de sujets.

Au-delà du nombre, la complémentarité des acteurs présents est apparue globalement satisfaisante au vu de la teneur des échanges mais aussi du nombre, de la pertinence et de la diversité des

recommandations effectuées. La présence des acteurs responsables de la surveillance, des LNR et LDA était jugée indispensable et tous ont été représentés. Par ailleurs, la participation des « bénéficiaires » de la surveillance que sont les professionnels de la filière (éleveurs, détenteurs, propriétaires, sociétés mères des différents usages des équidés, organisations sanitaires, etc.) et les organisations vétérinaires a semblé tout à fait nécessaire pour exprimer les attentes et la perception « du terrain ». La participation des chercheurs, universitaires et épidémiologistes a permis de son côté d'apporter un éclairage scientifique et technique aux discussions.

L'absence d'acteurs issus des échelons intermédiaires, DDecPP et SRAL, fut toutefois dommageable. Ils auraient pu apporter un avis complémentaire sur certaines activités de la surveillance événementielle réglementaire et de la surveillance des mouvements internationaux, pour lesquelles ils jouent un rôle important de contrôle de données, d'investigation, de relai des informations du terrain vers les instances centrales et dans certains cas de coordination des acteurs de terrain.

L'absence de représentants de sociétés de ventes aux enchères peut également être regrettée car ils sont à l'origine de la réalisation des nombreux tests de dépistage de l'AIE, et dans une moindre mesure de l'AVE et de la MCE, et ils contrôlent leurs résultats. Ils sont aussi des interlocuteurs privilégiés des éleveurs, des laboratoires et des sociétés mères des courses.

Enfin, il faut noter que toutes les catégories de détenteurs n'étaient pas représentées. La filière équine ne dispose malheureusement pas d'organisme transversal représentant l'ensemble des détenteurs, mais plutôt d'organismes représentatifs de certains groupes constitués en fonction des usages des équidés. Tous ces organismes n'ont pas été présents, d'une part, parce que certains n'ont pas pu se rendre disponibles (FNC, FNCC) et, d'autre part, parce que d'autres n'ont pas été sollicités. Ainsi par exemple, la réunion de l'ensemble des organismes représentant les intérêts des différentes races ou types d'équidés n'a en effet pas été jugée possible pour des raisons logistiques et de fonctionnement. Leur participation aurait potentiellement conduit à rassembler un nombre important de personnes supplémentaires, nécessitant des lieux de réception plus grands, plus complexes à mobiliser et/ou plus onéreux. Par ailleurs, la proportion de participants très peu impliqués dans la surveillance aurait possiblement été supérieure à celle des participants acteurs au sein des dispositifs. Il était craint que ce déséquilibre ralentisse significativement les échanges et ne permette pas d'aboutir à des recommandations approfondies, discutées et hiérarchisées. Par conséquent, il a été décidé d'inviter de manière ciblée des membres des organismes représentant les plus grandes proportions d'éleveurs et d'acteurs et/ou les groupes les plus impliqués dans la surveillance. La présence de représentants spécifiques des détenteurs ou éleveurs d'ânes et de

chevaux de trait aurait toutefois été intéressante lors des échanges portant sur ces populations, notamment au sujet de la couverture de la population.

Au bilan, les différents types de parties prenantes ont globalement été représentés.

### **3.4.1.2 Implication des participants**

Les acteurs présents ont tous participé activement aux échanges et une atmosphère constructive a régné tout au long de la journée. Certains sujets abordés auraient pu être sources de tensions, tels que les points faibles de la surveillance ou les perspectives de structuration de la gouvernance. Dans le contexte actuel de future mise en place des réseaux sanitaires, les missions de certains dispositifs et/ou leur articulation pourraient en effet évoluer à l'avenir, mais ces incertitudes n'ont pas suscité de clivages particuliers. Aucun acteur n'a cherché à en accabler d'autres à propos d'une des difficultés actuellement rencontrées, sans pour autant les nier ni faire montre de naïveté. Le climat cordial a probablement été favorisé par les échanges informels en amont de l'atelier entre certains acteurs pour relayer l'invitation, par la tonalité du temps d'accueil et des présentations introductives, par l'intérêt des participants pour les questions concrètes abordées et par le fait qu'il était demandé à chacun de participer en son nom propre. L'absence d'enjeu décisionnel fut probablement un autre élément facilitateur. De plus, il avait été décidé de ne pas transmettre de documents à l'avance pour conserver une spontanéité dans les échanges. Les informations jugées utiles à partager aux participants ont donc été exposées seulement en début de journée, bien que ce choix ait réduit le temps alloué aux travaux de groupe.

L'implication importante des participants peut être lue comme la traduction de l'attente, très majoritairement exprimée dans le questionnaire individuel, de « partager avec d'autres acteurs [ses] points de vue sur la surveillance actuelle et sur la façon dont elle pourrait être améliorée ». En effet, les personnes qui ont répondu favorablement à l'invitation et se sont rendues à l'atelier étaient probablement parmi les plus demandeuses d'échanges sur l'amélioration de la surveillance équine. En revanche, seule une minorité des répondants a précisé attendre une meilleure connaissance des enjeux de l'épidémiosurveillance en général. Ces réponses peuvent être dues au fait que la plupart des participants avaient déjà le sentiment de bien connaître ces enjeux, alors même que la présentation introductive sur ce sujet avait eu lieu juste avant l'administration du questionnaire.

En fin d'atelier les participants ont semblé satisfaits du déroulement et des résultats de la journée. Certains ont émis le souhait que de nouvelles rencontres sur le même format soient organisées à l'avenir pour poursuivre ces échanges informels sur l'amélioration progressive de la surveillance.

## **3.4.2 Format de l'atelier participatif et outils utilisés**

### **3.4.2.1 Choix d'un atelier participatif**

A l'issue des évaluations Oasis, l'objectif était d'enrichir les pistes d'interconnexion identifiées en recueillant des avis autres que ceux des responsables des dispositifs (et des quelques évaluateurs externes ayant participé aux notations). Plusieurs modes de recueil de ces avis étaient envisageables, dont certains auraient certainement été plus rapides à préparer, tels que des sollicitations individuelles à distance en utilisant des questionnaires envoyés par courrier ou courriel, comprenant des questions ouvertes et fermées. La réalisation d'entretiens semi-directifs, éventuellement par téléphone, aurait aussi été possible pour appréhender plus finement les perceptions individuelles. Ces deux alternatives auraient toutefois nécessité de nombreux jours d'échanges. La raison principale du choix de l'atelier participatif est qu'il permettait des interactions entre les acteurs, impossibles à obtenir dans le cadre d'entretiens ou de questionnaires individuels. Ces interactions ont permis d'approfondir l'étude, d'envisager les pistes sous plusieurs aspects et d'obtenir une évaluation collégiale de plusieurs critères (faisabilité, priorité, etc.). La réunion des acteurs plutôt que leur interrogation individuelle a probablement fourni des résultats plus condensés et donc plus rapides à analyser. Par ailleurs, l'atelier avait l'avantage de ne mobiliser les acteurs que sur une journée. Il a offert une grande souplesse permettant d'alterner temps de présentations et d'échanges et de recourir à différents modes d'élicitation, individuelle par le questionnaire et collective soit en groupe restreint soit en groupe plénier. En revanche, bien que la date ait été fixée plusieurs mois à l'avance, certaines personnes n'ont pas pu se rendre disponible ce jour-là et leur avis n'a pas pu être pris en compte. Il aurait été possible de solliciter leur avis en amont de la réunion, mais la communication de leurs réponses aux autres participants durant l'atelier ne nous semblait pas facile à mettre en place afin de ne pas briser la dynamique des échanges.

### **3.4.2.2 Découpage de la journée**

Pour débiter l'atelier et au vu de la diversité des profils, il paraissait nécessaire de donner des informations liminaires pour préciser les concepts et définitions d'épidémiologie sur lesquels les échanges allaient se fonder, ainsi qu'un aperçu du paysage de la surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE. Bien que des échanges aient été possibles durant ces présentations, la communication était essentiellement « descendante » des organisateurs vers les participants au cours de cette phase. Or, l'atelier a été construit avec le souci de laisser un maximum de temps de parole aux participants et cette partie introductive s'est donc voulue concise. Il semble qu'elle a joué efficacement son rôle d'information et qu'elle a rempli son autre mission qui était de contribuer à

placer les participants dans une démarche participative, notamment par le recours à un questionnaire individuel.

Le format de la journée prévoyait ensuite des échanges en groupe (matin) puis pléniers (après-midi). La répartition arbitraire des participants dans les trois groupes de travail selon leurs expériences connues vis-à-vis des thèmes a semblé pertinente au vu des propositions formulées. Il aurait toutefois été souhaité, s'ils avaient été présents en nombre suffisant, d'avoir dans chaque groupe des représentants des éleveurs, des utilisateurs, des organisations vétérinaires voire des responsables des dispositifs. Plus spécifiquement, la présence d'agents de DDecPP ou de SRAL dans les groupes 2 (modalités/outils) et 3 (données), de LNR dans le 3 et de sociétés de ventes aux enchères dans les groupes 2 voire 3 aurait assuré une plus grande complémentarité des points de vue. La réunion de l'ensemble des participants pour les échanges de l'après-midi a toutefois permis à tous de s'exprimer autant que nécessaire sur les trois thèmes abordés et avec moins de contraintes temporelles que le matin. Ces différents temps de discussion, dans un cadre non institutionnel, ont permis aux acteurs de s'exprimer en fonction de leurs compétences propres et non pas au nom de leur organisme. Ainsi leur créativité, indispensable pour cette démarche, a également pu s'exprimer.

L'allocation de la majeure partie du temps de groupe sur un thème en particulier s'est avérée appropriée compte tenu de la richesse des échanges. En effet, les animateurs et rapporteurs de groupe ont dû veiller régulièrement au respect du temps et à la progression des débats afin de pouvoir aborder tout le champ de leur thème principal. Le cadre des travaux en petits groupes a permis d'explorer plus en détail chaque piste comparativement aux échanges pléniers, ces derniers ayant plutôt vocation à commenter, adapter et valider les propositions et notations de chaque groupe. Les trois thèmes présentent des liens étroits et le fait qu'ils aient tous été abordés par chaque groupe, même de manière rapide, a permis d'apporter une réelle plus-value aux échanges pléniers, notamment en termes d'appropriation collective des recommandations. L'approfondissement des discussions dans les groupes du matin aurait vraisemblablement nécessité une ou plusieurs heures supplémentaires, mais l'objectif était de contenir l'atelier en une journée, d'une durée par ailleurs relativement réduite compte tenu des durées de trajets de certains participants.

### **3.4.2.3 Conception du questionnaire individuel et analyse de ses résultats**

Le questionnaire individuel utilisé en début d'atelier comportait deux parties. La première, sur les forces et faiblesses de la surveillance, était relativement courte et loin d'être exhaustive. En effet,

son but n'était pas de faire une nouvelle évaluation détaillée de la surveillance mais d'impliquer précocement les participants dans la démarche de réflexion et de confronter leurs réponses à une petite partie des résultats issus d'Oasis. Le fait qu'un certain nombre de participants connaissent peu les différentes activités de surveillance était pressenti en amont de l'atelier et nous nous sommes demandé comment leur permettre de s'exprimer librement uniquement sur les points pour lesquels ils se considéraient capables de formuler un avis. Il a ainsi été clairement précisé dans les indications préalables, à l'oral et à l'écrit sur le questionnaire, que les acteurs devaient se sentir libres de noter s'ils jugeaient l'item comme un point fort ou un point faible ou d'indiquer qu'ils ne savaient pas répondre (par le signe  $\emptyset$ ). Par ailleurs, les participants pouvaient inscrire leur nom sur le questionnaire mais le champ correspondant n'apparaissait qu'à la fin du document et il était explicité que son renseignement était facultatif (14 personnes sur 23 ont cependant précisé leur nom ou organisme d'appartenance). Anticipant le fait que certains acteurs connaîtraient probablement mieux la surveillance d'une ou deux maladies en particulier et que des niveaux de satisfaction différents pouvaient être ressentis pour certains items selon le système de surveillance considéré, le questionnaire donnait la possibilité de noter différemment les items pour chaque maladie. Nous n'avons pas analysé les résultats pas groupe d'acteurs car cette analyse aurait été partielle du fait de l'anonymat de certains questionnaires et parce que la finalité était d'apprécier uniquement les grandes tendances/perceptions qui traversent la filière dans son ensemble.

Pour faciliter la comparaison entre les résultats de cette partie du questionnaire et ceux des évaluations Oasis (voir *infra*), nous avons retenu préférentiellement des items qui apparaissaient clairement comme des forces ou faiblesses de la surveillance lors des évaluations Oasis flash. Bien que la journée fût consacrée aux pistes d'amélioration, nous avons pris garde à ne pas lister uniquement des points faibles pour ne pas donner une image globale faussement dégradée de la surveillance alors que de nombreux atouts avaient aussi été identifiés lors des évaluations Oasis flash. Nous avons aussi cherché à couvrir un grand nombre d'activités et d'aspects différents de la surveillance, tels que la collecte des données, leur gestion, leur analyse et leur diffusion, l'animation, les outils de surveillance, les instances centrales et les analyses de laboratoires.

Trois notes possibles étaient proposées pour chaque item et nous n'avions pas prévu que certains répondants utiliseraient un signe hybride « +/- ». A l'exception du mode d'interprétation de ce symbole, l'analyse des résultats fut relativement simple et rapide. Un premier décompte du nombre de votes « point fort » (+), « point faible » (-) et NSP (incluant les votes « je ne sais pas » [ $\emptyset$ ], les non-réponses et les votes « +/- ») a ainsi été réalisé pendant l'atelier et restitué en fin de journée. Plusieurs modalités de présentation des résultats étaient possibles, par exemple la réalisation d'un diagramme en barre ou d'un camembert illustrant le nombre ou la proportion de chaque type de

vote pour chacun des items, par maladie ou en regroupant les trois maladies. Ce niveau de détail nous a paru inutile voire inopportun. En effet, les réponses obtenues étaient subjectives et certains acteurs ont probablement répondu en ayant une connaissance seulement partielle du fonctionnement de la surveillance. Il nous a semblé préférable de présenter les résultats en premier lieu de manière globale en répartissant les items en trois catégories, en se fondant sur une analyse des résultats pour toutes les maladies confondues. Cette catégorisation peut être critiquable, en particulier pour les items pour lesquels de nombreuses réponses NSP ont été attribuées ou lorsque les nombres de votes « + » et de votes « - » étaient proches. Toutefois, la discrimination entre les trois catégories d'items semble plutôt bonne puisque les écarts entre ces deux nombres sont toujours supérieurs ou égaux à cinq pour les « point jugés forts » et pour les « points jugés faibles » pour chaque maladie (à l'exception de l'item n° 5 « centralisation des données » pour la MCE, avec un écart de deux votes). *A contrario*, les écarts entre votes « + » et votes « - » sont bien moindres pour les trois items catégorisés en « point jugé de niveau intermédiaire ». Pour ceux-ci, entre zéro et deux points d'écart seulement ont été comptabilisés (sauf pour l'item n° 1 relatif à la connaissance des symptômes pour l'AIE et la MCE avec quatre votes d'écart, mais dans des sens opposés).

Dans un second temps, un niveau plus fin d'interprétation a été proposé en classant les items selon le ratio entre les votes « + » et « - », par maladie. Ces représentations (figures 36 à 38) permettent d'identifier les items pour lesquels un consensus très large a été dégagé, tels que ceux portant sur la fiabilité des résultats d'analyse et la coordination entre les dispositifs. Ces illustrations aident aussi à relativiser la catégorisation, par exemple pour la centralisation des données (item n° 5), jugée mauvaise d'une manière générale mais avec une nuance pour la MCE. Celle-ci s'explique possiblement par la présence d'un plus petit nombre de dispositifs comparé aux deux autres maladies, et donc à un morcellement peut-être moins visible des données. Nous avons préféré utiliser un ratio entre votes « + » et « - » plutôt que le nombre brut de « + » (ou de « - ») compte tenu de la grande variabilité du nombre de suffrages exprimés. Leur nombre oscille en effet entre 7 et 20 (sur 23 répondants) selon les items. En nous concentrant sur ces suffrages exprimés, nous avons pu distinguer des items pour lesquels des nombres proches voire identiques de votes « + » étaient obtenus mais avec des nombres de votes « - » très différents. C'est par exemple le cas des items n° 4 (rapidité du retour des résultats d'analyses) et n° 12 (dépistage de l'AIE à l'achat) pour l'AIE. Ils ont reçu tous les deux 11 votes « + » mais respectivement 2 et 9 votes « - » ; le classement de la figure 36 est ainsi cohérent avec les catégorisations différentes de ces deux items (« point jugé fort » pour le premier, « point jugé de niveau intermédiaire » pour le second).

Pour la prise en compte des votes hybrides « +/- » lors de l'analyse des résultats, trois options s'offraient à nous :

- les comptabiliser à part pour ne pas modifier les décomptes des autres votes, en créant une quatrième catégorie. Leur nombre était toutefois limité (n=14 au total des 23 questionnaires et des trois maladies). Nous n'avons pas retenu cette solution car il nous a semblé préférable de considérer que ces votes apportaient une information devant être attribuée à une autre catégorie,
- prendre doublement en compte ces votes, à la fois avec les « + » et avec les « - ». Cette option se fondait sur l'hypothèse que le répondant jugeait que, sous certains aspects, l'item était une force, mais qu'au vu d'autres éléments il pouvait aussi apparaître comme une faiblesse,
- estimer que le répondant jugeait le niveau de satisfaction moyen. Ne pouvant classer cette réponse ni dans « point fort », ni dans « point faible », la seule catégorie préétablie envisageable était « je ne sais pas » ( $\emptyset$ ).

L'objet du questionnaire étant plutôt de faire ressortir les forces et faiblesses, et compte tenu des doutes quant à la signification de ce signe hybride pour les répondants, nous avons opté pour la troisième solution. Quelle que soit l'option retenue, l'influence de ces réponses est toutefois limitée sur les résultats car ce signe a été attribué au maximum une ou deux fois par item pour une même maladie. Une analyse de sensibilité a été réalisée en comparant nos résultats avec ceux qui seraient obtenus en comptabilisant les votes « +/- » à la fois dans les votes « + » et dans les votes « - » ; elle confirme cette faible influence. Les résultats obtenus avec l'option alternative aboutissent à une catégorisation identique des 12 items. Les classements sont également quasi-inchangés, puisque seulement deux inversions de rang entre « points jugés faibles » sont apparues (items 8 et 6 pour l'AIE et items 8 et 9 pour la MCE).

Au bilan, les catégorisations et classements obtenus pour les 12 items semblent robustes et elles ont permis de comparer facilement les résultats avec ceux des évaluations Oasis (voir *infra*).

La deuxième partie du questionnaire, portant sur les attentes des acteurs, a volontairement été très courte afin d'obtenir simplement une vision globale de l'avis des participants. Le faible nombre de commentaires libres suggère que les attentes que nous avons supposées et inscrites dans le questionnaire étaient bien les principaux motifs de participation à l'atelier. Toutefois, on ne peut pas exclure que la proposition d'une attente déjà formulée aux participants ait conduit à une surestimation du nombre d'acteurs en phase avec cette attente, par rapport à une alternative consistant à ne proposer qu'un champ libre. Cette dernière solution n'a cependant pas été retenue afin de faciliter l'analyse des résultats.

### **3.4.2.4 Conception de la grille de notation et analyse de ses résultats**

Afin de recueillir les pistes d'interconnexion sous un même format pour les trois groupes, une grille a été élaborée en amont de l'atelier. Cette grille a aussi été conçue pour que les acteurs notent collégialement plusieurs critères relatifs aux pistes. Les critères devaient être peu nombreux compte tenu du temps alloué à cette étape et relativement faciles à évaluer. Ainsi, la notation de la balance coût-bénéfice des mesures proposées n'a pas été retenue car jugée trop complexe. La délimitation des thèmes abordés par les groupes et le nombre de critères à évaluer ont semblé pertinents car deux des trois groupes ont réussi à remplir complètement leur grille de notation durant le temps imparti. Le troisième groupe avait presque atteint l'objectif et a finalisé sa grille durant la pause-déjeuner. Les grilles ont été renseignées informatiquement durant les travaux de groupe, permettant leur projection en salle et leur modification pendant les échanges pléniers.

Pour faciliter et harmoniser l'attribution des notes, un guide de notation a été préparé. Pour les trois premiers critères (niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact positif attendu), une échelle ordinale de quatre notes a été proposée. L'absence d'une option de réponse centrale visait à éviter que les répondants ne choisissent cette option par recherche du moindre effort, en particulier dans un contexte de délais contraints nécessitant une prise de décision assez rapide. Le dernier critère retenu était le niveau de priorité de la proposition. Ce critère se voulait plus synthétique que les précédents. Une échelle ordinale de trois notes nous a semblé suffisamment discriminante et une notation par lettre (de A à C) a été adoptée pour la distinguer de la notation chiffrée des trois premiers critères (de 1 à 4). La complétude des grilles de notation et la richesse des résultats obtenus donne à penser que la grille a été bien appréhendée par les rapporteurs et les participants et qu'elle a favorisé leur élicitation, en complément du travail efficace des animateurs et des rapporteurs de groupe. De l'avis des animateurs, les critères et les échelles de notation proposées ont été bien ajustées au contenu des échanges. Par ailleurs, les binôme/trinômes animateur-rapporteurs ont fonctionné de manière synergique et ils ont permis que les discussions au sein de chaque groupe soient efficaces et cordiales.

L'objectif de la grille n'était pas seulement de recueillir des propositions et des notations, mais de collecter également toute justification des notes permettant de comprendre les enjeux de chaque proposition et les éventuels obstacles à lever pour leur mise en œuvre. Des cases « commentaires » ont été ajoutées à côté de chaque case de notation à cet effet. De nombreux commentaires ont effectivement été renseignés sur les grilles et dans les prises de notes des rapporteurs. Lors de l'analyse des résultats, ces commentaires ont été intégrés dans les textes explicatifs des propositions.

L'analyse des résultats s'est d'abord faite par proposition. Celles-ci ont ensuite été hiérarchisées selon leur degré de priorité dans un but pédagogique et pour guider leur possible mise en pratique future. La hiérarchisation des pistes selon les trois autres critères n'a toutefois pas été représentée car elle n'a probablement qu'une faible plus-value, la notation du niveau de priorité pouvant être envisagée comme une synthèse des autres notations.

### **3.4.2.5 Complémentarité de l'atelier et des évaluations avec la méthode Oasis**

L'atelier participatif est apparu particulièrement utile en ayant été conduit après des évaluations des systèmes de surveillance, réalisées relativement peu de temps (deux ans) auparavant avec la méthode Oasis flash. Ces évaluations ont essentiellement permis de réaliser un diagnostic de ce qui fonctionnait bien ou mal et de ce qui devrait être mis en place ; des pistes d'amélioration ont également été proposées mais sans discuter de leur mise en œuvre pratique. L'atelier participatif est venu enrichir ou moduler les propositions grâce à la contribution d'autres acteurs de la filière et de l'épidémiologie, mais aussi évaluer leurs niveaux d'applicabilité ou d'acceptabilité. En les confrontant aux bénéfices ou impacts attendus, une appréciation du niveau de priorité a été effectuée pour chaque piste. Cette dernière appréciation collective peut en effet être perçue comme faisant la synthèse des trois notations précédentes. Le rang de priorité a été choisi de manière qualitative par les participants et sans se référer explicitement aux autres notes, mais il est intéressant de souligner une certaine corrélation entre ces rangs et la moyenne des trois notes des niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact positif attendu. Ainsi, ces moyennes étaient comprises entre 2,6 et 3,7 pour toutes les pistes jugées de niveau de priorité A, entre 1,8 et 3,3 pour celles jugées de rang B et entre 1,8 et 2 pour celles de rang C.

Cette notation des pistes, bien que correspondant à une évaluation qualitative et partielle (sans volet économique par exemple), et leur hiérarchisation selon leur niveau de priorité, apportent aux gestionnaires des dispositifs des informations utiles et complémentaires de celles issues des évaluations Oasis flash. En outre, l'atelier participatif a permis de lister un certain nombre d'actions de communication et de sensibilisation nécessaires et d'identifier une série d'obstacles techniques ou politiques à lever. Il constitue une étape supplémentaire vers la rédaction possible d'un programme ou d'une feuille de route pour l'amélioration concrète de la surveillance. Celle-ci nécessiterait toutefois d'étudier d'autres questions non abordées durant l'atelier, relatives aux délais de mise en œuvre, au financement, voire à une mesure quantitative des gains attendus en termes de sensibilité / spécificité de la surveillance ou de couverture de la population.

Parallèlement, la réalisation préalable des évaluations Oasis a permis que l'atelier soit le plus productif possible. En effet, la méthode Oasis (quelle que soit la variante) étudie l'ensemble de l'architecture et du fonctionnement de la surveillance et permet donc de ne pas perdre de vue des missions ou activités clés lors de la préparation et de la conduite de l'atelier. Toutefois, si les évaluations n'avaient pas pu être réalisées antérieurement, l'utilisation du guide méthodologique Oasis aurait pu en elle-même apporter une aide précieuse à l'organisation de l'atelier.

### **3.4.3 Similitudes entre les résultats du questionnaire individuel et ceux des évaluations Oasis flash sur les points forts et faibles de la surveillance**

Dans la première partie du questionnaire individuel, les critères et activités de surveillance (*items*) qu'il était proposé d'évaluer se voulaient relativement précis et concrets afin de faciliter la prise de position des répondants. Ce choix a également favorisé la mise en parallèle des réponses au questionnaire avec les résultats des évaluations des systèmes de surveillance des trois maladies avec la méthode Oasis flash.

Parmi les douze propositions du questionnaire individuel, trois ont été majoritairement jugées par les participants comme des forces de la surveillance. Deux de ces items (n° 3 et 4) étaient relatifs aux analyses de laboratoire (fiabilité des résultats et rapidité de leur transmission aux acteurs de terrain), ce qui est en cohérence avec les résultats des évaluations Oasis. En effet, pour les trois systèmes de surveillance, les évaluations Oasis avaient souligné que le travail des laboratoires était globalement très satisfaisant et la rapidité de la surveillance (incluant celle du retour d'information vers les vétérinaires et les détenteurs) était un des attributs les mieux notés. Le troisième item considéré par la plupart des participants comme un point fort était « les garanties sanitaires sur les équidés français que les résultats de surveillance permettent de fournir aux partenaires étrangers » (item n° 10). Cet item n'avait pas d'équivalent dans les évaluations Oasis. Toutefois, la « fiabilité », la « sensibilité » et la « représentativité » peuvent être considérées comme les attributs contribuant le plus à fournir de telles garanties sanitaires. Ces trois attributs ont été jugés globalement satisfaits lors des évaluations Oasis (notes comprises entre 57 % et 75 %) (Amat *et al.*, 2015).

Les items du questionnaire individuel qui correspondaient à des faiblesses de la surveillance d'après les évaluations Oasis ont également été jugés comme tels par les répondants. Il s'agissait en premier lieu du manque de coordination entre acteurs et entre dispositifs (items n° 8 et 11) et de la faible mutualisation des outils de surveillance (item n° 7). Les autres défauts majeurs relevés aussi bien lors des évaluations que de l'atelier portaient sur la centralisation des données de surveillance et leur

valorisation épidémiologique (items n° 5 et 6). Enfin, un défaut de diffusion régulière des bilans de surveillance et de la situation sanitaire a été noté durant l'atelier participatif (item n° 9), ce qui est cohérent avec les faibles notes obtenues aux évaluations Oasis pour le point critique « Diffusion des informations ». Sur ce dernier item, une légère divergence est toutefois à noter au sujet de l'AIE pour laquelle un bilan annuel, bien que peu détaillé (faute de données mutualisées), est rédigé conjointement par le LNR et la DGAL et diffusé à travers le *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*. Ce bilan avait valu des notes plus favorables à l'AIE qu'à l'AVE et la MCE pour le point critique « Diffusion des informations » et pour la section « Communication », tandis que les nombres de votes « point faible » dans le questionnaire individuel étaient quasiment identiques pour les trois maladies. Cette légère discordance signifie peut-être que le *Bulletin épidémiologique* n'est pas suffisamment diffusé ou accessible, tout du moins dans la filière équine.

Les participants ne se sont majoritairement pas exprimés au sujet de la qualité des fiches de collecte de données (item n° 2) et ceux qui l'ont fait avaient des avis très partagés. Ces résultats peuvent traduire une faible connaissance des fiches existantes par la plupart des répondants, mais aussi une hésitation sur la réponse à fournir étant donné que les fiches disponibles sont relativement bien faites mais qu'elles ne sont accessibles que pour certains dispositifs (surveillance des reproducteurs et Respe) et donc uniquement pour une partie des demandes d'analyses.

Les votes ont globalement été très proches entre les trois maladies pour chaque item. Cette proximité peut s'expliquer par le fait que chacun des trois systèmes repose en grande partie sur les mêmes dispositifs. Pour seulement un item (n° 1, sur la connaissance des symptômes/vigilance des acteurs de terrain), les différences entre les trois proportions de votes « point fort » ont légèrement dépassé 20 % (le dénominateur étant les suffrages exprimés). La vigilance et la connaissance des symptômes par les détenteurs et vétérinaires ont été jugées satisfaisantes dans 63 % des suffrages exprimés pour la MCE contre 39 % et 43 % seulement pour l'AIE et l'AVE. Ces différences peuvent s'expliquer par la diversité des formes cliniques d'AIE et d'AVE comparativement à la MCE qui, lorsqu'elle s'exprime (uniquement chez les femelles), se manifeste très généralement par des symptômes caractéristiques (métrite, vaginite, cervicite accompagnées de sécrétions). Le second item pour lequel les proportions de votes « point fort » divergent le plus entre maladies porte sur la rapidité du retour des résultats d'analyses (n° 4). Ce retour des résultats d'analyses a été jugé insuffisamment rapide par trois répondants (25 %) pour la MCE contre un ou deux pour l'AVE et l'AIE (8 et 15 %). Cette différence demeure modeste, notamment au vu du nombre de suffrages exprimés (n=12 ou 13 selon la maladie). Elle peut toutefois être reliée à la durée des analyses de laboratoire. En effet, la culture bactérienne, fréquemment utilisée pour le diagnostic ou le dépistage de la MCE,

nécessite huit à quatorze jours pour l'obtention d'un résultat, alors que la plupart des tests employés pour l'AIE et l'AVE sont beaucoup plus rapides (quelques heures à quelques jours).

Au bilan, il est intéressant de noter le haut niveau de convergence entre les diagnostics réalisés par deux éventails d'acteurs différents. Ces similitudes renforcent la légitimité des recommandations d'amélioration ayant découlé des deux études, en particulier celles portant sur l'interconnexion entre acteurs, dispositifs et systèmes de surveillance.

### **3.4.4 Cohérence entre les recommandations émises, convergences et divergences avec les évaluations Oasis**

Certaines des pistes proposées sont directement reliées. Ainsi, la précision des objectifs et les propositions formulées pour ceux-ci dans la piste 1 trouvent logiquement un écho plus ou moins direct dans toutes les propositions suivantes. C'est en particulier le cas des pistes relatives aux modalités de surveillance, pour les dépistages de l'AIE à l'abattoir et dans le cadre des ventes (pistes 7 et 8), mais aussi de celles portant sur la gouvernance ou la communication.

Par ailleurs, les propositions « *motiver les propriétaires à donner des informations de localisation actualisées sur leurs équidés* », « *mieux collecter les données d'identification sur les chevaux à l'équarrissage* » et « *collecter des données de localisation sur les chevaux à l'abattoir* » (pistes 6, 9 et 10) sont autant de déclinaisons de la recommandation « *mieux connaître la population d'équidés en France avec un système de suivi individuel* » (piste 4). Celle-ci, plus générale, est d'ailleurs considérée prioritaire tandis que les trois premières ont un niveau de priorité jugé de rang B ou C. Outre un meilleur recueil des données, la piste 4 pourrait se traduire par d'autres moyens tels que la valorisation des données déjà collectées en routine.

Les actions de communication visant à informer et sensibiliser les propriétaires d'équidés sur les enjeux sanitaires collectifs (piste 5) pourraient également avoir pour but plus spécifique d'améliorer la couverture de la population (piste 3).

En outre, à l'instar des forces et faiblesses de la surveillance soulignées par les participants dans le questionnaire individuel, les recommandations formulées lors de l'atelier sont globalement cohérentes avec celles qui avaient émergé des évaluations Oasis. La précision des objectifs, la structuration et l'interconnexion de la gouvernance, le partage des données et leur valorisation épidémiologique sont à nouveau considérés comme les points prioritaires à améliorer.

Toutefois, les pistes d'amélioration ont été plus nombreuses et plus détaillées dans deux domaines en particulier lors de l'atelier participatif, à savoir la communication et les outils et modalités de

surveillance. Pour ces derniers, plusieurs propositions concrètes ont été nouvellement formulées pour accroître les connaissances démographiques et sanitaires. Ainsi, diverses solutions ont été avancées pour favoriser le recueil de données et de prélèvements en des occasions ou sur des sites où celui-ci est relativement « aisé » (abattoir, équarrissage).

La recommandation d'un système de suivi individuel pour mieux connaître la population d'équidés est également une nouveauté par rapport aux évaluations Oasis. La nécessité de meilleures connaissances démographiques et les possibilités d'accès aux données *via* l'équarrissage semblent avoir été prises en compte de manière plus importante au cours de l'atelier que lors des évaluations Oasis. Ce constat peut s'expliquer par le panel plus large d'acteurs et par des travaux de valorisation combinée des données démographiques (notamment entre la base Sire et la base EDI-SPAN comprenant les données d'équarrissage) initiés après les évaluations Oasis mais avant l'atelier.

Par ailleurs, près du tiers des pistes d'amélioration (concernant les trois thèmes proposés) ont porté sur la communication, l'information et la sensibilisation des acteurs. Ce nombre élevé souligne que les participants ont jugé qu'au-delà d'une plus grande connexion entre les organismes responsables des dispositifs de surveillance, l'implication des détenteurs, des propriétaires, des vétérinaires et des autres professionnels de la filière devait absolument être accrue afin d'améliorer la sensibilité, la représentativité et la fiabilité de la surveillance. Les participants à l'atelier ont ainsi formulé des recommandations originales par rapport aux évaluations Oasis, telles que la sensibilisation des propriétaires aux enjeux sanitaires collectifs et à la qualité des données de surveillance, ainsi que leur encouragement à fournir des informations de localisation actualisées. L'attention particulière portée à ces questions durant l'atelier s'explique en partie par la participation de représentants d'éleveurs et de vétérinaires (logiquement non présents lors des évaluations Oasis), qui ont conscience des contraintes des acteurs de terrain et de l'hétérogénéité de leur niveau de connaissances sanitaires. La recommandation d'un système de déclaration des suspicions d'AIE à deux niveaux peut s'expliquer de la même manière, les acteurs de terrain et leurs interlocuteurs directs présents à l'atelier ayant pu témoigner des craintes liées aux mesures associées aux APMS.

Inversement, plusieurs recommandations issues des évaluations Oasis n'ont pas été clairement reprises lors de l'atelier participatif. Certaines portaient sur des points précis qui n'entraient pas nécessairement dans le cœur des échanges collectifs au cours d'un atelier de durée limitée, par exemple au sujet :

- des analyses de laboratoire, telles que la possibilité de recourir à l'Elisa comme test de première intention pour l'AIE ou le développement d'un réseau de LDA agréés pour la PCR MCE,

- des prélèvements (améliorer leur qualité et les délais et conditions d'acheminement pour le dépistage/diagnostic de la MCE),
- de l'analyse des données, par exemple l'élaboration d'un système automatisé de détection et de gestion des incohérences dans l'historique des résultats de VNT pour l'AVE,
- de modalités de surveillance bien précises, à savoir harmoniser la remontée par les DDecPP/PIF des données sur les mouvements et favoriser la mise en œuvre des autopsies en cas de suspicion en améliorant les moyens logistiques pour la collecte des cadavres et pour la réalisation des autopsies.

Les évaluations Oasis ont en effet balayé l'ensemble des activités de surveillance et ont ainsi fait émerger des propositions sur tout le fonctionnement et l'organisation des systèmes de surveillance, tandis que l'atelier s'est essentiellement concentré sur les points majeurs. Ce focus se traduit d'ailleurs par le très faible nombre de recommandations dont le niveau de priorité a été jugé de rang C au moment de l'atelier.

D'autres propositions émanant des évaluations Oasis, pourtant importantes, n'ont pas été citées à l'atelier mais elles découleraient probablement de l'application des recommandations de mise en place d'instances centrales transversales. Il s'agit de l'élaboration de protocoles de surveillance détaillés incluant toutes les modalités de surveillance pour une même maladie et de la mise en place d'un comité scientifique et technique commun comprenant les LNR.

Enfin, le recours aux échanges de données informatisées (EDI) pour tous les dispositifs de surveillance n'a pas été recommandé lors de l'atelier. Il serait intéressant de connaître l'avis des acteurs de la filière sur cette piste qui permettrait d'homogénéiser les données et de garantir une transmission rapide, fiable et exhaustive. La question stratégique de la gestion et du partage des données serait toutefois à résoudre avant d'envisager la généralisation de cette solution technique et c'est peut-être la raison pour laquelle elle n'a pas fait l'objet de discussions durant l'atelier.

### **3.4.5 Gestion des avis divergents**

Le principe suivi durant l'atelier pour retenir des pistes d'amélioration et réaliser leur notation était d'obtenir un consensus entre participants. Lorsqu'une proposition ne recueillait pas l'aval de certains participants, elle était discutée et inscrite au compte-rendu mais elle n'était pas ajoutée à la liste finale des recommandations. Cette situation s'est très rarement présentée, à l'exception des échanges sur un éventuel objectif d'éradication des maladies. On ne peut pas exclure que certains participants aient eu leurs réticences vis-à-vis d'une proposition, mais compte tenu du climat favorable dans lequel se sont déroulés les échanges, cette situation ne s'est probablement pas produite ou alors dans un petit nombre de cas et certainement sur des sujets non majeurs.

Pour les niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et d'impact positif attendu, une note unique a très généralement été donnée, également par consensus (lors des travaux de groupe puis des échanges pléniérs). Pour huit notes seulement, les participants n'ont pas fourni une valeur unique mais une fourchette de deux notes consécutives. Les niveaux de priorité se sont vu attribuer un rang unique, à l'exception de la proposition 11 « *utiliser systématiquement une fiche de collecte de données pour accompagner les demandes de test de Coggins* » qui a été jugée de rang B-C (elle apparait dans la catégorie de rang B au sein du tableau 24). Par ailleurs, les commentaires formulés par les participants pour justifier les notations ont été tracés dans le compte-rendu, y compris lorsqu'ils étaient divergents.

Au bilan, malgré la diversité des acteurs présents, le consensus a été aisé à recueillir car de très nombreuses convergences sont apparues au cours de l'atelier participatif.

## **4. Synthèse des apports des travaux : domaines de la surveillance ayant fait l'objet de propositions d'interconnexion et bénéfices attendus**

Au cours des différents travaux menés, de nombreuses pistes d'amélioration ont été proposées et évaluées. Certaines concernaient spécifiquement un seul dispositif, alors que d'autres portaient sur la mutualisation de compétences ou d'outils entre plusieurs dispositifs. Seules ces propositions d'interconnexion sont analysées dans cette partie, pour présenter de manière structurée les domaines de la surveillance sur lesquels elles ont porté ainsi que les bénéfices qu'elles apporteraient. Les pistes abordées peuvent être regroupées en deux grandes catégories, étudiées successivement ci-après : celles relatives à la gouvernance et l'organisation de la surveillance et celles orientées sur les aspects scientifiques et techniques. Une troisième section porte sur les domaines qui au contraire ont été peu traités au cours des travaux.

### **4.1 Propositions d'interconnexions relatives à la structuration et à la gouvernance des systèmes de surveillance**

#### **4.1.1 Mise en place d'instances centrales transversales**

Aussi bien lors de l'évaluation comparative Oasis des trois systèmes de surveillance qu'au cours de l'atelier participatif, il a été recommandé la création d'instances centrales transversales à l'échelle de chaque système (voire des trois systèmes réunis, *cf. infra*). Les deux instances les plus discutées sont celles assurant le pilotage et l'animation des systèmes. Elles sont deux éléments majeurs dans un système de surveillance et il est naturel que les travaux réalisés aient conduit à les aborder plusieurs fois.

L'instance de pilotage transversale devrait probablement rassembler l'autorité sanitaire (DGAL), les organismes responsables des dispositifs de surveillance existants (IFCE, Respe, stud-books, Anses) ainsi que des représentants des laboratoires d'analyse (LNR, LDA) et des professionnels, tels que les organisations sanitaires et vétérinaires (Avef, SNGTV, GDS France), les sociétés mères et les représentants d'éleveurs, de détenteurs et d'utilisateurs de la filière. La mise en place d'une telle instance serait facilitée par la présence actuelle de certains de ces acteurs dans les instances de pilotage des dispositifs les plus structurés (conseil d'administration du Respe et comité de pilotage de Resumeq). Bien que les modalités de représentation de chaque acteur ou groupe d'acteurs et le

mode de fonctionnement de l'instance n'aient pas été évoqués au cours de nos travaux, la réunion de tous ces partenaires permettrait de recueillir l'ensemble des attentes et de définir des objectifs communs pour le système de surveillance. Leur réunion favoriserait également l'articulation des dispositifs de surveillance pour assurer une couverture de la population surveillée qui réponde aux objectifs fixés. D'une manière générale, toute évolution de la surveillance nécessite de disposer de moyens techniques et financiers adéquats, mais plus encore d'une volonté politique claire et partagée. En effet, lorsqu'un choix est acté collectivement par les décideurs, les outils et les ressources financières suivent habituellement. La mise en place de l'instance de pilotage transversale est donc capitale et le caractère collégial des décisions garantirait une interconnexion effective des dispositifs.

Par ailleurs, l'instance transversale d'animation (ou unité centrale) recommandée permettrait une bonne coordination au quotidien des différentes activités de surveillance. Elle pourrait s'appuyer sur le suivi d'indicateurs de performance pour corriger les éventuelles difficultés et harmoniser le fonctionnement au fil de l'eau. Disposant de compétences solides en épidémiologie, l'unité centrale se chargerait également de l'analyse de toutes les données collectées. Cette instance commune ne prendrait en effet tout son sens que dans la mesure où elle pourrait exploiter les données recueillies par tous les dispositifs de surveillance, afin de fournir la vision la plus complète et la plus précise possible de la situation sanitaire. L'unité centrale assurerait la préparation des bilans de la surveillance et leur diffusion aux acteurs internes du système et aux partenaires externes, aussi bien de manière régulière que ponctuellement au besoin, en cas de crise par exemple. Cette unité pourrait aussi prendre en charge les actions de communication/sensibilisation proposées lors de l'atelier participatif, dont celles à destination des détenteurs et autres acteurs de terrain sur les enjeux sanitaires collectifs, la qualité des données sanitaires et la fourniture d'informations de localisation et de propriété actualisées au service Sire.

La manière d'articuler cette unité centrale avec le réseau sanitaire de détenteurs qui verra probablement le jour dans le cadre de l'ordonnance n° 2015-1242 du 7 octobre 2015 sera toutefois à définir. Il pourrait s'agir de la même structure, mais si l'ordonnance prévoit bien que les réseaux sanitaires représenteront les détenteurs et seront reconnus par l'autorité administrative (la DGAL pour le domaine animal), la participation des acteurs publics n'est pas explicitée. Or, dans le cadre de la surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE, il semble indispensable que les principaux organismes publics gérant ou animant des activités de surveillance (DGAL, IFCE, Anses, LNR) participent à l'unité centrale transversale. Une autre possibilité serait que les réseaux sanitaires jouent le rôle de comité de pilotage (Grandcollot-Chabot, 2016). Dans ce cas également la participation des acteurs publics serait à formaliser.

La mise en place d'un comité scientifique et technique (CST) transversal a également été préconisée. Sa création et son fonctionnement présentent moins d'enjeux politiques et stratégiques que les deux instances précédentes. Cet élément explique possiblement la non-évocation d'un CST transversal lors de l'atelier participatif, alors qu'il s'agissait d'une recommandation forte lors de l'évaluation comparative Oasis. D'autres raisons peuvent être évoquées pour cette différence, tels qu'un souci moins prégnant pour l'appui technique chez les professionnels de la filière (largement représentés lors de l'atelier) que chez les animateurs de dispositifs, ou le fait que le CST peut être vu comme une instance à instaurer après un comité de pilotage et une unité centrale. Enfin, étant donné que des CST sont déjà en place pour le Respe et Resumeq, le défaut d'un CST commun peut apparaître moins fortement que l'absence des deux autres instances transversales. Dans tous les cas, la réunion des scientifiques déjà présents dans ces deux CST existants, et d'autres experts si nécessaire, serait de nature à renforcer l'adéquation entre les objectifs et les outils de surveillance. Un CST unique permettrait une harmonisation des définitions de cas, des protocoles de surveillance et de déclaration, des données collectées voire des méthodes d'analyse de données.

La transversalité des trois instances centrales peut naturellement s'envisager de prime abord entre les dispositifs surveillant une même maladie, c'est-à-dire pour un même système de surveillance. Toutefois, considérant que les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE reposent en grande partie sur les mêmes acteurs, les mêmes activités et les mêmes flux d'information, la mise en place d'une organisation institutionnelle centrale commune aux trois systèmes pourrait aussi être imaginée. Tout en conservant des mesures de surveillance en partie différentes pour les trois maladies du fait de leurs spécificités épidémiologiques, une telle interconnexion réduirait probablement les coûts de fonctionnement et améliorerait la cohérence et l'efficacité de la surveillance. Elle renforcerait la cohésion entre les acteurs ainsi que la stabilité et la flexibilité du système de surveillance, c'est-à-dire sa capacité à adapter les mesures de surveillance aux changements de la situation sanitaire ou des exigences des pays partenaires commerciaux.

Cette démarche d'interconnexion pourrait aller jusqu'à une coordination de toutes les activités de surveillance existantes vis-à-vis des maladies infectieuses en filière équine, comme cela est proposé par certains auteurs de manière générale pour les filières de production (Bronner, 2015; Calavas *et al.*, 2015). La surveillance des maladies à l'échelle de la filière semble d'ailleurs encouragée par l'ordonnance n° 2015-1242 et la future mise en place des réseaux sanitaires de détenteurs. En plus des trois maladies étudiées ici, d'autres dangers sanitaires sont en effet surveillés chez les équidés en France, tels que la fièvre de West Nile (FWN). Cette maladie fait l'objet d'une surveillance événementielle réglementaire (SER), d'une surveillance par le Respe (sous-réseau « Syndrome

neurologique ») et par Resumeq, d'un dépistage de certains équidés exportés, mais aussi d'une surveillance événementielle chez l'Homme et chez les oiseaux sauvages (Bournez et Lecollinet, 2015; Faverjon *et al.*, 2016). Des maladies infectieuses exotiques pour la France métropolitaine entrent également dans le cadre de la SER, telles que la morve (danger sanitaire de deuxième catégorie), la peste équine, la stomatite vésiculeuse et les encéphalites virales de l'Est, de l'Ouest, vénézuélienne et japonaise (dangers de première catégorie). Le Respe surveille par ailleurs ces encéphalites virales ainsi que plusieurs dangers sanitaires présents en France mais non réglementés, c'est-à-dire de troisième catégorie, tels que la grippe, la gourme, les herpès virozes de types 1 et 4, la rotavirose et la piroplasmose (Daix, 2015; RESPE, 2016b). Dans le cadre des exports, certains pays demandent en outre des tests vis-à-vis de plusieurs maladies, dont la piroplasmose, l'herpès virose de type 1, la grippe, la salmonellose, la FWN (Anonyme, 2016b; MAAF, 2016a, b), y compris pour des maladies exotiques telles que la morve, la dourine et le surra (DLD, 2016). Enfin, le dispositif Resumeq surveille les infestations parasitaires (dus aux cyathostomes et aux parascaris en particulier), la rhodococcose, la grippe, les herpès virozes (formes respiratoires, neurologiques et abortives), la gourme, la salmonellose et d'autres maladies infectieuses ou parasitaires potentiellement mortelles.

#### **4.1.2 Adéquation des modalités de surveillance aux objectifs**

L'éventuelle évolution des modalités de surveillance mises en œuvre dépend des objectifs établis. Or, nos travaux ont souligné que ceux-ci ne sont pas suffisamment formalisés à l'heure actuelle. Même si de possibles modifications des modalités de surveillance ont été proposées, il sera de la responsabilité de la nouvelle instance de pilotage transversale de d'abord définir précisément les objectifs de surveillance. Si nécessaire, elle devra ensuite décider de possibles adaptations voire de la mise en place de nouvelles activités de surveillance pour répondre à ces objectifs et pour atteindre le niveau désiré de couverture de la population et/ou définir les groupes à risque qui pourraient être particulièrement suivis. La mutualisation des moyens faciliterait ces créations. Inversement, si certaines modalités étaient jugées peu utiles (comme ce fut le cas avec l'AVE pour le sous-réseau Syndrome respiratoire aigu du Respe) ou trop coûteuses au regard de leurs résultats, il pourrait être décidé de les arrêter. En outre, il peut être envisagé qu'en parallèle du système de surveillance commun, un des acteurs mette en place ou maintienne une surveillance spécifique pour certains dangers sanitaires (ou certaines populations d'équidés) n'apparaissant pas prioritaires aux yeux des autres acteurs du système de surveillance. Les réseaux tels que le Respe ou Resumeq pourraient ainsi poursuivre la surveillance d'autres agents pathogènes, y compris de troisième catégorie, selon leurs propres procédures et financements.

## 4.2 Propositions d'interconnexions scientifiques et techniques

De nombreuses pistes d'interconnexion ont été formulées au sujet des outils de surveillance et des activités scientifiques et techniques. La plupart de ces propositions ont été exprimées après avoir identifié des éléments performants pour un dispositif (ou système) donné, mais non présents ou moins développés pour les autres dispositifs. Il s'agirait donc dans un grand nombre de cas non pas de création mais de mutualisation de l'existant, si besoin en l'adaptant, ce qui est souvent plus facile, plus rapide et moins coûteux.

### 4.2.1 Collecte des données

Nos travaux ont rappelé que la transmission de certaines informations, en complément des prélèvements biologiques, est indispensable pour permettre un bon traitement des données. Quel que soit le dispositif, il doit s'agir *a minima* des informations d'identification de l'équidé (numéro Sire ou de transpondeur, race, âge, sexe), du détenteur et du vétérinaire (noms, coordonnées) et de renseignements sur les prélèvements et les analyses demandées. Un formulaire permettant le recueil de ces données a été conçu par l'IFCE pour la surveillance des reproducteurs (IFCE, 2016c). Pour les dispositifs assurant une surveillance événementielle, des informations sanitaires sur l'équidé (nature et date d'apparition des signes cliniques, vaccinations, traitements reçus) et sur les autres animaux du cheptel (nombres d'individus présents, nombre de malades/morts, symptômes, introductions et sorties récentes, changements alimentaires ou des conditions d'élevage, etc.) sont également importantes, mais essentiellement pour aider au diagnostic. Les formulaires de déclaration en ligne du Respe et de Resumeq sollicitent ces renseignements. Afin de faciliter la valorisation des données collectées par tous les dispositifs, il serait nécessaire de définir un niveau minimal de données communes à collecter et d'obtenir un bon niveau de standardisation de celles-ci. L'utilisation des formulaires existants par les dispositifs qui en sont dépourvus (ventes, SER, export) permettrait d'atteindre cet objectif. Il a été souligné durant les travaux que les vétérinaires devraient être sensibilisés à renseigner ces formulaires dans ces autres contextes, où ils n'en ont pas l'habitude, et que la localisation de l'équidé devrait systématiquement être enregistrée.

Des définitions de cas suspects et confirmés ont aussi été établies pour certaines maladies et par certains dispositifs, mais pas par tous. La convergence des définitions existantes et la sensibilisation des vétérinaires à ces définitions permettraient d'harmoniser la surveillance et les données sanitaires collectées.

## 4.2.2 Gestion des données

Après le pilotage et l'animation, la centralisation des données est certainement un des éléments les plus importants, si ce n'est le plus important, à formaliser et à mettre en place rapidement lors de l'interconnexion de dispositifs de surveillance. En effet, elle constitue un préalable à l'analyse conjointe des diverses données sanitaires et donc à la réelle valorisation des efforts de tous les acteurs de la surveillance. La centralisation des données a par conséquent été un point longuement discuté, notamment au cours des évaluations Oasis et de l'atelier participatif.

Il est ressorti de nos travaux, d'une part, un besoin impérieux de disposer facilement des données collectées par tous les dispositifs de surveillance pour une même maladie et, d'autre part, qu'il n'était pas nécessaire de fusionner les bases de données existantes en une seule. Une telle fusion serait complexe étant donné que les bases sanitaires des différents acteurs (IFCE, Respe, Resumeq, DGAL, LNR) ont été créées pour répondre à des besoins différents, qu'elles reposent sur des systèmes informatiques distincts, qu'elles possèdent des architectures et regroupent des données différentes (par exemple, beaucoup d'informations non sanitaires sont contenues dans la base Sire). Par ailleurs, les sociétés mères (dont France Galop, le Trot, FFE) disposent également de bases enregistrant des données pouvant être utiles à des fins d'analyse épidémiologique, en particulier sur la localisation des équidés et des détenteurs. Des solutions autres que la fusion en une base unique ont ainsi été discutées, mais cette question ne pourra certainement trouver une réponse que dans le cadre d'une future instance de pilotage transversale. Nous pouvons toutefois citer la proposition d'une mise à disposition régulière, voire en continu, de données sanitaires prédéfinies par les différents acteurs au sein d'un puits de données commun. Ce puits serait géré par l'unité centrale transversale, potentiellement en lien avec la Plateforme ESA dans le cas d'une participation des acteurs sanitaires de la filière à celle-ci et d'une intégration de thématiques équine à son programme de travail. Une option non évoquée au cours des travaux mais qui aurait l'intérêt de s'appuyer sur une base déjà existante serait de transférer tous les résultats d'analyses à la base Sire. Celle-ci possède en effet l'avantage d'enregistrer la quasi-totalité des équidés présents sur le territoire (hors animaux non déclarés). S'agissant d'une base de données relationnelle, elle permettrait d'obtenir facilement les informations sanitaires et non sanitaires (identification, race, sexe, âge, propriété, localisation et vaccinations lorsqu'elles sont saisies) pour un même équidé. Les possibilités de réaliser des extractions rapides et faciles d'utilisation à des fins d'analyse épidémiologique seraient toutefois à investiguer.

L'accès aux données, notamment de localisation, enregistrées par les acteurs non gestionnaires de dispositifs de surveillance, tels que les sociétés mères, pourrait être programmé de façon régulière,

par exemple en vue de la préparation des bilans sanitaires. Il pourrait aussi s'envisager ponctuellement, au besoin, notamment lors de la mise en œuvre d'investigations épidémiologiques en cas de foyer. La nécessité d'obtenir un bon niveau de précision sur les données de localisation (à l'échelle de l'élevage) a aussi été souligné au cours des travaux.

Pour les dispositifs peu structurés (surveillance des ventes et des exports) et les suspicions cliniques non confirmées, les données sont très généralement enregistrées uniquement par les LDA. Elles représentent une part importante des données de surveillance générées pour les trois maladies étudiées, en particulier pour l'AIE avec les ventes. Il a été recommandé que l'accès aux données des LDA soit facilité et il pourrait être envisagé que ceux-ci transmettent systématiquement les données relatives à une liste de maladies prédéfinies dans le puits de données commun. Ces transferts seraient facilités par le nombre croissant de LDA qualifiés pour les échanges de données informatisées et pourraient même devenir une condition de leur agrément par la DGAL (Grandcollot-Chabot, 2016).

Les problèmes de confidentialité et de propriété des données ont été abordés au cours de l'atelier participatif et des évaluations Oasis. Il s'agit de sujets sensibles que les gestionnaires de dispositifs et les détenteurs de données devront traiter ensemble dès lors que les instances de pilotage et d'animation auront été constituées.

#### **4.2.3 Analyse épidémiologique, valorisation et diffusion des données**

L'analyse épidémiologique optimale des données requiert non seulement d'accéder facilement à l'ensemble de celles-ci (voir paragraphe précédent) mais aussi de disposer de moyens humains et techniques adéquats. Le besoin de mutualiser les outils et compétences déjà existants a été souligné au cours de chacun des travaux conduits dans le cadre de cette thèse.

Ainsi, l'étude de l'incidence de l'AVE chez les reproducteurs et de la sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs (DSR) a permis d'identifier et de répondre à un besoin pour mieux analyser les données collectées, en définissant des règles *ad hoc* pour repérer les séroconversions. Ce travail a illustré l'intérêt de mutualiser les compétences issues de plusieurs organismes et la nécessité de contacts étroits entre les personnes chargées de l'analyse des données et celles impliquées dans leur collecte.

Nous avons mis en évidence, pour l'AVE, des difficultés à statuer sur la possible séroconversion de certains équidés et sur la date de celle-ci en l'absence de l'historique des autres tests subis par l'animal. Certains reproducteurs faisant l'objet de ventes aux enchères et éventuellement de

suspicion clinique, il est probable qu'une partie d'entre eux subisse d'autres tests AVE que ceux réalisés pour la monte et saisis dans la base Sire. L'accès à ces autres données faciliterait l'identification des séroconversions et/ou la détermination de leur date approximative d'occurrence. Inversement, l'accès à l'historique des données Sire lors de la réalisation d'un test pour un autre motif peut faciliter et accélérer la confirmation ou l'infirmité d'une séroconversion par les autres dispositifs (vente, export, surveillance événementielle). Par ailleurs, les règles proposées pour l'identification des séroconversions pourraient être utilisées, directement ou après adaptation le cas échéant, pour interpréter l'ensemble des résultats sérologiques générés.

L'analyse conjointe de toutes les données collectées pourrait aussi faciliter l'estimation de la situation sanitaire réelle, c'est-à-dire tenant compte des cas/foyers non détectés. Par exemple, savoir qu'un certain nombre de cas ont été détectés par plusieurs dispositifs différents permettrait de recourir aux méthodes de capture-recapture multilistes afin d'estimer le nombre de cas détectés par aucun dispositif et donc le nombre total de cas pour une maladie donnée. Cette estimation pourrait être réalisée à intervalles réguliers (annuellement). La connaissance du nombre total d'équidés testés par unité épidémiologique (voire de certaines de leurs caractéristiques comme la race, le sexe, l'âge, le statut vaccinal ou l'origine géographique) peut également contribuer à l'évaluation de la situation sanitaire, comme cela a été illustré dans les travaux sur l'AVE chez les reproducteurs.

Lors des évaluations Oasis et de l'atelier participatif, il a été souligné que des compétences étaient déjà présentes dans la plupart des dispositifs pour assurer une analyse épidémiologique des données (au sein de la DGAL, des LNR, du Respe, de l'IFCE et de Resumeq) et que leur mise en commun permettrait de valoriser au mieux les résultats de la surveillance. La coopération entre ces acteurs pourrait par exemple s'effectuer dans le cadre de la Plateforme ESA, qui est un espace de collaboration. Cette Plateforme n'est en effet pas un acteur en soi, mais une structure dont les forces vives sont apportées par les organismes qui en sont membres. En son sein, des travaux de valorisation des données sanitaires ont été mis en place de manière pérenne pour plusieurs thématiques dans diverses filières animales (ruminants, porcs, volailles, abeilles, mollusques, faune sauvage). Un cadre de collaboration entre acteurs sanitaires d'une même filière a donc déjà été expérimenté et pourrait profiter à la filière équine. Par ailleurs, plusieurs outils ont également été développés dans le cadre de la Plateforme ESA pour contribuer à l'analyse des données, tels qu'une méthode d'évaluation de la qualité des données de surveillance et un pool générique d'indicateurs sanitaires (Dominguez, 2014; Palussière *et al.*, 2014). Ces outils pourraient utilement être employés à l'avenir pour l'analyse des données en surveillance équine.

Pour la diffusion des résultats de la surveillance, les travaux réalisés ont également permis d'identifier un certain nombre de supports déjà existants et des canaux de diffusion opérationnels.

Profitant des réseaux et relais de chaque dispositif, l'unité centrale transversale pourrait communiquer largement des bilans de surveillance réguliers, ainsi que des alertes ou renseignements ponctuels le cas échéant. Ces diverses informations ont vocation à être transmises, avec des niveaux de détail certainement différents, à tous les acteurs du système de surveillance (détenteurs, étalonniers, vétérinaires, DDecPP, SRAL, laboratoires, instances centrales, sociétés de ventes aux enchères, *etc.*) ainsi qu'aux organisations sanitaires et vétérinaires, aux autres professionnels de la filière (utilisateurs, sociétés mères, associations de races, *etc.*) et aux partenaires sanitaires et commerciaux étrangers (dont services vétérinaires et agences sanitaires). En communiquant simultanément leurs résultats et en parlant d'une voix commune, les dispositifs de surveillance ont l'opportunité d'enrichir leurs messages, de les clarifier et de renforcer leur légitimité. S'inspirer du rythme régulier de communication du Respe, ou de la DGAL et du LNR pour l'AIE, permettrait également de pérenniser voire de renforcer l'implication et la vigilance des acteurs de terrain.

#### **4.2.4 Evaluation interne**

La mise en place d'un suivi d'indicateurs de fonctionnement pour évaluer en interne et en continu le bon déroulement des activités de surveillance a été préconisée. Même si des indicateurs spécifiques à chaque dispositif peuvent être jugés nécessaires, notamment pour la collecte des données, d'autres devraient être définis collégialement pour l'ensemble du système de surveillance. Il s'agirait en particulier des indicateurs relatifs au fonctionnement des instances centrales, aux examens de laboratoires, à l'analyse des données et à la communication. Etant donné que la définition des indicateurs de fonctionnement peut nécessiter plusieurs mois de travail, ceux proposés dans des listes génériques déjà publiées pourraient être utilisés dans un premier temps, par exemple ceux établis dans le cadre de la Plateforme ESA (Dominguez *et al.*, 2013).

### **4.3 Thèmes peu ou pas abordés lors des travaux**

Les propositions d'interconnexion discutées précédemment couvrent de nombreux aspects de la surveillance, de la définition des objectifs à la diffusion des bilans, en passant par l'animation, les modalités et les outils de surveillance. En revanche, certains thèmes ont été relativement peu abordés lors des travaux menés. C'est en particulier le cas des coûts de la surveillance. Les coûts de fonctionnement et le rapport coût-efficacité des activités de surveillance n'ont pas fait l'objet d'une évaluation spécifique (voir *infra* la discussion sur les limites de notre démarche). Ces points ont été peu étudiés lors de l'atelier participatif, de même que le mode de financement actuel ou futur de la surveillance. Il s'agit pourtant d'éléments évidemment cruciaux de tout système de surveillance. Des questionnements ont toutefois émergé lors des évaluations Oasis sur le financement de certaines

activités de surveillance si celles-ci venaient à être renforcées, en particulier la gestion et l'analyse des données, l'animation et la communication. Il a aussi été souligné que si un grand nombre de cas venait à se produire, nécessitant de multiplier les investigations, leur financement pourrait également poser problème. Si un réseau sanitaire de détenteurs est mis en place en filière équine, le mode de financement de la surveillance sera nécessairement rediscuté étant donné que les adhérents au réseau devront verser, directement ou indirectement, une cotisation pour couvrir les frais de ses programmes d'actions (Grandcollot-Chabot, 2016).

Le thème des formations a lui aussi été peu traité pendant nos travaux. Les divers acteurs des dispositifs semblent globalement bien maîtriser les tâches de surveillance qu'ils ont à effectuer et les besoins de formation ont été jugés relativement limités lors des évaluations Oasis. Au cours de celles-ci et de l'atelier participatif, il a plutôt été question d'actions de sensibilisation, en particulier des acteurs de terrain sur les enjeux sanitaires et les besoins de communication des données sanitaires et démographiques. Compte tenu de leurs domaines d'expertise et de leurs liens relativement différents avec les acteurs de terrain, les gestionnaires des dispositifs et les spécialistes des maladies et de leur diagnostic pourraient utilement collaborer pour concevoir certaines actions de sensibilisation.

Des liens entre laboratoires existent mais l'opportunité de les renforcer a été peu discutée au cours des travaux. Les LDA agréés par l'Etat pour le dépistage forment un réseau, coordonné par un LNR pour chaque maladie. Ce sont les mêmes laboratoires qui réalisent les analyses pour tous les dispositifs et leur fonctionnement est apparu satisfaisant aux yeux des participants aux évaluations Oasis et à l'atelier participatif.

# Troisième chapitre : Discussion générale

Dans ce dernier chapitre, nous discutons tout d'abord des avantages et des inconvénients du choix des systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE en France comme support d'application. Dans les deux parties suivantes sont abordés les intérêts puis les limites des trois travaux menés. La quatrième partie constitue une analyse plus synthétique de notre démarche prise dans sa globalité, traitant en particulier de la complémentarité des travaux effectués et de la progression dans les réponses apportées à notre question de recherche mais aussi de ses limites générales. Enfin, la cinquième partie porte sur les perspectives méthodologiques et d'application envisageables.

## 1. Avantages et inconvénients du choix des systèmes de surveillance étudiés

Pour tenter de répondre à la question de l'apport possible de l'interconnexion aux systèmes de surveillance et des modalités de sa mise en œuvre, nous avons retenu comme support d'application les systèmes de surveillance de trois maladies équine. A l'issue de nos travaux, nous pouvons dresser la liste des avantages et des inconvénients d'un tel choix.

Les systèmes de surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE ont la caractéristique, indispensable pour notre travail, de posséder plusieurs dispositifs actuellement peu reliés. Par ailleurs, les échanges croissants rapportés entre les acteurs de la filière équine sur des questions sanitaires (*via* le comité Sire par exemple) laissent entrevoir avant le début de la thèse que cette filière était globalement disposée à envisager une mutualisation des activités de surveillance existantes.

Les trois systèmes de surveillance étudiés présentent aussi l'intérêt de comprendre des modalités de surveillance à la fois événementielle et programmée. Les caractéristiques épidémiologiques des maladies choisies, notamment leurs divers modes de transmission (aérienne, vénérienne, vectorielle mécanique, directe/indirecte, *etc.*), ainsi que la grande diversité des types de surveillance (ciblée/globale, obligatoire/facultative, dépistage avant-vente, -export, -monte, suspicions cliniques/nécropsiques) nous ont également permis d'explorer des besoins et des moyens d'interconnexion pour de nombreuses facettes des systèmes de surveillance. De la même manière, le choix de dangers sanitaires de différentes catégories réglementaires, pour lesquels divers acteurs publics et privés sont impliqués dans la surveillance, a permis d'enrichir les travaux.

Plusieurs systèmes de surveillance ont été retenus et non un seul, permettant d'envisager l'interconnexion à la fois entre dispositifs au sein d'un même système, mais aussi entre systèmes. Le fait que la surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE repose en grande partie sur les mêmes dispositifs a permis d'étudier des opportunités d'interconnexion relativement concrètes, réalistes et envisageables à court ou moyen terme.

D'un point de vue pratique, les informations relatives aux dispositifs et systèmes de surveillance étaient facilement disponibles, car ceux-ci sont tous situés en France et actuellement actifs. Les différents acteurs, notamment les gestionnaires de dispositifs, étaient également accessibles. Compte tenu de l'importance historique des trois maladies et de leurs impacts économiques et sanitaires potentiels, mais aussi des évolutions à venir de la surveillance (notamment par la mise en place des réseaux sanitaires de détenteurs), les acteurs de la filière sollicités présentaient un réel intérêt pour des études portant sur la surveillance de ces trois dangers. En particulier, la volonté des responsables de plusieurs dispositifs (IFCE, Respe, DGAL) de collaborer à nos travaux, ressentie avant leur démarrage, s'est vivement confirmée par la suite. Cette volonté fut un élément facilitateur majeur et s'est traduite par l'implication active de ces organismes dans les évaluations Oasis et l'atelier participatif. La participation de l'IFCE a par ailleurs été capitale pour la réalisation de l'évaluation quantitative de la sensibilité du dispositif de surveillance des reproducteurs.

En revanche, aucune maladie exotique n'a été retenue. Ce choix s'explique par le fait que leur surveillance repose habituellement sur un nombre limité de dispositifs (surveillance des importations et surveillance événementielle réglementaire essentiellement), réduisant les perspectives d'interconnexion. Toutefois la mise en place, en cours ou à venir, de dispositifs de surveillance syndromique, voire de dispositif de surveillance clinique non ciblée visant à identifier les émergences, introductions et résurgences (Bronner, 2015; Calavas *et al.*, 2015), permettra d'envisager prochainement de telles études pour les maladies exotiques.

Nous n'avons pas étudié non plus de danger sanitaire de troisième catégorie, c'est-à-dire non réglementé. Par définition, ils ne font l'objet d'aucune surveillance de la part de l'Etat qui considère que les mesures de prévention, de surveillance et de lutte vis-à-vis de ces dangers relèvent de l'initiative privée. Pour la plupart, ils ne sont d'ailleurs surveillés par aucun dispositif, hormis par le Respe ou dans le cadre d'exports vers un petit nombre de pays tiers pour certains d'entre eux (et par Resumeq mais qui a été créé après le démarrage de la thèse, fin 2015).

Par ailleurs, du fait des systèmes retenus, nos travaux n'ont pas couvert certains types de surveillance, tels que le suivi d'élevages sentinelles, la surveillance en abattoir ou associée à des programmes de prophylaxie. Il était toutefois difficile de traiter l'ensemble des modalités de

surveillance existantes. En outre, les enseignements que l'on peut tirer des travaux conduits ici peuvent probablement être transposés à des systèmes comportant d'autres types de surveillance. Le cas particulier de la surveillance portant sur plusieurs espèces aurait pu être abordé en incluant dans l'étude une quatrième maladie infectieuse, la FWN. Il s'agit en effet d'une maladie affectant principalement les oiseaux (réservoirs) mais pouvant aussi toucher les équidés et l'Homme. Cette zoonose virale à transmission vectorielle (causée par des moustiques, essentiellement du genre *Culex*) présente un intérêt sanitaire important en France car elle est régulièrement détectée dans le sud-est du pays depuis 2000. Une réémergence a été observée en 2015, avec notamment un cas humain et 39 foyers équins détectés dans l'Hérault, le Gard et les Bouches-du-Rhône (Bournez *et al.*, 2015; Mercier *et al.*, 2016). Une surveillance est mise en place non seulement chez les équidés (SER, Respe, exports, Resumeq), mais aussi dans l'avifaune sauvage, chez l'Homme et chez les vecteurs (Bournez et Lecollinet, 2015; Faverjon *et al.*, 2016; Lecollinet *et al.*, 2012). Le niveau de complexité de la surveillance de la FWN est ainsi apparu très élevé, avec des acteurs à la fois de la santé animale et de la santé publique. Les enjeux d'interconnexion sont en partie relativement différents de ceux de l'AIE, de l'AVE et de la MCE, maladies pour lesquelles seuls les équidés sont réceptifs et surveillés. Pour ces raisons, le système de surveillance de la FWN n'a pas été inclus dans ce travail.

## **2. Intérêts des travaux menés pour répondre à notre question de recherche**

Notre question initiale de recherche était « *Comment l'interconnexion des dispositifs de surveillance existants pourrait améliorer la surveillance des maladies infectieuses et comment la mettre en place ?* ». Dans cette partie, nous tentons de discerner en quoi chacun des trois travaux réalisés :

- a permis d'identifier des solutions d'interconnexion et ce qu'elles pourraient apporter à l'amélioration de la surveillance,
- peut être considéré comme une étape utile à la mise en place d'une interconnexion entre dispositifs / systèmes de surveillance.

## **2.1 Intérêts de l'évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance par méthode de capture-recapture**

### **2.1.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

L'estimation de la sensibilité de la surveillance de l'AVE chez les reproducteurs a nécessité la définition de règles d'identification des séroconversions. Ce travail préalable a réuni des acteurs issus de plusieurs dispositifs de surveillance et a montré l'intérêt de partager leurs connaissances et compétences. Ce groupe n'a collaboré que pour une mission particulière et sur une durée relativement courte. Néanmoins et bien qu'il fut de taille réduite, ce groupe a permis d'entrevoir à quoi pourrait ressembler un futur CST commun aux différents dispositifs. Il a illustré la plus-value scientifique qu'un tel comité pourrait apporter à la surveillance, notamment pour l'interprétation des résultats et pour améliorer la qualité des données produites *in fine*. Par ailleurs, les règles que ce groupe a proposées sont à présent connues de plusieurs dispositifs de surveillance qui pourraient envisager de s'en servir pour la valorisation régulière des données qu'ils collectent. Plus encore, l'utilisation de ces règles sur l'ensemble des données de surveillance réunies permettrait une identification plus aisée et plus rapide des séroconversions. Il ressort donc de ce travail un « outil » susceptible de bénéficier ultérieurement à l'ensemble de la surveillance de l'AVE.

L'évaluation par capture-recapture a permis d'objectiver la bonne sensibilité et ainsi, d'une certaine manière, la qualité de la surveillance chez les reproducteurs. Elle a donc fourni un élément de réflexion au sujet d'une possible extension des dépistages à d'autres races de reproducteurs. Par ailleurs, ce travail a révélé la présence d'un nombre significatif de cas d'AVE chez les poulinières, pouvant constituer un autre argument -sanitaire celui-ci- pour les stud-books éventuellement désireux d'imposer un dépistage aux équidés produisant des poulains dans leur race.

### **2.1.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

Dans la perspective d'une mise en place d'une interconnexion des dispositifs de surveillance de l'AVE, le travail mené a permis de réunir différents acteurs clés, membres du DSR, du Respe, de la SER et de Resumeq. Une dynamique de collaboration a ainsi été enclenchée pour améliorer une activité de surveillance (l'interprétation des données), bien que portant sur un seul dispositif à ce stade. Cette collaboration avait pour objet un projet bien délimité et nécessitant un temps de travail relativement modeste, ayant ainsi pour avantage de faciliter l'investissement des personnes sollicitées. La réussite de ce projet (consensus obtenu pour les règles retenues, incidence et sensibilité de la surveillance effectivement évaluées, article scientifique publié) est de nature à encourager de futurs travaux en commun.

Ce travail a par ailleurs permis à des acteurs de la surveillance non-membres de l'IFCE de mieux connaître les données collectées par un autre dispositif que le leur (le DSR). Or, la bonne connaissance des actions de surveillance menées par les autres partenaires potentiels facilite la création de liens fonctionnels entre dispositifs. La nature et la qualité des données collectées dans la base Sire ont été étudiées et les membres du groupe de travail peuvent à présent mieux envisager une possible mise en commun avec les données des autres dispositifs de surveillance.

D'un point de vue technique, le nettoyage des données et l'estimation de l'incidence et de la sensibilité de la surveillance ont donné l'opportunité à plusieurs acteurs de se former à des outils et méthodes de manipulation et d'analyse des données, utiles pour leur valorisation future. Ce travail a aussi permis aux acteurs de réfléchir aux données dont il faudrait disposer à l'avenir pour une meilleure évaluation de la situation sanitaire (localisation plus précise des animaux, historique si possible complet des résultats d'exams de laboratoires, sensibilité et spécificité du VNT, voire nombre et type d'équidés détenus par commune/élevage).

## **2.2 Intérêts des évaluations semi-quantitatives Oasis**

### **2.2.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

Un avantage des évaluations Oasis est d'avoir permis la confrontation de points de vue multiples sur chaque activité de la surveillance. Une complémentarité des avis a été observée, d'une part, entre responsables des divers dispositifs et, d'autre part, entre ces responsables et les évaluateurs externes. Cette complémentarité a permis de mieux identifier les possibilités de mutualisation et leurs bénéfices potentiels.

Par ailleurs la méthode Oasis, grâce à son questionnaire structuré et sa grille de notation détaillée, donne une vision du système de surveillance « idéal » et aide à identifier ce qu'il faut améliorer et/ou mutualiser pour y parvenir. La méthode a également permis une certaine prise de distance puisque le diagnostic et les perspectives d'amélioration n'ont pas porté sur les dispositifs individuellement mais bien sur les systèmes de surveillance dans leur ensemble. Quand un point faible apparaissait comme étant commun à tous les dispositifs, un besoin d'amélioration collectif était directement identifié, tandis que lorsqu'un point faible propre à un dispositif était souligné, une opportunité de mutualisation était facilement mise en évidence. Enfin, la méthode Oasis permet d'étudier l'ensemble des activités de la surveillance et conduit donc à envisager de nombreux domaines dans lesquels des interconnexions sont possibles, y compris ceux auxquels les évaluateurs n'auraient pas forcément songé initialement.

## **2.2.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

Les évaluations Oasis ont rassemblé tous les responsables de dispositifs/réseaux de surveillance (à l'exception des sociétés organisatrices de ventes aux enchères). En fournissant un cadre relativement formel, ces évaluations ont matérialisé la mise en route d'une possible démarche d'interconnexion. Il faut toutefois noter que l'objectif des évaluations n'était pas d'obtenir un engagement des responsables à ce sujet. En plus d'offrir aux représentants des instances centrales de chaque dispositif un lieu d'échanges sur des enjeux communs, elles leur ont apporté un panorama exhaustif de la surveillance des trois maladies et elles ont abouti à un diagnostic assez complet des systèmes de surveillance.

D'un point de vue pratique, la méthode utilisée a été jugée facile à comprendre et à utiliser par les responsables des dispositifs. Les participants ont également souligné que les évaluations leur ont demandé peu d'investissement en temps (essentiellement la journée de notation organisée pour chaque système). Ce point est à relier à l'emploi de la variante Oasis flash qui permet une collecte des données peu chronophage pour les responsables. Cette collecte, réalisée par une seule personne (le doctorant), a été fondée notamment sur des échanges téléphoniques et des rencontres avec les responsables des dispositifs. Ces échanges, quoique relativement brefs (soixante à quatre-vingt-dix minutes en général), ont habituellement été répétés deux ou trois fois et ils ont permis des prises de contact en amont de la journée de notation et l'implication croissante des responsables.

## **2.3 Intérêts de l'atelier participatif**

### **2.3.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

A la suite des évaluations Oasis, l'atelier participatif a permis de recueillir les avis d'acteurs non encore sollicités au sujet des besoins d'interconnexion et des améliorations attendues. Il s'agissait de membres des dispositifs autres que leurs responsables (vétérinaires, détenteurs, LDA), de divers professionnels de la filière équine ainsi que de scientifiques spécialistes de la santé équine et d'épidémiologistes. La diversité et la complémentarité des points de vue a permis de soulever des pistes non évoquées lors des évaluations Oasis et de préciser leurs apports à la surveillance. Par ailleurs, pour les personnes ayant participé aux évaluations Oasis (responsables des dispositifs), l'atelier a permis d'approfondir leur contribution car celui-ci se déroulait à distance des évaluations et il était plus fortement orienté sur l'interconnexion.

Le cadre proposé, informel, plutôt convivial et sans but de prise de décision, semble de nature à favoriser la progression des échanges et des réflexions. Le travail en groupe abordait tous les thèmes

de la surveillance, avec un focus sur un thème particulier et différent pour chaque groupe. Il semble que ce choix ait permis de creuser de manière satisfaisante les pistes pour un thème précis, tout en conduisant chacun à garder à l'esprit les autres thèmes en vue de réagir aux propositions des autres groupes lors des échanges pléniers de l'après-midi. Ce mode de fonctionnement a vraisemblablement favorisé les discussions sur l'intérêt des recommandations d'interconnexion, d'autant que l'impact positif attendu de chaque piste sur la surveillance globale devait être discuté et évalué au travers de la grille de notation.

### **2.3.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

L'implication d'un large éventail d'acteurs lors de l'atelier participatif a permis non seulement d'identifier comment l'interconnexion pourrait améliorer la surveillance, mais aussi d'entraîner les représentants de nombreux organismes de la filière dans une démarche d'interconnexion. Pour qu'une telle démarche aboutisse, il est préférable que les représentants des organisations professionnelles, vétérinaires et sanitaires en soient non seulement informés, mais aussi et surtout qu'ils soient sollicités dans les étapes de consultation et d'élaboration des propositions. A ce titre, le format proposé pour notre atelier participatif apparaît comme une solution efficace et relativement facile et rapide à mettre en œuvre.

L'atelier participatif a généré une « co-construction » des recommandations d'interconnexion, se fondant sur les analyses et perceptions des organisateurs et sur celles des participants. D'une part en effet, les organisateurs avaient déjà identifié certaines pistes (à la suite des évaluations Oasis en particulier) qui ont permis de constituer la trame de la journée et qui ont été présentées progressivement aux acteurs, mais sans les annoncer d'emblée pour ne pas entraver leur propre réflexion. D'autre part, les propositions des participants sont venues approfondir ces pistes préalablement relevées et les compléter.

Par ailleurs, l'atelier a apporté un caractère concret aux recommandations en conduisant à l'évaluation de leur niveau de faisabilité et d'acceptabilité. Outre la notation de ces deux critères, des commentaires ont été formulés, qui pourront servir pour préparer une potentielle mise en pratique ultérieure. Ainsi, une série d'obstacles techniques ou politiques à lever ont été identifiés et un certain nombre d'actions de communication et de sensibilisation nécessaires ont été listées. Pour ces raisons, et compte tenu de la hiérarchisation des propositions selon leur niveau de priorité, ce type d'atelier participatif peut constituer une étape préliminaire pertinente avant la rédaction d'un programme ou d'une feuille de route pour l'interconnexion effective de plusieurs dispositifs de surveillance.

### **3. Limites des travaux effectués pour répondre à notre question de recherche**

En suivant un plan similaire à celui adopté dans la partie précédente, nous discutons ici des limites des trois études réalisées au regard de l'objectif, d'une part, d'identification des apports possibles de l'interconnexion à la surveillance et, d'autre part, de mise en œuvre d'une interconnexion entre dispositifs, réseaux et systèmes de surveillance.

#### **3.1 Limites de l'évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance par méthode de capture-recapture**

##### **3.1.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

La méthode utilisée ici pour évaluer quantitativement la sensibilité de la surveillance de l'AVE chez les reproducteurs et les autres méthodes quantitatives disponibles (arbres de scénarios et autres méthodes de capture-recapture) demandent une certaine familiarité avec les outils mathématiques et peuvent être délicates à appréhender. Elles nécessitent également de disposer d'un nombre relativement important de données relatives aux caractéristiques épidémiologiques de la maladie et de la population surveillée pour définir certains paramètres du modèle. Ces données doivent être accessibles dans la littérature scientifique ou « grise ». A défaut elles peuvent être appréciées à dire d'experts, s'accompagnant parfois d'un niveau élevé d'incertitude.

Pour les méthodes de capture-recapture, la fiabilité des résultats produits dépend également du nombre d'unités épidémiologiques infectées détectées connues. Sans qu'il n'existe de seuil précis, un nombre supérieur à cent est souhaitable et il est parfois difficile à atteindre. Lorsque le nombre de détections est trop faible, ce type d'évaluation ne peut pas être envisagé, comme ce fut le cas ici pour l'AIE et la MCE. Un nombre de détections bien supérieur à cent est par ailleurs nécessaire lorsque des covariables sont incluses dans le modèle (Vergne *et al.*, 2012) dans le but d'affiner l'estimation et d'étudier l'influence possible de certains facteurs sur la probabilité de détection, et donc pour mieux évaluer le fonctionnement de la surveillance. L'évaluation quantitative peut aussi donner une fausse impression d'exactitude ou de précision selon la qualité des données utilisées, qualité qu'il est parfois difficile de juger. Ainsi dans le travail réalisé ici, l'analyse s'est fondée sur le nombre de cas d'AVE identifiés grâce aux règles d'identification des séroconversions préalablement définies et, malgré les résultats favorables de l'analyse de sensibilité conduite, ces règles ne peuvent

pas être considérées comme parfaites. Par ailleurs, les méthodes de capture-recapture multilistes ne sont pas utilisables quand il n'y a pas ou pas suffisamment de détections multiples générées par plusieurs dispositifs. D'autres limites propres aux méthodes de capture-recapture ont été décrites, notamment en cas d'hétérogénéité des probabilités de détection des cas (Vergne, 2012; Vergne *et al.*, 2015), mais elles portent plus spécifiquement sur la capacité de ces méthodes à estimer l'incidence ou la sensibilité de la surveillance et ne sont donc pas détaillées ici.

La principale limite au vu de notre question de recherche est que l'évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance, quelle que soit la méthode employée, fournit relativement peu d'informations sur ce que l'interconnexion peut apporter à la surveillance comparativement aux autres outils que nous avons utilisés. Ces méthodes permettent néanmoins de montrer la bonne (ou mauvaise) sensibilité d'un dispositif et l'intérêt d'élargir la population cible, en incluant par exemple d'autres types d'animaux / de productions. L'évaluation quantitative peut par ailleurs être relativement lourde et longue à mettre en œuvre, comme ce fut le cas ici pour la phase de nettoyage des données du fait que leur format initial se prêtait mal à l'analyse effectuée.

### **3.1.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

L'étude réalisée a mobilisé plusieurs membres des dispositifs de surveillance, essentiellement pour la première phase de définition des règles d'identification des séroconversions et pour la détermination des distributions *a priori* de certains paramètres du modèle. Le nombre de personnes sollicitées et qui ont donc été amenées à réfléchir à une meilleure valorisation des résultats de la surveillance est toutefois resté modeste.

De plus, comme c'est le cas pour toutes les évaluations quantitatives, un nombre limité d'activités de surveillance a été abordé au cours de ce travail, à savoir l'analyse épidémiologique des données ainsi que, dans une moindre mesure, les examens de laboratoire et l'enregistrement et la transmission de leurs résultats. L'impact général de ce type d'étude dans la mise en place d'une interconnexion est donc probablement faible.

## **3.2 Limites des évaluations semi-quantitatives Oasis**

### **3.2.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

Bien que les évaluations Oasis permettent de révéler de nombreux bénéfices associés à la mise en place d'interconnexions entre dispositifs de surveillance, elles ne mesurent pas précisément les gains attendus en termes de sensibilité, de couverture de la population, de spécificité ou d'autres critères

chiffrables tels que les délais de notification des cas. Ces évaluations ne permettent pas non plus d'estimer l'impact économique des mesures proposées, ni les dépenses ou économies associées à la mise en place d'interconnexions.

L'absence d'acteurs du terrain lors de la phase de notation, et leur non-consultation préalable du fait de l'emploi de la variante Oasis flash, privent également l'étude de points de vue intéressants sur les mesures nécessaires et sur leurs éventuels avantages et inconvénients. Par ailleurs, le choix des notateurs influence l'évaluation. Il n'est pas exclu que la participation de représentants distincts, quoiqu'appartenant aux mêmes dispositifs, puissent induire des résultats légèrement différents.

D'une manière plus générale, les évaluations de type qualitatif / semi-quantitatif, quelle que soit la méthode utilisée (audit ou définition d'indicateurs de fonctionnement), reposent sur des appréciations personnelles et sont donc soumises à une certaine subjectivité. Il faut toutefois noter que des garde-fous existent pour compenser cette subjectivité, qu'il s'agisse des guides (de notation ou de définition d'indicateurs selon la méthode considérée) ou de l'aspect collégial de l'évaluation.

### **3.2.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

Les recommandations issues des évaluations Oasis ne sont pas engageantes et peuvent n'être suivies d'aucun effet si les personnes physiques ou morales chargées de piloter la surveillance ne décident pas de les appliquer. Aucun agenda n'est en effet fixé au terme des évaluations. Le coût et le mode de financement des recommandations ne sont par ailleurs pas abordés. Le niveau de détail de certaines propositions est faible (par exemple, « centraliser les données ») et leur mise en pratique nécessiterait des travaux préparatoires complémentaires parfois longs ou complexes. Ainsi, si les évaluations de ce type ont l'avantage d'apporter un diagnostic relativement complet, elles n'aboutissent pas à un plan d'actions directement applicable.

De plus, les acteurs de terrain n'ont pas été sollicités pour la genèse des recommandations et celles-ci peuvent être perçues de leur part comme des orientations « venant d'en haut », éventuellement en décalage avec certaines de leurs contraintes ou attentes. L'acceptabilité des propositions n'est par ailleurs pas directement investiguée par la méthode Oasis.

## **3.3 Limites de l'atelier participatif**

### **3.3.1 Apport de l'interconnexion à la surveillance**

Dans le cadre de l'atelier participatif, les participants étaient expressément invités à discuter et à noter l'impact positif attendu des pistes proposées, en particulier celles portant sur l'interconnexion.

Il n'est toutefois pas exclu que certains bénéfiques n'aient pas pu être identifiés faute de temps ou parce que difficilement prévisibles.

Plus probablement, une limite de ce travail a été l'absence de plusieurs types d'acteurs (représentants de certains organismes de la filière, des sociétés de ventes aux enchères et des échelons intermédiaires des dispositifs de surveillance) qui auraient pu apporter un point de vue complémentaire aux divers avis déjà représentés. Bien qu'il puisse être délicat de conduire un atelier participatif avec un nombre bien plus élevé de personnes que la trentaine de participants réunis dans notre étude, ce n'est probablement pas le choix de la méthode qui est à remettre en cause, mais plutôt la non-participation et la non-invitation de certains organismes de notre part. Il est en effet possible d'imaginer un atelier avec cinquante ou quatre-vingt personnes, en constituant des groupes plus nombreux ou réunissant un nombre d'individus légèrement plus élevé, voire en organisant l'atelier sur deux jours si nécessaire. Plus que le nombre de participants, le facteur limitant est probablement la proportion de personnes connaissant relativement bien au moins une partie de la surveillance. Si cette proportion est trop faible du fait de l'inclusion de trop nombreux acteurs peu impliqués dans la surveillance (certains types de professionnels de la filière en particulier), l'atelier peut s'avérer improductif. En outre, la diversité des acteurs présents à l'atelier a mécaniquement conduit à une proportion plus faible d'épidémiologistes que lors des deux premiers travaux, se traduisant par des recommandations peu détaillées au sujet de l'exploitation épidémiologique des données.

Un petit nombre de propositions émises n'ont pas recueilli de consensus, sans que cela ne soulève de difficulté particulière. Ces quelques propositions ont néanmoins été enregistrées au compte-rendu et pourront être facilement retrouvées à l'avenir si nécessaire. Il pourrait cependant être prévu, pour de futurs ateliers de cette nature, de mieux formaliser le mode de recueil des avis isolés et/ou divergents, que ce soit au sujet des propositions ou de la notation de leur impact attendu ou des autres critères évalués.

### **3.3.2 Etape vers la mise en œuvre d'une interconnexion**

Les propositions émises durant l'atelier participatif ont fait l'objet de discussions portant sur leur niveau de faisabilité et d'acceptabilité et elles ont été hiérarchisées selon leur degré de priorité. Néanmoins, un certain nombre de questions demeurent et doivent trouver des réponses avant d'envisager leur mise en pratique : qui joue le rôle de maître d'ouvrage et de maître d'œuvre de leur mise en place, comment sont-elles financées, quel calendrier, etc.

Au-delà de ces questions relatives aux modalités d'application, l'atelier participatif n'a pas conduit à la décision d'appliquer tout ou partie des recommandations émises. Il était clairement exprimé que

ce n'était pas un objectif de l'atelier et il est de notre point de vue souhaitable que les processus de réflexion et de décision soient bien distingués dans le temps et dans leur forme. Cette séparation est d'autant plus nécessaire que ces deux étapes n'appellent pas les mêmes acteurs, bien que certains aient vocation à participer aux deux. Cette séparation permet aux personnes impliquées dans la phase de réflexion d'étudier les améliorations souhaitables avec suffisamment de sérénité et elle laisse le temps nécessaire aux différents partenaires d'échanger à nouveau et de conduire les études complémentaires qui s'imposent.

Enfin, l'absence de certains types d'acteurs lors de l'atelier participatif peut à nouveau être regrettée car celui-ci constituait un moment fondateur pour l'implication dans une démarche collective d'interconnexion des dispositifs de surveillance en filière équine.

## **4. Analyse synthétique de la démarche proposée**

Cette quatrième partie présente une analyse plus synthétique de notre démarche prise dans sa globalité. Elle a pour objectif de souligner ses avantages et ses inconvénients pour identifier les intérêts de l'interconnexion et pour conduire à sa mise en œuvre.

### **4.1 Complémentarité et progressivité des trois étapes**

#### **4.1.1 Implication croissante des acteurs**

Depuis l'évaluation quantitative de la sensibilité d'un dispositif de surveillance jusqu'à la conduite de l'atelier participatif portant sur les trois systèmes, l'implication des acteurs directement ou indirectement associés à la surveillance n'a cessé de croître, à plusieurs niveaux. Numériquement parlant tout d'abord, puisque quatre personnes ont été sollicitées dans le premier travail d'évaluation quantitative, puis dix pour les différentes journées de notation Oasis, et finalement une trentaine ont participé à l'atelier.

Le nombre d'organismes impliqués a également progressivement augmenté, avec notamment la participation de la quasi-totalité des responsables de dispositifs lors des évaluations Oasis, qui sont les acteurs essentiels à mobiliser pour rendre possible l'interconnexion. La diversité des acteurs a été maximale lors de l'atelier participatif qui a réuni un grand nombre de personnes non membres des dispositifs de surveillance mais « bénéficiaires » des résultats produits par les systèmes en place. Il s'agit des professionnels issus de la filière et des scientifiques impliqués dans la santé équine ou la

surveillance animale en général. Les travaux ont ainsi contribué à l'extension au sein de la filière équine de la prise de conscience des intérêts d'une interconnexion.

En outre, le niveau de contribution des acteurs a progressé, étant donné que leur avis était sollicité essentiellement pour deux points précis lors de l'évaluation quantitative de la sensibilité du DSR, alors que les personnes ayant participé aux évaluations Oasis ont été appelées à donner leur point de vue sur 78 critères relatifs à l'organisation et au fonctionnement d'un système entier de surveillance. Enfin lors de l'atelier participatif, une grande liberté d'expression était laissée aux participants pour formuler des recommandations, pour les évaluer et pour réagir à tout moment aux avis des autres intervenants.

#### **4.1.2 Augmentation du nombre de pistes d'interconnexion envisagées**

Au fur et à mesure des études conduites, la liste des recommandations d'amélioration et en particulier des pistes d'interconnexion s'est étoffée. L'évaluation par capture-recapture a apporté des arguments sur une possible extension de la surveillance des reproducteurs ; elle a aussi mis en lumière la nécessité de disposer de l'ensemble des résultats issus des différents dispositifs pour un même équidé et d'informations plus précises sur la localisation des individus surveillés. Les évaluations Oasis ont conduit à une dizaine de pistes relatives à la mise en place d'une interconnexion et la quasi-totalité des dix-sept propositions issues de l'atelier participatif traitaient directement ou indirectement de l'interconnexion (à l'exception de trois d'entre elles portant spécifiquement sur l'amélioration de la surveillance de l'AIE).

#### **4.1.3 Meilleure connaissance de la surveillance et recommandations de plus en plus précises**

Les connaissances des acteurs sanitaires ayant participé à tout ou partie des travaux, relatives aux trois systèmes de surveillance considérés, se sont probablement enrichies avec l'évolution du travail. L'évaluation quantitative de la sensibilité du DSR a permis de mieux connaître les données collectées par ce dispositif, les limites et les points forts de leur gestion et de leur analyse. Une appréciation plus fine mais aussi plus globale de l'ensemble des activités de surveillance a ensuite été possible grâce aux évaluations Oasis pour les trois systèmes, et ces informations ont ensuite été présentées de manière synthétique en début d'atelier participatif. Cette présentation avait d'ailleurs été programmée pour répondre à l'attente éventuelle d'une meilleure connaissance des systèmes de surveillance de la part des participants ; cette attente a été confirmée par les résultats du questionnaire complété en début d'atelier, validant la pertinence de cette mise à jour des connaissances.

Des pistes d'amélioration ont été formulées à l'issue de l'évaluation quantitative de la sensibilité du DSR, mais elles ne constituaient pas le cœur du travail et n'ont donc pas été réellement approfondies. Par ailleurs, compte tenu du champ relativement restreint de ce premier travail, elles ne pouvaient porter que sur certains aspects de la surveillance. Au contraire, l'émission de recommandations était un des résultats directement attendus des évaluations Oasis. Celles-ci se sont fondées sur le diagnostic général préalablement réalisé et ont donc ciblé les points apparaissant les plus importants parmi toutes les activités de surveillance existantes. Enfin, l'objectif même de l'atelier participatif était d'aboutir à des propositions formalisées et relativement concrètes car issues d'échanges entre divers partenaires ayant notamment discuté de leur utilité, de leur faisabilité et de leur acceptabilité.

Les travaux ont aussi permis d'apporter des informations complémentaires sur certains aspects de la surveillance. Ainsi, la bonne sensibilité du DSR estimée par méthode de capture-recapture peut être reliée aux bonnes notes obtenues lors de l'évaluation Oasis, bien que celle-ci porte sur l'ensemble du système de surveillance de l'AVE. Par exemple, les critères Oasis portant sur la sensibilité des techniques de diagnostic (n°4.8), sur la pertinence et la qualité des prélèvements (n°5.8 et 5.10) et sur le niveau de satisfaction du taux de réalisation de la surveillance programmée (n°6.9) ont tous obtenus la note maximale (3/3). De plus, même si cela n'a pas été possible dans notre étude, les méthodes de capture-recapture peuvent aussi aider à vérifier et à mesurer l'influence de facteurs suspectés, lors de l'audit ou de l'atelier participatif, de limiter la sensibilité de surveillance. Cette possibilité se présenterait par exemple dans le cas d'un partage de la population surveillée en plusieurs catégories, si ces catégories se distinguent par des modalités d'application différentes de la surveillance (dépistage annuel *versus* biennal, techniques de prélèvement différentes, utilisation de différents types de tests ou de réactifs, *etc.*). La prise en compte dans le modèle de cette information pour chaque sujet pourrait conduire à identifier le meilleur type de mise en œuvre de la surveillance.

Par ailleurs, une complémentarité apparaît clairement entre les évaluations Oasis et l'atelier participatif. Le diagnostic et les propositions issus des premières ont posé les jalons du second. Pour sa part, l'atelier a permis de confronter les propositions initiales aux avis d'un large panel d'acteurs.

Finalement à l'issue de ces trois étapes, il est certainement possible de considérer que les pistes d'interconnexion les plus pertinentes ont été formulées et hiérarchisées. Certaines devront être précisées, en particulier au sujet des modalités de surveillance, mais cela nécessitera d'abord de mieux définir collectivement les objectifs de surveillance. D'après nous, la démarche adoptée a globalement permis de répondre à la première partie de notre question de recherche, « *comment l'interconnexion des dispositifs de surveillance existants pourrait améliorer la surveillance des*

*maladies infectieuses ?* ». En revanche, les réponses à la deuxième partie de la question, « *comment mettre en place l'interconnexion ?* » n'ont pas été entièrement identifiées du fait de certaines limites générales détaillées dans les paragraphes suivants. Concernant les trois systèmes de surveillance étudiés, le passage à une phase opérationnelle serait envisageable à court ou moyen terme, mais elle nécessiterait certainement la réalisation de travaux complémentaires que nous proposons dans la cinquième partie de ce chapitre.

## **4.2 Limites générales de la démarche utilisée**

Au-delà des points faibles déjà évoqués pour chacune des étapes du travail, quelques limites générales de notre démarche doivent être soulignées.

### **4.2.1 Absence d'évaluation économique et sociologique**

Aucun des travaux menés n'a inclus d'analyse économique de la surveillance actuelle ni des mesures proposées. Plusieurs méthodes existent et si certaines ne s'intéressent qu'aux coûts, les plus intéressantes évaluent les coûts de la surveillance en relation avec les « gains » qu'elle génère. Selon la méthode employée, les gains sont exprimés en unités monétaires ou non monétaires (sous la forme d'indicateurs épidémiologiques notamment, tels que la sensibilité). Les évaluations économiques peuvent être longues et complexes à mener, ce qui explique qu'elles n'ont pu être conduites dans le cadre de cette thèse. Le recueil d'informations relatives aux coûts peut parfois être ardu et l'estimation des gains l'est généralement encore plus. Par exemple, il peut être difficile d'estimer le nombre de cas supplémentaires qui pourront effectivement être détectés du fait de la mise en place d'une interconnexion et les pertes corollaires qui seront évitées. Celles-ci peuvent inclure le nombre de contaminations secondaires enrayerées, les pertes de productions animales évitées, les rassemblements maintenus, les traitements thérapeutiques économisés, *etc.*

De plus, l'évaluation économique des mesures de surveillance est souvent difficile à dissocier de celle des actions de lutte et de prévention. Un autre écueil est lié au fait que les aspects macroéconomiques sont certaines fois délicats à mesurer, tels que les conséquences indirectes de la surveillance sur la filière voire sur d'autres secteurs économiques, les impacts à distance (commerce international) et ceux à long terme.

Par ailleurs, les aspects sociologiques et comportementaux ont relativement peu été investigués, à l'exception de la notation du niveau d'acceptabilité des recommandations lors de l'atelier participatif (et indirectement *via* le calcul automatique du niveau de satisfaction de l'attribut « acceptabilité » dans les évaluations Oasis). Or, la performance et la viabilité d'un système de surveillance dépendent

fortement du degré d'adhésion de ses membres, qu'ils agissent aux échelons de terrain, intermédiaire ou central. Pour ces différents types d'acteurs, il aurait été utile d'étudier les déterminants de la participation à la surveillance, les attentes, les craintes et les contraintes perçues, vis-à-vis à la fois des mesures de surveillance actuelles et de celles préconisées.

#### **4.2.2 Balance « coût-bénéfice » des évaluations quantitatives**

Au regard de notre question de recherche, les évaluations semi-quantitatives (ou audits) et l'atelier participatif présentent à notre sens une balance coût-bénéfice très favorable, ce qui est moins le cas de l'évaluation quantitative de la sensibilité de surveillance. Ce constat s'explique par la relative lourdeur de la mise en œuvre de l'étude par capture-recapture réalisée ici, mais cela aurait certainement été le cas également en utilisant une autre variante de capture-recapture ou la méthode des arbres de scénarios. D'une manière générale, l'utilisation de ces méthodes quantitatives nécessite une formation spécifique, alors que les méthodes qualitatives et semi-quantitatives semblent plus accessibles. La conduite d'une évaluation Oasis exige que seulement une ou deux personnes soient vraiment familiarisées avec la méthode et l'atelier participatif requiert essentiellement des qualités spécifiques d'animation de la part d'un petit nombre de personnes.

En outre, l'obtention des données nécessaires à une analyse quantitative peut prendre beaucoup de temps, par exemple lorsque se posent des questions relatives à la confidentialité des données ou quand des conventions de transfert et d'utilisation des données doivent être signées. De plus, les résultats d'une telle évaluation sont dépendants de la quantité et de la qualité des données disponibles, et celles-ci peuvent s'avérer inférieures aux prévisions initiales.

La réalisation d'une évaluation quantitative au cours de la thèse a toutefois eu l'avantage de permettre une appréciation de ses intérêts et limites comparativement à d'autres méthodes. Au bilan, les évaluations de cette nature pourraient être mises en œuvre non pas de manière systématique au sein d'une démarche d'interconnexion mais à la demande en fonction des attentes des décideurs.

#### **4.2.3 Mise en œuvre de l'interconnexion non entièrement préparée**

A l'issue de nos travaux, la mise en œuvre d'une interconnexion des dispositifs/réseaux étudiés n'est pas sur le point d'être lancée. Bien entendu, il s'agit d'une décision éminemment politique qui dépasse les prérogatives de ce travail. Mais bien que le cheminement vers une telle évolution ait progressé grâce à la démarche suivie, celle-ci n'a vraisemblablement pas fourni tous les éléments d'informations dont les « décideurs » pourraient avoir besoin pour éclairer leur choix. Il peut

d'ailleurs être difficile de déterminer quelles sont les personnes morales ou physiques qui jouent ce rôle de décideurs dans le cadre d'une démarche d'interconnexion pour des systèmes de surveillance aussi complexes que ceux que nous avons étudiés, comprenant des réseaux très structurés et des dispositifs qui le sont beaucoup moins. Pour un danger sanitaire de première catégorie, l'Etat a toute légitimité à être le décideur et le maître d'ouvrage d'une telle interconnexion. En revanche pour les dangers de deuxième catégorie (et *a fortiori* de troisième catégorie), une évolution aussi forte nécessite la volonté de l'ensemble des gestionnaires de dispositifs de surveillance. Même si une interconnexion partielle est toujours envisageable, c'est-à-dire entre une partie seulement des dispositifs, celle-ci permet simplement de réduire le degré de morcellement de la surveillance sans le gommer complètement.

## 5. Perspectives

### 5.1 Perspectives méthodologiques

A l'issue de ce travail, une démarche plus complète peut être proposée afin d'identifier les besoins d'interconnexion entre dispositifs ou systèmes de surveillance, les bénéfices attendus et les modalités de sa mise en place. Certaines étapes sont fortement souhaitables de notre point de vue et pourraient être suivies systématiquement, tandis que d'autres nous semblent facultatives. En effet, de nombreux travaux préliminaires peuvent être envisagés et combinés pour s'assurer que le choix de relier des dispositifs est pertinent, mais certains peuvent s'avérer trop longs, ou trop lourds au regard de leur plus-value. Leur mise en œuvre doit alors être décidée en tenant compte des objectifs des décideurs, des caractéristiques du système de surveillance considéré, ainsi que des ressources humaines, matérielles et financières et du temps disponibles. Le choix des évaluations à conduire peut également dépendre des incertitudes sur la situation sanitaire et du contexte économique, social et politique.

Nous proposons ici une démarche à la carte, avec des étapes vivement recommandées telles que l'audit ou la tenue d'un atelier participatif, et des travaux à réaliser au besoin, à un moment ou un autre de la démarche. Un ordre est suggéré mais il peut bien entendu être adapté. La démarche présentée comporte trois étapes d'échanges entre les décideurs, séparées par deux phases de travaux. Les décideurs considérés sont ici les gestionnaires des dispositifs concernés et les éventuels financeurs extérieurs (et l'Etat s'il n'est pas déjà gestionnaire d'un ou plusieurs dispositifs).

### **5.1.1 Lancement d'un processus de mise en place d'une interconnexion**

Contrairement à notre cas, il est probable qu'une telle démarche soit initiée par les gestionnaires des dispositifs existants, désireux d'investiguer l'opportunité de mutualiser leurs efforts. Il est d'ailleurs souhaitable que la demande vienne de leur part car c'est à eux que reviendra la décision finale de mettre en œuvre une interconnexion, ainsi que le choix des modalités d'application. Les gestionnaires sont les garants du bon déroulement de la démarche et doivent jouer un rôle moteur tout au long de celle-ci. Leur objectif initial peut être directement de préparer la mise en place d'une interconnexion (s'ils sont convaincus de sa nécessité) ou bien d'évaluer dans un premier temps sa pertinence et dans un second temps d'organiser son implémentation le cas échéant. Dans les deux cas, la démarche générale proposée ici est la même mais, selon les attentes des décideurs au début et en cours de processus, les travaux complémentaires demandés peuvent varier. Par la suite et pour ne pas alourdir le texte, nous ne distinguerons pas ces objectifs et parlerons simplement de processus (ou de la démarche) de mise en place d'une interconnexion.

### **5.1.2 Phase de travaux préliminaires**

L'objectif de la phase préliminaire est d'apporter un socle d'informations sur les qualités et les défauts de la surveillance actuelle et d'obtenir une liste de recommandations d'interconnexion argumentées.

Cette phase préliminaire devrait débiter par un audit du (des) système(s) de surveillance considéré(s) (tableau 25). En plus d'être assez rapide et facile à mettre en œuvre, ce type d'évaluation présente le double avantage de dresser un diagnostic relativement complet et d'induire une collaboration entre les différents gestionnaires de dispositifs. La méthode Oasis flash nous semble particulièrement adaptée à une telle étude, voire la variante classique si les ressources le permettent, ou bien une autre méthode d'audit disponible et validée.

Une évaluation économique du système de surveillance actuel peut être menée en parallèle de l'audit ou après celui-ci. Elle peut aussi être conduite ultérieurement dans la phase de travaux complémentaires. Nous n'avons pas considéré cette étape comme obligatoire car elle peut être lourde et complexe, mais elle présente un fort intérêt. En plus d'apporter une photographie de l'existant, riche d'enseignements pour les responsables (et les financeurs) pour améliorer leur système de surveillance, une telle évaluation fournit une référence pour juger la pertinence d'un point de vue économique des recommandations d'interconnexion formulées au cours du processus.

La détermination des coûts est souvent longue car elle nécessite d'identifier les postes de dépense, de distinguer ceux étant à la charge du système de surveillance de ceux qui sont assumés par ailleurs, puis de recueillir les informations nécessaires au chiffrage (coût des réunions et des formations, salaires, nombre de jours de travail par activité, coûts des prélèvements et des analyses, *etc.*). Le coût individuel de chaque poste est ensuite calculé, ainsi que le coût total de la surveillance en sommant les coûts individuels (Dufour et Hendrikx, 2011). En fonction de la méthode employée, les gains sont exprimés en unités monétaires (analyse coût-bénéfice) ou non monétaires sous forme d'indicateurs épidémiologiques (analyse coût-efficacité) éventuellement pondérés (analyse coût-utilité). Les analyses coût-bénéfice sont les plus fréquemment utilisées. Elles permettent une comparaison facile entre coût et gains car ceux-ci sont exprimés dans une même unité, mais la valeur monétaire de certaines conséquences sanitaires ou sociales peut être difficile à évaluer ou perçue différemment selon les acteurs. Par ailleurs, leur application en surveillance épidémiologique de maladies animales peut conduire à des résultats discutables voire s'avérer impossible, car il est difficile de distinguer les bénéfices issus de la surveillance de ceux dépendant des mesures de lutte. Dans les analyses coût-efficacité, les gains sont mesurés selon un ou plusieurs indicateurs épidémiologiques, tels que la probabilité de détection d'un individu infecté ou le niveau de satisfaction de diverses activités de surveillance (animation, valorisation des données, *etc.*). Le résultat de ce type d'évaluation s'exprime en coût par unité d'efficacité ou en coût par point, permettant une comparaison entre différentes options (Dufour et Hendrikx, 2011; Rich *et al.*, 2005; Rivière, 2016; Treich, 2005).

Enfin, la mise en œuvre d'un atelier participatif dans le cadre de cette thèse nous incite à recommander vivement l'inclusion d'un événement de cette nature, en adaptant son organisation et son déroulement au système étudié et au réseau d'acteurs. Il peut être envisagé par exemple de poursuivre les travaux de l'atelier au sein de commissions de taille plus réduite pour investiguer plus avant des thèmes spécifiques. L'atelier que nous avons conduit a été réalisé dans un contexte de grande diversité de la filière équine, en termes d'activités, de poids économique et de sensibilisation aux enjeux sanitaires. Un tel atelier nous semble d'autant plus réalisable pour des filières plus homogènes et des systèmes de surveillance plus simples (avec moins de dispositifs, d'acteurs et de modalités de surveillance).

**Tableau 25.** Proposition de démarche pour la mise en place d'une interconnexion entre dispositifs, réseaux et/ou systèmes de surveillance.

Phase du processus	Etape	Objectif / résultats attendus	Avantages	Inconvénients	Systématique / au besoin
Lancement	<b>Décision du lancement du processus</b>	Réunir les décideurs pour choisir d'initier la démarche d'interconnexion (ou d'évaluer sa pertinence)	Formalise et légitime la démarche	Nécessite une volonté partagée	Systématique
	<b>Audit / évaluation semi-quantitative du système de surveillance</b> (exemples : méthode Oasis ou Oasis flash)	Recueillir des informations sur l'organisation et le fonctionnement du système Diagnostiquer les forces et faiblesses Etablir des recommandations Initier la collaboration entre acteurs sanitaires	Apporte un diagnostic d'ensemble fiable Relativement rapide et facile à mettre en place	Absence d'informations chiffrées sur les coûts et bénéfices de la surveillance	Systématique
Phase préliminaire	<b>Evaluation économique du système actuel</b>	Connaître la balance coût-efficacité (ou coût-bénéfice) du système de surveillance	Fournit une référence pour l'évaluation des futures propositions	Long, souvent complexe	Au besoin
	<b>Atelier participatif</b>	Recueillir l'avis des différents partenaires sur les besoins d'interconnexion et noter leurs niveaux d'impact attendu, d'acceptabilité, de faisabilité et de priorité Impliquer collectivement les acteurs sanitaires	Implication d'un large éventail d'acteurs Obtention rapide de recommandations concrètes, pertinentes et ayant recueilli une adhésion large	Difficulté à mobiliser l'ensemble des partenaires	Systématique
<b>Bilan intermédiaire</b>	<b>Réunion de bilan de mi-parcours des décideurs</b>	Analyser les informations recueillies Présélectionner les recommandations à mettre en œuvre Choisir les évaluations complémentaires jugées nécessaires (analyses économiques, quantitatives, sociologiques) Identifier les méthodes nécessaires pour les évaluations complémentaires (exemple : EVA Tool) Etudier la faisabilité des évaluations complémentaires	Permet de cibler les études complémentaires réellement nécessaires et réalisables	Nécessite un consensus Risque d'allonger le processus	Systématique

<b>Phase complémentaire</b>	<b>Evaluation économique des recommandations présélectionnées</b>	Connaître la balance coût-efficacité (ou coût-bénéfice) des recommandations présélectionnées	Permet d'évaluer les gains (sanitaires, monétaires, etc.) qu'apporterait l'interconnexion	Difficile, parfois long	Au besoin
	<b>Evaluation quantitative de la situation sanitaire et/ou de la sensibilité de la surveillance</b> (exemples : enquête ponctuelle, méthodes de capture-recapture, arbres de scénarios)	Estimer l'incidence / prévalence de la maladie Estimer la sensibilité du système de surveillance Identifier les facteurs influençant l'infection et la détection Générer d'éventuelles collaborations entre acteurs et une meilleure connaissance du système de surveillance	Fournit des éléments objectifs Mesure possible des bénéfices potentiels des mesures recommandées (arbres de scénarios)	Parfois long et complexe Forte dépendance à la quantité et à la qualité des données disponibles	Au besoin
	<b>Evaluation sociologique et comportementale</b>	Connaître les motivations et les freins à la participation à la surveillance, les attentes et les craintes perçues par les différents acteurs vis-à-vis de la surveillance actuelle et des recommandations présélectionnées	Mieux comprendre les forces et faiblesses identifiées Adapter les recommandations Prévoir des actions de sensibilisation pertinentes	Chronophage si le nombre d'acteurs visés est élevé	Au besoin
	<b>Analyse multicritères</b>	Evaluer la surveillance actuelle et/ou les recommandations en prenant en compte simultanément des critères économiques, épidémiologiques et sociologiques	Fournit une évaluation « globale » et permet de mener une seule analyse au lieu de plusieurs	Difficile à appliquer si désaccord entre décideurs sur les critères/pondération	Au besoin
	<b>Consultation des acteurs sur les recommandations présélectionnées</b>	Recueillir l'avis des partenaires sur l'ensemble des recommandations présélectionnées avant l'étape de décision Recueillir l'avis des acteurs non encore sollicités	Adapter si besoin les recommandations Prévoir des actions de sensibilisation pertinentes	Chronophage si le nombre d'acteurs visés est élevé	Au besoin
<b>Décision</b>	<b>Réunion de décision finale</b>	Analyser et confronter les nouvelles informations Décider des modalités d'interconnexion Mettre en place un calendrier, choisir les maîtres d'œuvre, définir les modalités de financement	Permet une décision fondée sur des éléments tangibles et consciente des intérêts / obstacles à venir	Nécessite un consensus	Systématique
<b>Phase opérationnelle</b>	<b>Mise en œuvre</b>	Mettre en œuvre les modalités d'interconnexion décidées	Concrétisation	Long voire coûteux	Systématique

### 5.1.3 Bilan intermédiaire

Les travaux préliminaires fournissent un certain nombre de renseignements et de propositions qu'il convient d'analyser dans leur ensemble. Une réunion de bilan intermédiaire semble ainsi indispensable pour permettre aux décideurs de confronter les données recueillies en vue de réaliser une présélection de recommandations d'interconnexion. Ce bilan doit aussi permettre de savoir si des données supplémentaires sont nécessaires et, si oui, comment les collecter. Il peut s'agir de données économiques, épidémiologiques ou sociologiques.

L'identification des méthodes nécessaires, des données et compétences disponibles pour ces travaux complémentaires peut être facilitée par l'utilisation d'un outil récemment développé par des épidémiologistes et économistes européens, dénommé EVA Tool (pour *evaluation tool* en anglais, « outil d'évaluation »). Il s'agit d'un instrument d'aide à la décision pour conduire l'évaluation d'un système de surveillance en santé animale, créé dans le cadre d'un programme collaboratif appelé RISKSUR<sup>6</sup> (RISKSUR, 2012). EVA Tool permet d'identifier les éléments à évaluer en fonction des objectifs des évaluateurs ainsi que les méthodes les mieux adaptées pour y parvenir. L'outil propose une liste d'objectifs possibles, tels que vérifier si un système atteint ses objectifs, évaluer ses performances économiques ou identifier les points à améliorer (Peyre *et al.*, 2015). La démarche comporte quatre étapes :

- Description du contexte de l'évaluation (situation sanitaire, objectifs de la surveillance, *etc.*),
- Sélection des questions d'évaluation,
- Identification des attributs à évaluer et choix des méthodes d'évaluation appropriées,
- Synthèse du protocole d'évaluation.

EVA Tool fournit également des liens vers les méthodes d'évaluation proposées et un guide pour les appliquer et pour interpréter les résultats (Peyre *et al.*, 2015).

Par ailleurs, une évolution de la méthode Oasis est en préparation pour intégrer des modules d'étude de faisabilité pour la mise en œuvre d'évaluations économique, quantitative et sociologique.

### 5.1.4 Phase de travaux complémentaires

La phase de travaux complémentaires est facultative et peut être évitée si les gestionnaires souhaitent abandonner le projet d'interconnexion ou s'ils ont établi lors du bilan précédent un choix définitif pour les modalités de mise en œuvre d'une interconnexion.

---

<sup>6</sup> Le projet RISKSUR a pour objectif de développer et valider des cadres conceptuels et des outils permettant la mise en place des systèmes de surveillance efficaces et basés sur le risque. Il porte aussi bien sur les systèmes qui cherchent à détecter l'apparition de maladies exotiques, émergentes et ré-émergentes, que sur ceux visant à surveiller les maladies enzootiques ou à s'assurer qu'une zone ou un pays est indemne de maladies données. RISKSUR réunit un consortium multidisciplinaire composé de vétérinaires, d'épidémiologistes et d'économistes. Il est financé dans le cadre du septième programme-cadre européen pour la recherche et le développement technologique.

Si en revanche des évaluations économiques ont été jugées nécessaires, il peut s'agir d'évaluer le système actuel si cela n'a pas été effectué au préalable et/ou d'évaluer tout ou partie des mesures présélectionnées lors du bilan intermédiaire. Dans le cadre d'une interconnexion, des coûts supplémentaires sont probables à court terme pour mettre en place des nouvelles instances ou de nouveaux outils par exemple. Ces coûts doivent être évalués de même que les coûts de fonctionnement à plus long terme ainsi que les économies / gains attendus du fait d'une surveillance plus efficace et d'une mutualisation des outils, des équipes et des autres postes de dépense. Si un choix doit être opéré entre plusieurs mesures ou entre plusieurs scénarios d'interconnexion, l'évaluation économique peut permettre de comparer leur balance coût-efficacité (ou coût-bénéfice) pour éclairer le choix final, en particulier dans un contexte de ressources limitées.

La conduite d'une évaluation sociologique et comportementale peut également être programmée afin d'investiguer des critères tels que l'acceptabilité de la surveillance, les attentes des acteurs, leur perception des bénéfices et limites du système, et/ou pour évaluer leur aptitude au changement (Autissier et Moutot, 2013; Dressayre *et al.*, 2015). De telles évaluations sont cruciales pour mesurer l'implication des acteurs dans le système et pour pouvoir la renforcer, que ce soit par des actions de sensibilisation, de communication voire de manifestation d'une certaine reconnaissance, ou par le choix de mesures d'interconnexion uniquement jugées suffisamment acceptables. En effet, le bon fonctionnement d'un système de surveillance dépend de paramètres non seulement techniques, opérationnels et économiques mais aussi sociétaux (Antoine-Moussiaux *et al.*, 2011). Des mesures pertinentes d'un point de vue épidémiologique et économique mais considérées inapplicables ou trop peu acceptables par une partie des acteurs de la surveillance perdront en effet de leur intérêt voire seront contre-productives au regard de l'objectif de garantir la performance du système de surveillance sur le long-terme. L'évaluation sociologique peut aussi permettre d'expliquer des forces et des faiblesses du système de surveillance actuel, révélées par d'autres études. Elle peut également aider à comprendre les motivations de certaines propositions formulées. Elle a donc toute sa place au sein d'un processus d'évaluation et *a fortiori* d'évolution de la surveillance. Toutefois, aucune méthode standardisée n'est disponible pour prendre en compte les perceptions et les attentes des acteurs (Calba *et al.*, 2015a). De plus, les évaluations sociologiques, dont l'intérêt est parfois négligé, nécessitent généralement un travail pluridisciplinaire qui peut être complexe à mettre en œuvre. Pour ces raisons, elles sont encore peu utilisées en santé animale à ce jour (Calba *et al.*, 2015a). Le recours aux évaluations sociologiques tend cependant à croître, en particulier celles utilisant des entretiens semi-directifs, mais aussi d'autres méthodes qualitatives telles que des études par questionnaire ou des approches anthropologiques (Boireau, 2015; Bronner *et al.*, 2014; Durand, 2015; Elbers *et al.*, 2010; Rivière, 2016). Le nombre de méthodes disponibles augmente puisque des études semi-quantitatives ont été récemment développées en se fondant sur des approches participatives, c'est-à-dire des méthodes et outils permettant à plusieurs acteurs de s'impliquer dans la définition et l'analyse d'un problème rencontré et dans sa résolution (Calba *et al.*, 2015b; Delabouglise *et al.*, 2016). Par ailleurs lors de l'évaluation de la surveillance actuelle ou des évolutions envisagées, il peut

être intéressant de prendre en compte des effets complexes tels que les *rétroactions*. Ce terme désigne en particulier l'influence qu'ont, sur l'épidémiologie de la maladie et sur l'efficacité du système de surveillance, les modifications comportementales des membres du système de surveillance ; ces modifications ayant elles-mêmes été suscitées par les décisions des gestionnaires dudit système (Rich, 2007).

Des évaluations quantitatives peuvent également être jugées nécessaires pour estimer des paramètres épidémiologiques, en particulier la situation sanitaire et la sensibilité de tout ou partie du système de surveillance. En effet, la prévalence ou l'incidence de la maladie considérée peuvent être mal connues dans la population cible ou dans une partie de cette population et cette incertitude peut rendre difficile l'identification des mesures de surveillance les plus appropriées. Des enquêtes ponctuelles peuvent alors être envisagées (Toma *et al.*, 2010). Pour l'estimation de la sensibilité de la surveillance, nous faisons à nouveau référence ici aux méthodes de capture-recapture et aux arbres de scénarios. Ces derniers permettent en particulier de modéliser la probabilité d'infection des animaux et la probabilité de leur détection, probabilités qui peuvent varier d'un groupe d'individus à l'autre. En modélisant le système actuel et le système futur envisagé après mise en place d'une interconnexion, il devient possible de mesurer les bénéfices potentiels en termes de sensibilité de surveillance. Les arbres de scénarios peuvent donc être utiles pour comparer plusieurs stratégies. En outre, comme les méthodes de capture-recapture, ils sont relativement flexibles en permettant de modéliser une possible variabilité ou stochasticité des paramètres, de conduire une analyse de leur sensibilité ou d'intégrer un degré d'incertitude lorsque la fiabilité des données est jugée insuffisante.

Les différents travaux complémentaires évoqués précédemment permettent d'étudier certains aspects de la surveillance, mais de manière relativement ciblée et fragmentée. Des méthodes d'analyse multicritères existent cependant et rendent possible la prise en compte simultanée de critères économiques, épidémiologiques et sociologiques (tels que l'acceptabilité et la perception de différents groupes d'acteurs), voire d'autres critères tels que l'impact environnemental de la surveillance. Ces méthodes permettent d'intégrer des critères indépendants en les pondérant, par exemple selon l'appréciation subjective des décideurs sur l'importance relative des enjeux sociaux, économiques, politiques ou autres (Guo *et al.*, 2014; Marsot *et al.*, 2014; Mourits *et al.*, 2010). La mise en œuvre et l'interprétation de ce type d'analyse peut toutefois être délicate en cas de divergences entre les décideurs sur les critères à prendre en compte et sur leurs pondérations.

Une étape de consultation peut aussi être envisagée au sujet des recommandations présélectionnées lors du bilan intermédiaire. L'objectif serait de recueillir l'avis de l'ensemble des partenaires impliqués dans la surveillance avant la décision finale. La consultation peut être réalisée individuellement ou collectivement, par groupes d'acteurs par exemple, et selon diverses modalités (questionnaires papiers ou informatiques,

réunions, etc.). Si les recommandations présélectionnées sont similaires à celles issues de l'atelier participatif et de l'audit, la consultation pourrait s'adresser uniquement aux acteurs ou groupes d'acteurs impliqués dans le système de surveillance mais n'ayant pas participé à ces travaux antérieurs. Cette consultation serait éventuellement superflue aussi pour les personnes ayant fait l'objet d'une enquête sociologique qui aurait déjà mesuré l'adhésion aux recommandations.

Si l'atelier participatif n'est pas retenu dans le processus, un autre type de consultation peut être mené bien plus tôt dans la démarche, en ayant alors pour but de recueillir l'avis des acteurs sur les possibilités d'amélioration et d'interconnexion de la surveillance. Toutefois, les résultats de cette consultation seront probablement moins riches que ceux d'un atelier participatif, compte tenu de l'absence d'échanges entre groupes d'acteurs divers et du fait d'un cadre plus léger ne permettant pas de creuser les recommandations ni d'étudier collectivement leur niveau de faisabilité ou de priorité par exemple.

### **5.1.5 Décision et phase opérationnelle**

Lorsque tous les travaux jugés nécessaires ont été effectués, les décideurs peuvent se réunir à nouveau en disposant théoriquement de l'ensemble des éléments permettant d'éclairer leur choix. Les intérêts et les limites de chaque piste sont normalement connus à ce stade, de même que les éventuels obstacles techniques ou sociologiques. Des classements différents des recommandations peuvent avoir été effectués selon plusieurs critères, tels que la balance coût-efficacité (ou coût-bénéfice), l'acceptabilité, la faisabilité, les gains de sensibilité possibles ou le degré d'urgence. Après avoir rapproché et analysé ces données complémentaires, la décision d'une interconnexion et de ses modalités d'application le cas échéant peut être prise.

Les décideurs jouent ensuite le rôle de maîtres d'ouvrage de l'interconnexion. Ils doivent choisir un ou plusieurs maîtres d'œuvres et définir un calendrier et une feuille de route. Les modalités de financement sont aussi fixées à ce stade. Ils peuvent également décider de conduire des actions de communication ou de sensibilisation pour certains types d'acteurs ou de recourir à divers outils issus des techniques d'accompagnement du changement dans les entreprises ou les collectivités (Dressayre *et al.*, 2015; Dufourt et Bourrelly, 2010; Kotter, 2015) afin de faciliter la mise en œuvre de l'interconnexion et de garantir sa réussite.

## **5.2 Perspectives de recherche**

Plusieurs perspectives de recherche peuvent être envisagées pour développer des outils et méthodes ou apporter des connaissances ayant pour but d'aider à préparer la mise en œuvre d'une interconnexion entre des dispositifs / systèmes de surveillance. Ces perspectives peuvent s'envisager à différents niveaux, tels

que les modalités de surveillance, la gestion et la valorisation combinée des données, ou encore l'évaluation.

### 5.2.1 Modalités de surveillance

A travers les trois systèmes de surveillance étudiés, nous avons observé une certaine complémentarité entre les modalités de surveillance existantes. En particulier, la combinaison d'une surveillance programmée et d'une surveillance événementielle est judicieuse pour les dangers sanitaires pouvant causer des infections à la fois cliniques et inapparentes. Toutefois, bien que plusieurs types de surveillance soient appliqués (surveillance programmée des reproducteurs, surveillance par les centres d'autopsie, surveillance événementielle volontaire, etc.), d'autres ne sont pas mis en œuvre actuellement. C'est notamment le cas de la surveillance en abattoir, du suivi d'élevages sentinelles ou du dépistage régulier et exhaustif de certaines sous-populations voire de la population générale comme c'est le cas pour l'AIE en Croatie (V. Stevanović, communication personnelle). Il est difficile de savoir *a priori* si certaines de ces options devraient être retenues. La réponse dépend non seulement des objectifs de la surveillance (eux-mêmes dépendant des objectifs de lutte), mais aussi de différents paramètres épidémiologiques, économiques, politiques, sociologiques.

D'une manière générale, il peut être délicat de juger quels sont les types de surveillance à conserver, ceux à implémenter voire à stopper lors de l'interconnexion entre plusieurs dispositifs ou systèmes. Il serait intéressant de disposer d'un outil qui permettrait, en tenant compte de différents paramètres, de proposer une combinaison optimale (selon des objectifs épidémiologiques et économiques à définir) de plusieurs types de surveillance envisageables à un instant donné (dans un premier temps). Les paramètres fournis en entrée porteraient *a minima* sur :

- les objectifs quantifiés de la surveillance en termes de sensibilité, spécificité et/ou couverture de la population, par exemple pour les maladies présentes sur le territoire : « détecter  $x\%$  de tous les nouveaux cas d'infection », « détecter  $y\%$  des nouveaux cas d'infection clinique », « ne pas générer plus de  $N$  faux positifs par an », en affinant éventuellement les objectifs selon les sous-ensembles de la population considérée ; des objectifs économiques devraient également être inclus (par exemple « ne pas coûter plus de  $x\text{€}$  par an », « garantir une sensibilité de  $80\%$  ou supérieure mais ne pas coûter plus de  $y\text{€}$  par an par point de sensibilité gagné au-delà du seuil de  $80\%$  »),
- la taille de la population considérée et de chaque sous-ensemble d'intérêt (voir *infra*),
- le taux d'incidence et la prévalence pour la population générale ou pour des sous-ensembles de la population en cas d'hétérogénéité,
- parmi les infectés, la proportion de sujets présentant ou non des signes cliniques au sein de chaque sous-ensemble d'intérêt de la population,
- la sensibilité et la spécificité de chaque type de surveillance envisageable,

- la proportion d'individus surveillés par chaque type de surveillance au sein de chaque sous-ensemble d'intérêt, et l'éventuel recoupement entre plusieurs types de surveillance.

Les données relatives à ces paramètres, sans doute difficiles à obtenir pour certaines, seraient issues de la littérature, ou à défaut à dire d'experts. La variabilité, et l'incertitude le cas échéant, associée à chaque paramètre devrait être prise en compte. Idéalement, il faudrait distinguer autant de sous-ensembles de la population qu'il y a de groupes d'individus présentant *i*) des statuts infectieux différents (indemne, infecté clinique, infecté asymptomatique, anciennement infecté mais pouvant être détecté par la surveillance [par la mise en évidence d'anticorps par exemple]) et *ii*) des probabilités différentes d'être testé dans le cadre des divers types de surveillance envisagés (par exemple : détenu dans un élevage sentinelle, destiné à l'export, destiné à l'abattoir, etc.).

L'outil pourrait ensuite être enrichi pour réaliser une analyse non plus ponctuelle mais sur la durée, prenant en compte la dynamique de la maladie et de la population ainsi que d'éventuelles évolutions des ressources et des mesures de contrôle (modification du pouvoir pathogène de l'agent, éventuelle introduction massive de cas, développement de résistances aux traitements, commercialisation d'un vaccin ou d'un test plus sensible/spécifique, etc.). Le modèle incorporerait également toutes les durées ayant un impact sur la transmission de l'agent pathogène et sur sa détection chez les sujets présentant ou non des signes cliniques (durée d'infection clinique et asymptomatique, durée d'incubation, moment d'apparition et durée de l'excrétion, rapidité de détection de chaque type de surveillance, etc.). Ce nouvel outil permettrait d'intégrer des objectifs de surveillance pluriannuels (par exemple « détecter  $x\%$  des cas d'infection chaque année », « parvenir à détecter  $y\%$  des cas au bout de  $N$  années »). Une évolution éventuelle des types de surveillance à activer ou des sous-populations à surveiller pourrait être recommandée selon l'évolution de la prévalence ou de l'incidence.

Afin de fournir aux décideurs une vision plus globale des stratégies envisageables, l'outil pourrait intégrer à terme des objectifs non seulement épidémiologiques et économiques mais aussi sociologiques (en exprimant par exemple l'impact sociétal de la maladie et de sa surveillance de manière chiffrée, par un système de points ou une proportion).

### **5.2.2 Gestion des données**

Un enjeu majeur de l'interconnexion entre des dispositifs de surveillance déjà existants est la mise en commun des données. Pour les trois systèmes que nous avons étudiés, il a été jugé préférable de conserver les bases de données existantes, sans les fusionner mais en formalisant un mode de partage des données qui reste à définir. D'une manière plus générale, plusieurs options peuvent être envisagées pour mutualiser la gestion des données de plusieurs dispositifs ou systèmes s'interconnectant :

- Utiliser une seule base de données, nouvellement créée ou bien en se fondant sur une des bases déjà existantes, qui deviendrait le lieu unique de saisie des données,
- Poursuivre l'utilisation des bases existantes et concevoir un entrepôt ou puits de données commun collectant tout ou partie des données sanitaires (et démographiques le cas échéant) enregistrées dans les bases existantes ; le puits pourrait également recevoir d'autres données qui y seraient directement saisies,
- Utiliser uniquement les bases de données existantes en leur apportant les modifications nécessaires pour qu'elles puissent s'échanger mutuellement tout ou partie de leurs données (interopérabilité).

Pour chacune de ces options, des actions de recherche pourraient être envisagées afin de fournir un ou plusieurs outils adéquats en fonction des différentes situations possibles, selon le nombre de bases de données, les systèmes de gestion de base de données utilisés et le nombre, la nature et le format des données enregistrées. Par exemple pour la deuxième option, le puits à développer devrait permettre de réunir toutes les données brutes de surveillance, de les organiser, d'en mesurer la qualité et de faciliter leur accès (par exemple par une interface web sécurisée et donnant des droits d'accès personnalisés). Il devrait aussi permettre de produire et de diffuser des rapports sanitaires et de fonctionnement (tableaux, synthèses graphiques), à des fréquences différentes (bilans réguliers, rapports disponibles au fil de l'eau *via* des requêtes d'extraction *ad hoc*) et à des destinataires plus ou moins nombreux à l'échelle locale ou nationale.

### **5.2.3 Valorisation combinée des données**

Puisque la qualité de la valorisation des données dépend directement de celle de leur collecte et de leur gestion, il est nécessaire, avant la mise en place d'une interconnexion éventuelle entre plusieurs bases, d'anticiper les traitements qui seront effectués en routine voire ponctuellement. Une étude préalable des besoins d'analyse épidémiologique peut aider à mettre au point les outils adéquats pour la gestion des données. Il peut ainsi être intéressant de commencer par recueillir toutes les données sanitaires sur une durée définie (un an ou deux par exemple) et de conduire une étude visant à identifier les résultats sanitaires qu'il serait possible de fournir en analysant conjointement ces données (estimations de prévalence et d'incidence, à différentes échelles géographiques et temporelles et pour diverses sous-populations). Pour une analyse optimale des données sanitaires, il est nécessaire de disposer de données démographiques fiables et précises sur la population surveillée. Les données démographiques disponibles devraient donc être intégrées à cette étude. De tels travaux mettraient en évidence les données sanitaires et démographiques dont il faudrait disposer pour fournir une meilleure estimation de la situation épidémiologique, que ces données soient non encore collectées ou bien collectées mais non accessibles. Une telle étude permettrait aussi de dresser un cahier des charges pour la mise en place d'une base/puits de données permettant l'enregistrement, l'analyse et la diffusion des données de surveillance.

Par ailleurs, pour les systèmes de surveillance en santé équine que nous avons étudiés, plusieurs travaux sont envisageables pour améliorer la qualité des données démographiques. En particulier, des travaux peuvent être menés pour valoriser conjointement les deux principales sources de données démographiques sur la population équine française. Il s'agit de la base de données Sire qui regroupe les données individuelles des équidés présents sur le territoire national et de la base EDI-SPAN gérée par la DGAL qui recense les données d'équarrissage des équidés depuis 2011 (localisation, type d'équidés, date de collecte, propriétaire/détenteur et identifiants dans un certain nombre de cas). Un défaut de la base EDI-SPAN est l'absence de relevé systématique du numéro d'identification (numéro Sire ou de transpondeur) et les limites de la base Sire sont un manque d'information sur la localisation des équidés, ainsi que le caractère partiel et peu fiable des informations relatives à leur mort (Tapprest *et al.*, 2016b). Pour améliorer la qualité des données enregistrées dans ces deux bases et donc la connaissance de la taille et de la localisation de la population équine, des travaux de recherche pourraient être conduits, ayant pour but l'étude de la faisabilité technique et financière :

- de différentes solutions pour améliorer le relevé du numéro d'identification par les équarrisseurs (mise à disposition systématique du numéro Sire aux équarrisseurs, lecture du transpondeur, récupération du livret signalétique),
- de l'interopérabilité des bases Sire et EDI-SPAN pour une actualisation en temps quasi réel de la population d'équidés vivants.

Il pourrait aussi être envisagé d'orienter la conception des protocoles de surveillance de manière à ce que les données collectées puissent être directement analysées selon une méthode de capture-recapture (Vergne, 2012), multiliste ou uniliste selon les cas. Pour les méthodes multilistes, une telle stratégie nécessiterait de bien prévoir l'identification des cas pour tracer leur éventuelle détection ultérieure par un autre dispositif. Pour les méthodes unilistes, le choix préalable de l'échelle géographique pour laquelle les cas seront comptabilisés (unité épidémiologique élargie, qui peut-être le lot, l'élevage, la commune, *etc.*) doit être clair et l'obtention de données précises sur la localisation des cas est particulièrement nécessaire.

#### **5.2.4 Evaluation de la surveillance**

Plusieurs guides ont été conçus pour permettre d'adapter l'évaluation d'un système de surveillance aux objectifs des gestionnaires, tels que Serval et EVA Tool (Drewe *et al.*, 2013b; Peyre *et al.*, 2015). Toutefois, la mise en place d'une interconnexion ne figure pas parmi les options proposées pour le but de l'évaluation. A l'avenir, les guides de cette nature pourraient inclure un tel objectif et proposer les éléments à évaluer et les méthodes à utiliser, afin d'identifier les modalités d'interconnexion les plus pertinentes. De tels guides pourraient ainsi proposer un cadre pour suivre la démarche que nous avons présentée précédemment ou bien d'autres démarches du même type.

### 5.3 Perspectives d'application

De nombreuses maladies animales en France et dans le monde font l'objet d'une surveillance reposant sur plusieurs dispositifs. Des niveaux d'interconnexion très différents sont rencontrés. Par exemple aux Etats-Unis, un système national de surveillance de la peste porcine classique a été créé en 2006, centralisant les données provenant de toutes les sources existantes, incluant la surveillance des suspicions cliniques, les tests réalisés sur certaines carcasses de porcs saisies à l'abattoir, la surveillance programmée chez des populations de porcs jugées à risque (notamment celles en contact avec des porcs sauvages ou nourries avec des eaux grasses) et la surveillance des porcs sauvages. Cette surveillance fait partie du système américain de surveillance en santé animale commun à plusieurs filières de production et elle s'appuie sur l'unité centrale de ce système et sur son comité de pilotage transversal, réunissant des représentants des professionnels, des Etats, de l'Etat fédéral, des laboratoires et des universités (USDA, 2008, 2014). Le niveau d'interconnexion entre les dispositifs semble ici élevé. En France, la connexion de certains dispositifs de surveillance a également vu le jour ces dernières années, par exemple pour les maladies abortives exotiques et enzootiques des ruminants (Perrin *et al.*, 2015). Un système de surveillance intégrée a ainsi été mis en place en 2011 dans le cadre de la Plateforme ESA. Il réunit une surveillance événementielle des avortements, une surveillance programmée réglementaire de la brucellose, un protocole de diagnostic différentiel des avortements et un projet pilote d'estimation de la situation sanitaire vis-à-vis de la fièvre Q sur trois ans. Ces différents dispositifs sont animés par la DGAL, la SNGTV et GDS France. L'interconnexion porte ici sur le pilotage et l'animation, ainsi que sur la valorisation et la diffusion des données (Perrin *et al.*, 2015; Plateforme ESA, 2015, 2016a).

A l'inverse pour certaines maladies, plusieurs dispositifs coexistent mais sans être connectés ni coordonnés. Outre les trois systèmes étudiés dans le cadre de cette thèse, cette situation se rencontre par exemple en Grande-Bretagne, où plusieurs dispositifs de surveillance d'initiative privés indépendants sont consacrés à la paratuberculose (Drewe *et al.*, 2014). C'est aussi le cas des dispositifs de surveillance britanniques consacrés aux maladies infectieuses porcines, en particulier la salmonellose (Sanchez-Vazquez *et al.*, 2011; Stärk et Nevel, 2009), et pour lesquels une interconnexion « stratégique et opérationnelle » a déjà été recommandée (Stärk et Nevel, 2009). D'après les exemples identifiés, ce défaut d'interconnexion semble plus fréquent lorsque les dispositifs existants sont gérés à la fois par des acteurs publics et privés, ou uniquement par des organismes privés. La coordination apparaît souvent meilleure lorsque toutes les activités de surveillance sont gérées par l'Etat, tout au moins lorsqu'il est fédéral. Ce constat est en effet à nuancer lorsque la surveillance est gérée par des gouvernements provinciaux, comme c'est le cas en Allemagne pour plusieurs maladies animales telles que la diarrhée virale bovine (BVD) ou la paratuberculose (Brigstocke, 2004) ou au Canada notamment pour les virus influenza porcins (NFAHW Council, 2011). Une interconnexion entre dispositifs appliqués à des régions différentes peut être envisagée dans un tel cas.

Des niveaux intermédiaires d'interconnexion sont également observés. En effet pour certaines maladies, plusieurs dispositifs sont mis en place avec un degré de coordination globale relativement élevé, mais avec un défaut d'interconnexion pour certaines activités en particulier, par exemple la gestion et l'analyse des données.

Les situations présentées précédemment traitent essentiellement de maladies strictement animales. Toutefois, la question de l'opportunité de mise en place d'interconnexions se pose autant si ce n'est plus pour les maladies zoonotiques surveillées à la fois chez l'Homme et l'animal. Historiquement, les systèmes de surveillance vis-à-vis de ces deux types de population ont souvent été implémentés séparément mais la nécessité de les relier est perçue de manière croissante. C'est dans ce contexte que les grandes organisations internationales telles que l'OMS, l'OIE et l'Organisation des Nations-Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) promeuvent le concept « One Health/Une seule santé » depuis une dizaine d'années (Figuié et Peyre, 2013). Des systèmes intégrant surveillances animale et humaine de plus en plus nombreux ont ainsi vu le jour ces dernières années dans différentes régions du monde (Galanis *et al.*, 2012; Napoli *et al.*, 2015; Polley *et al.*, 2000; Wendt *et al.*, 2015). Dans un certain nombre de cas il s'agit essentiellement de mise en commun de données issues de différents pays mais sans articulation des modalités de surveillance sur un même territoire (Collier *et al.*, 2008; Keller *et al.*, 2009; Perez *et al.*, 2011; Wahl et Burdakov, 2007). Un exemple intéressant d'interconnexion relativement approfondie est en revanche donné par le système de surveillance de la FWN en Italie. Ce système intégré, mis en place en 2010, permet une détection précoce des cas d'infections humaines et animales (Napoli *et al.*, 2015). Il inclut un dispositif de surveillance chez l'Homme (créé en 2008) et un dispositif de surveillance vétérinaire (surveillance des équidés, des oiseaux et des vecteurs) lancé en 2001. Ces dispositifs sont gérés par des acteurs différents et les données sont enregistrées dans des bases distinctes mais un protocole d'échange de données entre les deux dispositifs est mis en œuvre chaque année durant la période d'activité vectorielle. Cet échange en temps quasi-réel permet notamment, lorsque le virus est détecté chez l'animal ou le vecteur dans une zone donnée, d'enclencher une surveillance événementielle et programmée chez l'Homme à l'échelle régionale. Cette forme d'interconnexion permet également de d'appliquer rapidement des mesures préventives chez l'Homme, telle que la recherche virale sur les dons de sang et d'organes (Napoli *et al.*, 2015). En France, la surveillance de la FWN porte également sur l'Homme, les équidés, les oiseaux sauvages et les vecteurs, mais au travers de dispositifs propres à chacune de ces quatre populations et non véritablement reliés entre eux. La FWN est pourtant un enjeu sanitaire important en France, comme l'a illustré l'apparition de cas chez l'Homme et chez des équidés dans le Midi à l'automne 2015 (Bournez *et al.*, 2016). Une interconnexion des dispositifs existants semblerait ici nécessaire, à l'image de celle instaurée en Italie ou selon un autre schéma.

Un grand nombre de maladies strictement animales ou zoonotiques font l'objet d'une surveillance en France et à l'étranger. Par exemple pour la France, on estime qu'une surveillance événementielle est mise en œuvre pour 65 maladies animales et qu'environ 80 dispositifs ou réseaux sont actifs (Bronner *et al.*, 2013; Hendriks et Calavas, 2010). De nombreuses possibilités d'interconnexion seraient vraisemblablement à étudier pour mettre en place des systèmes de surveillance intégrés et plus efficaces. Il serait par ailleurs intéressant de communiquer les difficultés rencontrées et les solutions pratiques trouvées à chaque mise en place d'une interconnexion. Ce partage d'expérience serait utile pour définir progressivement une démarche d'interconnexion de plus en plus pertinente et suffisamment adaptable aux divers objectifs de surveillance et aux différents contextes possibles.

Par ailleurs, au-delà de progrès sanitaires et économiques, les interconnexions entre dispositifs de surveillance peuvent générer des bénéfices humains. Par les échanges et collaborations qu'elles suscitent, de telles interconnexions peuvent en effet désamorcer d'éventuelles « guerres de clocher », générer un enrichissement personnel et mutuel et finalement contribuer à relier les esprits humains, dans le cadre de ce que Vernadsky (1945) et Teilhard de Chardin (1955) appellent la *noosphère*, c'est-à-dire la sphère ou couche des esprits, pensées, consciences ou intelligences qui entoure la biosphère de nos équidés, oiseaux et autres agents pathogènes.

# Conclusion

La surveillance épidémiologique des maladies infectieuses animales et zoonotiques est un outil de connaissance ayant pour vocation de fournir aux gestionnaires de risque des informations sanitaires factuelles pour les assister dans leur prise de décision de mesures de prévention et de lutte. Au sein d'une même filière animale, plusieurs réseaux ou dispositifs de surveillance sont parfois mis en place de manière indépendante (bien que reposant sur les mêmes acteurs dans certains cas) pour suivre la situation sanitaire relative à différentes maladies. Il arrive par ailleurs que plusieurs dispositifs soient implémentés concomitamment vis-à-vis d'une même maladie, pour surveiller différentes parties de la population, diverses formes de la maladie ou pour suivre les individus en diverses occasions (mise à la reproduction, vente, rassemblement, mouvement, abattage), mais sans que ces dispositifs ne soient reliés ni coordonnés. Cette absence d'articulation, à l'échelle d'une maladie ou d'une filière animale, interroge sur l'efficacité des efforts de surveillance et sur la bonne utilisation des ressources.

L'objectif de notre travail était d'étudier en quoi l'interconnexion entre des dispositifs de surveillance déjà existants pourrait améliorer la surveillance des maladies infectieuses animales et comment mettre en œuvre une telle interconnexion, en prenant comme support d'application trois systèmes de surveillance équités. La démarche suivie a permis d'obtenir une vision claire et détaillée des qualités et des limites des trois systèmes de surveillance. Elle a aussi abouti à la formulation de recommandations d'interconnexion de plus en plus concrètes, portant sur un grand nombre d'activités et d'outils de surveillance. Ces recommandations ont recueilli une adhésion large de la part des acteurs de la surveillance et de la filière, qui les ont également hiérarchisées selon leur niveau de priorité. Les trois étapes de notre démarche ont permis d'impliquer progressivement de nombreux acteurs et bénéficiaires de la surveillance sanitaire équine, incluant les responsables et plusieurs autres membres des dispositifs de surveillance, mais aussi des représentants de détenteurs d'équidés et d'organisations professionnelles, sanitaires et vétérinaires et des scientifiques.

Si les travaux réalisés se sont avérés utiles pour identifier des pistes d'interconnexion et pour étudier leurs bénéfices potentiels sur la surveillance, la démarche suivie devrait vraisemblablement être enrichie afin de constituer un réel outil d'accompagnement à la préparation et à la mise en œuvre d'une interconnexion. Nous proposons ainsi d'intégrer à l'avenir des travaux complémentaires à conduire selon les besoins et les attentes des gestionnaires de la surveillance. Ces travaux complémentaires incluraient des évaluations économiques, sociales et/ou multicritères du système existant et des solutions d'interconnexion envisagées.

La mise en œuvre d'une interconnexion dépend avant tout d'une volonté politique mais sa réussite nécessite de disposer d'outils adéquats, en particulier pour la gestion des données. Des travaux de recherche sont nécessaires pour mettre au point des outils permettant de réunir les données collectées séparément, de les organiser et d'en faciliter l'analyse et la diffusion, en tenant compte des différentes situations possibles (diversité des données, de leur format et des systèmes de gestion de base de données). Des recherches pourraient également être conduites pour développer un outil visant à identifier la combinaison optimale des modalités de surveillance à retenir en fonction d'objectifs épidémiologiques, économiques et/ou sociologiques, à un instant donné voire de manière dynamique.

Compte tenu du grand nombre de maladies animales et zoonotiques surveillées dans le monde et de l'existence de dispositifs parfois peu coordonnés, bien que consacrés à des maladies et/ou des populations communes, plusieurs travaux de mise en œuvre d'interconnexion pourraient voir le jour à l'avenir. Ces travaux pourraient être fondés sur la démarche proposée dans le cadre de cette thèse tout en fournissant des retours d'expérience permettant de la compléter et de l'améliorer.

# Bibliographie

- AEEMA 2016. Terminologie en épidémiologie animale (<http://aeema.vet-alfort.fr/index.php/component/glossary/Glossaire-1/>, consulté le 31 août 2016).
- Afnor, 2004. Méthodes d'analyse en santé animale - Isolement et identification de *Taylorella equigenitalis* à partir de prélèvements génitaux d'équidés.
- Alba, A., Casal, J., Napp, S., Martin, P.A.J., 2010. Assessment of different surveillance systems for avian influenza in commercial poultry in Catalonia (North-Eastern Spain). *Preventive Veterinary Medicine* **97**, 107-118.
- Amat, J.P., Hendriks, P., Tapprest, J., Leblond, A., Dufour, B., 2015. Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies. *Epidemiology and Infection* **143**, 3122-3133.
- Amat, J.P., Vergne, T., Tapprest, J., Ferry, B., Hans, A., Hendriks, P., Dufour, B., Leblond, A., 2016. Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock. *Veterinary Microbiology* **192**, 34-42.
- Anonyme, 1936. Décret du 21 novembre 1936 ajoute l'Anémie infectieuse des équidés à la nomenclature des maladies des animaux.
- Anonyme, 1981. Décret n°81-337 du 9 avril 1981 rendant obligatoire la déclaration de la métrite contagieuse des équidés.
- Anonyme, 1992a. Arrêté du 23 septembre 1992 fixant les mesures de police sanitaire relatives à l'anémie infectieuse des équidés.
- Anonyme, 1992b. Arrêté du 7 février 1992 relatif à la police sanitaire de la métrite contagieuse des équidés.
- Anonyme, 2001. Décret n° 2001-913 du 5 octobre 2001 relatif à l'identification et à l'amélioration génétique des équidés et modifiant le décret n° 76-352 du 15 avril 1976 fixant les modalités d'application aux équidés de la loi n° 66-1005 du 28 décembre 1966 sur l'élevage.
- Anonyme, 2004. Arrêté du 21 mai 2004 relatif à l'identification complémentaire des équidés par la pose d'un transpondeur électronique
- Anonyme, 2006. Décret n° 2006-179 du 17 février 2006 portant création d'une liste de maladies à déclaration obligatoire et modifiant le code rural.
- Anonyme, 2008. Règlement (CE) n° 504/2008 de la Commission du 6 juin 2008 portant application des directives 90/426/CEE et 90/427/CEE du Conseil en ce qui concerne les méthodes d'identification des équidés.
- Anonyme, 2009. Directive 2009/156/CE du conseil du 30 novembre 2009 relative aux conditions de police sanitaire régissant les mouvements d'équidés et les importations d'équidés en provenance des pays tiers.
- Anonyme, 2010a. Arrêté du 4 novembre 2010 fixant les conditions d'agrément sanitaire des centres de collecte de sperme d'équidés et les conditions sanitaires d'échanges intracommunautaires de sperme d'équidés.
- Anonyme, 2010b. Décret n° 2010-865 du 23 juillet 2010 fixant les conditions de déclaration des détenteurs d'équidés et des lieux de stationnement.
- Anonyme, 2010c. Décret n° 2010-90 du 22 janvier 2010 relatif à l'Institut français du cheval et de l'équitation.
- Anonyme, 2011. Ordonnance n°2011-862 du 22 juillet 2011 relative à l'organisation de l'épidémiosurveillance, de la prévention et de la lutte contre les maladies animales et végétales et aux conditions de délégation de certaines tâches liées aux contrôles sanitaires et phytosanitaires.
- Anonyme, 2012a. Décret n° 2012-845 du 30 juin 2012 relatif aux dispositions générales organisant la prévention, la surveillance et la lutte contre les dangers sanitaires de première et deuxième catégorie.

- Anonyme, 2012b. Décret n°2012-842 du 30 juin 2012 relatif à la reconnaissance des organismes à vocation sanitaire, des organisations vétérinaires à vocation technique, des associations sanitaires régionales ainsi qu'aux conditions de délégations de missions liées aux contrôles sanitaires.
- Anonyme, 2013. Arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales.
- Anonyme, 2014a. Arrêté du 30 janvier 2014 modifiant l'arrêté du 8 décembre 2003 portant approbation du règlement du stud-book français du cheval de pur sang ; Annexe - Règlement du stud-book français du cheval de Pur Sang.
- Anonyme 2014b. Loi n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt.
- Anonyme, 2015a. Règlement d'exécution (UE) 2015/262 de la Commission du 17 février 2015 établissant des règles conformément aux directives du Conseil 90/427/CEE et 2009/156/CE en ce qui concerne les méthodes d'identification des équidés (règlement sur le passeport équin)
- Anonyme, 2015b. Ordonnance n° 2015-1242 du 7 octobre 2015 relative à l'organisation de la surveillance en matière de santé animale, de santé végétale et d'alimentation.
- Anonyme, 2016a. Organisation économique - Interprofessions. Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (<http://agriculture.gouv.fr/organisation-economique-interprofessions>, consulté le 31 août 2016).
- Anonyme, 2016b. Certificat sanitaire pour les chevaux importés définitivement à Hong Kong (<https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/certificat/HKEQAVR16@.pdf>, consulté le 31 août 2016).
- Antoine-Moussiaux, N., Binot, A., Chaudron, M., Goutard, F., Roger, F., Peyre, M., 2011. Evaluation socio-économique de la surveillance en santé animale: principes et perspectives. Rapport CIRAD-AFD, REVASIA, Evaluation de la surveillance en santé animale, 41 p.
- Arqana, 2009. Règlement - Vente mixte Deauville.
- Aurich, C., Spargser, J., Nowotny, N., Rosengarten, R., Aurich, J.E., 2003. Prevalence of venereal transmissible diseases and relevant potentially pathogenic bacteria in Austrian Noriker Draught horse stallions. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **90**, 124-130.
- Autissier, D., Moutot, J.-M., 2013. La Boîte à outils de la Conduite du changement. Dunod, Paris, France, 192 p.
- Balasuriya, U.B., Evermann, J.F., Hedges, J.F., McKeirnan, A.J., Mitten, J.Q., Beyer, J.C., McCollum, W.H., Timoney, P.J., MacLachlan, N.J., 1998. Serologic and molecular characterization of an abortigenic strain of equine arteritis virus isolated from infective frozen semen and an aborted equine fetus. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 1586-1589.
- Balasuriya, U.B.R., MacLachlan, N.J., 2004. The immune response to equine arteritis virus: Potential lessons for other arteriviruses. *Veterinary Immunology and Immunopathology* **102**, 107-129.
- Balasuriya, U.B.R., Go, Y.Y., MacLachlan, N.J., 2013. Equine arteritis virus. *Veterinary Microbiology* **167**, 93-122.
- Balasuriya, U.B.R., Hedges, J.F., Nadler, S.A., McCollum, W.H., Timoney, P.J., MacLachlan, N.J., 1999. Genetic stability of equine arteritis virus during horizontal and vertical transmission in an outbreak of equine viral arteritis. *Journal of General Virology* **80**, 1949-1958.
- Balasuriya, U.B.R., Leutenegger, C.M., Topol, J.B., McCollum, W.H., Timoney, P.J., MacLachlan, N.J., 2002. Detection of equine arteritis virus by real-time TaqMan® reverse transcription-PCR assay. *Journal of Virological Methods* **101**, 21-28.
- Bleumink-Pluym, N.M.C., Werdler, M.E.B., Houwers, D.J., Parlevliet, J.M., Colenbrander, B., Van der Zeijst, B.A.M., 1994. Development and evaluation of PCR test for detection of *Taylorella equigenitalis*. *Journal of Clinical Microbiology* **32**, 893-896.
- Böhning, D.A.W., Del Rio Vilas, V.J., 2008. Estimating the hidden number of scrapie affected holdings in Great Britain using a simple, truncated count model allowing for heterogeneity. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* **13**, 1-22.

- Boireau, C., 2015. Étude des caractéristiques intrinsèques du test interféron gamma utilisé en série suite à une intradermotuberculination dans le cadre du dépistage de la tuberculose bovine en France et enquête sociologique auprès des acteurs locaux. Thèse de Doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 332 p.
- Borges, A.M.C.M., Silva, L.G., Nogueira, M.F., Oliveira, A.C.S., Segri, N.J., Ferreira, F., Witter, R., Aguiar, D.M., 2013. Prevalence and risk factors for Equine Infectious Anemia in Poconé municipality, northern Brazilian Pantanal. *Research in Veterinary Science* **95**, 76-81.
- Bournez, L., Lecollinet, S., 2015. West-Nile dans le Sud de la France : point de situation n°6 - 20 octobre 2015 (<http://www.plateforme-esa.fr/article/west-nile-dans-le-sud-de-la-france-point-de-situation-n%C2%B06-20-octobre-2015>, consulté le 31 août 2016).
- Bournez, L., Beck, C., Troyano-Groux, A., Lecollinet, S., 2015. Réémergence du virus West-Nile dans le Sud de la France en 2015 et épizootie équine. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **72**, 34-35.
- Bournez, L., Sailleau, C., Bréard, E., Zientara, S., Zanella, G., Troyano-Groux, A., Hendriks, P., Fediaevsky, A., Cavalerie, L., 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 et alimentation* **74**, 2-7.
- Braga, P.R.C., De Souza Hunold Lara, M.D.C.C., Dias, A., Cunha, E.M.S., Villalobos, E.M.C., Ribeiro, M.G., Borges, A.S., 2012. Seroprevalence of equine viral arteritis in paulista mesoregions between 2007 and 2008. *Semina: Ciências Agrárias* **33**, 1501-1506.
- Breuil, M.-F., Duquesne, F., Leperchois, E., Laugier, C., Ferry, B., Collin, G., Petry, S., 2015. Contagious equine metritis cases reported in France since 2006. *Veterinary Record* **177**, 340.
- Breuil, M.-F., Duquesne, F., Sévin, C., Laugier, C., Petry, S., 2010. Indirect immunofluorescence test using polyclonal antibodies for the detection of *Taylorella equigenitalis*. *Research in Veterinary Science* **88**, 369-371.
- Brigstocke, T., 2004. Evaluation of Cattle Health Schemes in certain European countries, with particular reference to Paratuberculosis. CHECS, <http://www.checs.co.uk/wp-content/uploads/2014/02/CHECS-evaluation.pdf>, consulté le 6 septembre 2016, 28 p.
- Bronner, A., 2015. Vers un modèle de surveillance intégrée des maladies exotiques abortives chez les bovins en France métropolitaine : Evaluation de la surveillance événementielle et exploration d'outils complémentaires de surveillance syndromique. Thèse d'Université, Université Claude Bernard Lyon 1, 211 p.
- Bronner, A., Calavas, D., 2016. Analyse de quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements chez les bovins : évaluation de leurs performances et perspectives d'utilisation. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, 7-10.
- Bronner, A., Hénaux, V., Fortané, N., Hendriks, P., Calavas, D., 2014. Why do farmers and veterinarians not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France? *BMC Veterinary Research* **10**, 1-12.
- Bronner, A., Hénaux, V., Vergne, T., Vinard, J.L., Morignat, E., Hendriks, P., Calavas, D., Gay, E., 2013. Assessing the mandatory bovine abortion notification system in France using unilist capture-recapture approach. *PLoS ONE* **8**, doi:10.1371/journal.pone.0063246.
- Calavas, D., Bronner, A., Marcé, C., Fediaevsky, A., Hendriks, P., 2015. Vers une approche intégrée de la surveillance épidémiologique des dangers sanitaires exotiques. *Epidémiologie et santé animale* **67**, 109-118.
- Calavas, D., Dominguez, M., Marcé, C., Rautureau, S., François, C., Lupo, C., 2012a. Evaluation technique du dispositif de surveillance de la pathologie des mollusques (Repamo) selon la méthode OASIS, <http://www.plateforme-esa.fr/outils-et-methodes-applications-d-oasis>, consulté le 22 juin 2016, 29 p.
- Calavas, D., Fediaevsky, A., Collin, E., Touratier, A., Amar, P., Moquay, V., Marcé, C., Bronner, A., Hendriks, P., 2012b. Plateforme nationale de surveillance épidémiologique en santé animale : missions prioritaires et organisation. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **48**, 2-5.

- Calba, C., Goutard, F.L., Hoinville, L., Hendriks, P., Lindberg, A., Saegerman, C., Peyre, M., 2015a. Surveillance systems evaluation: A systematic review of the existing approaches. *BMC Public Health* **15**.
- Calba, C., Antoine-Moussiaux, N., Charrier, F., Hendriks, P., Saegerman, C., Peyre, M., Goutard, F.L., 2015b. Applying participatory approaches in the evaluation of surveillance systems: A pilot study on African swine fever surveillance in Corsica. *Preventive Veterinary Medicine* **122**, 389-398.
- Cameron, A., Trivedi, P., 2013. Regression analysis of count data, second edition. Econometric Society Monographs, Cambridge University Press, 566 p.
- Cavanaugh, R., 2015. Dr Girolamo Fracastoro (1478-1553) and the poetry of Syphilis. *Journal of Medical Biography*, (Epub ahead of print).
- CCN, 2016. Conseil des Chevaux de Normandie (<http://chevaux-normandie.com/>, consulté le 25 juillet 2016).
- CDC, 1988. Guidelines for evaluating surveillance systems. *Morbidity and Mortality Weekly Report* **6**, 1-18.
- CDC, 2001. Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems: recommendations from the Guidelines Working Group. *Morbidity and Mortality Weekly Report* **50**, 1-29.
- CDC, 2015. Our History (<http://www.cdc.gov/about/history/ourstory.htm>, consulté le 7 juillet 2016).
- Chabchoub, A., Landolsi, F., Mkaouer, L., Lasfar, F., Ghorbel, A., Ghram, A., 2002. Seroepidemiological survey on equine viral arteritis in two regions in Tunisia. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* **55**, 93-97.
- Chao, A., 1987. Estimating the population size for capture - recapture data with unequal catchability. *Biometrics* **43**, 783-791.
- Chaud, P. 2014. La surveillance, la veille et l'alerte sanitaire en France, DESC Pathologie Infectieuse et Tropicale, Paris, 17 avril 2014.
- Chirnside, E.D., 1992. Equine arteritis virus: an overview. *British Veterinary Journal* **148**, 181-197.
- Cho, H.J., Entz, S.C., Deregt, D., Jordan, L.T., Timoney, P.J., McCollum, W.H., 2000. Detection of antibodies to equine arteritis virus by a monoclonal antibody-based blocking ELISA. *Canadian Journal of Veterinary Research* **64**, 38-52.
- Christensen, J., Vallières, A., 2016. Scenario tree model for animal disease freedom framed in the OIE context using the example of a generic swine model for Aujeszky's disease in commercial swine in Canada. *Preventive Veterinary Medicine* **123**, 60-70.
- Chung, C., Wilson, C., Timoney, P., Adams, E., Adams, D.S., Chung, J.S., Evermann, J.F., Shuck, K., Lee, S.S., McGuire, T.C., 2013a. Comparison of an improved competitive enzyme-linked immunosorbent assay with the World Organization for Animal Health-prescribed serum neutralization assay for detection of antibody to Equine arteritis virus. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* **25**, 182-188.
- Chung, C., Wilson, C., Timoney, P., Balasuriya, U., Adams, E., Adams, D.S., Evermann, J.F., Clavijo, A., Shuck, K., Rodgers, S., Lee, S.S., McGuire, T.C., 2013b. Validation of an improved competitive enzyme-linked immunosorbent assay to detect Equine arteritis virus antibody. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* **25**, 727-735.
- Coggins, L., Norcross, N.L., 1970. Immunodiffusion reaction in equine infectious anemia. *Cornell Veterinarian* **60**, 330-335.
- Collier, N., Doan, S., Kawazoe, A., Goodwin, R.M., Conway, M., Tateno, Y., Ngo, Q.H., Dien, D., Kawtrakul, A., Takeuchi, K., Shigematsu, M., Taniguchi, K., 2008. BioCaster: Detecting public health rumors with a Web-based text mining system. *Bioinformatics* **24**, 2940-2941.
- Cook, R.F., Leroux, C., Issel, C.J., 2013. Equine infectious anemia and equine infectious anemia virus in 2013: A review. *Veterinary Microbiology* **167**, 181-204.
- Cormack, R.M., 1964. Estimates of survival from the sighting of marked animals. *Biometrika*, 429-438.
- Daix, C., 2013. Bilan des sous-réseaux - Année 2012. *Bulletin du Respe* **32**.
- Daix, C., 2014. Bilan des sous-réseaux 2013. *Bulletin du Respe* **33**.

- Daix, C., 2015. Bilan des sous-réseaux 2014. *Bulletin du Respe* **35**.
- Del Rio Vilas, V.J., Böhning, D., 2008. Application of one-list capture–recapture models to scrapie surveillance data in Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine* **85**, 253-266.
- Del Rio Vilas, V.J., Sayers, R., Sivam, K., Pfeiffer, D., Guitian, J., Wilesmith, J.W., 2005. A case study of capture–recapture methodology using scrapie surveillance data in Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine* **67**, 303-317.
- Delabouglise, A., Antoine-Moussiaux, N., Phan, T.D., Dao, D.C., Nguyen, T.T., Truong, B.D., Nguyen, X.N.T., Vu, T.D., Nguyen, K.V., Le, H.T., Salem, G., Peyre, M., 2016. The Perceived Value of Passive Animal Health Surveillance: The Case of Highly Pathogenic Avian Influenza in Vietnam. *Zoonoses and Public Health* **63**, 112-128.
- Descrozailles, F., 2006. Présentation de la FIVAL, [http://old.ffe.com/pedagogie/pdf/Presentation\\_de\\_la\\_Fival\\_DESCROZAILLES.pdf](http://old.ffe.com/pedagogie/pdf/Presentation_de_la_Fival_DESCROZAILLES.pdf), consulté le 22 juin 2016, 4 p.
- DGAL, 2010. Une politique de sécurité sanitaire rénovée pour l’agriculture française en 40 actions. Ministère de l’agriculture, de l’alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l’aménagement du territoire, Etats généraux du sanitaire, 16 p.
- DGAL, 2016. Liste des laboratoires agréés pour les analyses officielles de l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine, la métrite contagieuse équine, la dourine, la morve et l'encéphalite West Nile ([http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/maladies\\_equines\\_-\\_liste\\_laboratoires\\_agrees\\_v47.pdf](http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/maladies_equines_-_liste_laboratoires_agrees_v47.pdf), consulté le 2 mars 2016).
- DLD, 2016. Requirements for the importation of horses into the Kingdom of Thailand. Department of Livestock Development, Thailand ([https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/doccomp/TH\\_Horses\\_requirement\\_2006.pdf](https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/doccomp/TH_Horses_requirement_2006.pdf), consulté le 30 juin 2016).
- Dobson, R., 1999. First clinical performance indicators for Wales show wide variation. *British Medical Journal* **318**, 1026.
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H., 2010. Veterinary epidemiologic research, second edition. VER inc., Charlottetown, Prince Edward Island, Canada, 865 p.
- Dominguez, M. 2014. Indicateurs de situation sanitaire, Atelier méthodologique, 26 mai 2014 (<http://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/documents/ismai2014.1342.pdf>, consulté le 31 août 2016), 5 p.
- Dominguez, M., Calavas, D., Hendrikx, P., 2013. Indicateurs de fonctionnement de la surveillance. <http://www.plateforme-esa.fr/outils-et-methodes-indicateurs-de-fonctionnement>, consulté le 29 mai 2016, 27 p.
- Dos Santos, J.D., Lourenço, F.J., De Castro, B.G., 2016. Retrospective study of Equine Infectious Anemia in Mid-Northern Mato Grosso State, Brazil, 2006-2011. *Revista Brasileira de Medicina Veterinaria* **38**, 79-85.
- Doyle, T.J., Glynn, M.K., Groseclose, S.L., 2002. Completeness of Notifiable Infectious Disease Reporting in the United States: An Analytical Literature Review. *American Journal of Epidemiology* **155**, 866-874.
- Dressayre, P., Goussard, P.E., Sabathier, L., 2015. Réussir la conduite du changement dans les collectivités: méthodes et expériences. Territorial Editions, Voiron, France, 128 p.
- Drewe, J.A., Stärk, K.D., Floyd, T., 2013a. SERVAL: A generic framework for the evaluation of animal health surveillance - Incorporating a worked example from a case study of pre-movement testing for bovine tuberculosis in England and Wales. Royal Veterinary College, <http://www.rvc.ac.uk/VEEPH/SERVAL.cfm>, consulté le 29 août 2016, 45 p.
- Drewe, J.A., Häslér, B., Rushton, J., Stärk, K.D.C., 2014. Assessing the expenditure distribution of animal health surveillance: The case of Great Britain. *Veterinary Record* **174**, 16.
- Drewe, J.A., Hoinville, L.J., Cook, A.J.C., Floyd, T., Stärk, K.D.C., 2012. Evaluation of animal and public health surveillance systems: a systematic review. *Epidemiology and Infection* **140**, 575-590.

- Drewe, J.A., Hoinville, L.J., Cook, A.J.C., Floyd, T., Gunn, G., Stärk, K.D.C., 2013b. SERVAL: a new framework for the evaluation of animal health surveillance. *Transboundary and Emerging Diseases* **62**, 33-45.
- Dufour, B., 1993. Naissance et développement de l'épidémiosurveillance animale en France. *Epidémiologie et santé animale* **23**, 83-100.
- Dufour, B., 1994. Proposition d'application de la méthode HACCP au fonctionnement des réseaux d'épidémiosurveillance. *Epidémiologie et santé animale* **26**, 77-86.
- Dufour, B., 1999. Technical and economic evaluation method for use in improving infectious animal disease surveillance networks. *Veterinary Research* **30**, 27-37.
- Dufour, B., Audigé, L., 1997. A proposed classification of veterinary epidemiosurveillance networks. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **16**, 746-758.
- Dufour, B., Hendrikx, P., 2011. Surveillance épidémiologique en santé animale, troisième édition. Quae et AEEMA, Versailles - Maisons-Alfort, France, 341 p.
- Dufour, B., Hendrikx, P., Toma, B., 2006. The design and establishment of epidemiological surveillance systems for high-risk diseases in developed countries. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **25**, 187-198.
- Dufour, B., Ouagal, M., Idriss, A., Maho, A., Saboun, M., Bidjeh, K., Hagar, A.I., Delafosse, A., 1998. Evaluation du réseau d'épidémiosurveillance tchadien : le REPIMAT. *Epidémiologie et santé animale* **33**, 133-140.
- Dufourt, L., Bourrelly, R., 2010. Jeux et outils pour conduire le changement: optimisez votre démarche avec la Marelle du changement®. ESF, France, 192 p.
- Durand, E., 2015. Analyse du réseau des acteurs du dispositif Sylvatub dans quatre départements du Sud-Ouest. Mémoire PAGERS, Master Politiques Publiques et Gouvernements Comparés, parcours « Politique de l'Alimentation et Gestion des Risques Sanitaires », ENSV, 60 p.
- Dwyer, R., Harrison, L., Powell, D., 1993. Racetrack outbreak of EVA. *Equine disease quarterly* **2**, 2-3.
- El Adssi, H., Cirstea, D., Virion, J.M., Guillemin, F., de Korwin, J.D., 2013. Estimating the Prevalence of Systemic Sclerosis in the Lorraine Region, France, by the Capture-recapture Method. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* **42**, 530-538.
- El Allaki, F., Bigras-Poulin, M., Ravel, A., 2013. Conceptual evaluation of population health surveillance programs: Method and example. *Preventive Veterinary Medicine* **108**, 241-252.
- Elbers, A.R.W., Gorgievski-Duijvesteijn, M.J., van der Velden, P.G., Loeffen, W.L.A., Zarafshani, K., 2010. A socio-psychological investigation into limitations and incentives concerning reporting a clinically suspect situation aimed at improving early detection of classical swine fever outbreaks. *Veterinary Microbiology* **142**, 108-118.
- Erdman, M.M., Creekmore, L.H., Fox, P.E., Pelzel, A.M., Porter-Spalding, B.A., Aalsburg, A.M., Cox, L.K., Morningstar-Shaw, B.R., Crom, R.L., 2011. Diagnostic and epidemiologic analysis of the 2008-2010 investigation of a multi-year outbreak of contagious equine metritis in the United States. *Preventive Veterinary Medicine* **101**, 219-228.
- Faverjon, C., 2012. Adaptation d'une méthode d'évaluation des réseaux d'épidémiosurveillance (méthode Oasis) au contexte de l'Asie du Sud-Est, exemple du Laos. Thèse de Doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 129 p.
- Faverjon, C., Andersson, M.G., Tapprest, J., Sala, C., Decors, A., Triz, P., Kutasi, O., Sandoz, A., Leblond, A., 2016. Evaluation of Outbreak detection performance using Multivariate syndromic surveillance system for West Nile Virus. *Vector borne and zoonotic diseases* **16**, 382-390.
- Ferry, B., 2011. La cellule de crise du RESPE : une réalité appréciée de la filière équine dans le Sud-Est. *Bulletin du Respe* **29**.
- FFE, 2016. Evolution des licences (<http://www.ffe.com/journaliste/Publications/Statistiques>, consulté le 23 août 2016).
- Figuié, M., Peyre, M., 2013. Le concept « Une seule santé » : une réponse à l'incertitude dans la gouvernance internationale des zoonoses émergentes ? *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* **66**, 41-46.

- Fletcher, B., 2010. La FIVAL en sommeil. Leperon.fr (<http://www.leperon.fr/Cheval-de-A-a-Z/Politique/La-FIVAL-en-sommeil>, consulté le 4 juillet 2016).
- FNCH, 2016. Fédération nationale des courses hippiques françaises ([www.fnch.fr](http://www.fnch.fr), consulté le 14 juin 2016).
- Foddai, A., Stockmarr, A., Boklund, A., 2016. Evaluation of temporal surveillance system sensitivity and freedom from bovine viral diarrhoea in Danish dairy herds using scenario tree modelling. *BMC Veterinary Research* **12**, 1-12.
- Fondation Hippolia, 2016. La fondation Hippolia (<http://fondation-hippolia.org/>, consulté le 18 mai 2016).
- France Galop, 2007. L'histoire des courses de galop ([http://www.france-galop.com/uploads/tx\\_smiledocutheque/Historique07.pdf](http://www.france-galop.com/uploads/tx_smiledocutheque/Historique07.pdf), consulté le 25 juillet 2016).
- FranceAgriMer, 2014. Les filières animales terrestres et aquatiques, bilan 2013, perspectives 2014. FranceAgriMer, <http://www.franceagrimer.fr/content/download/29736/264003/file/BIL-MER-VIA-LAI-Bilan2013-Perspectives2014.pdf>, consulté le 12 juillet 2016, 152 p.
- FranceAgriMer, 2015. Les filières animales terrestres et aquatiques, bilan 2014, perspectives 2015. FranceAgriMer, <http://www.franceagrimer.fr/content/download/36678/336018/file/BIL-MER-VIA-LAI-Bilan2014-Perspectives2015.pdf>, consulté le 12 juillet 2016, 168 p.
- FranceAgriMer, 2016a. Les filières animales terrestres et aquatiques, bilan 2015, perspectives 2016. FranceAgriMer, <http://www.franceagrimer.fr/content/download/42562/397510/file/BIL-MER-VIA-LAI-Bilan2015-Perspectives2016.pdf>, consulté le 12 juillet 2016, 136 p.
- FranceAgriMer, 2016b. Expadon (<https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon>, consulté le 11 mai 2016).
- Galanis, E., Parmley, J., De With, N., Byrne, S., Fung, J., Hoang, L., Laberge, K., Leslie, M., Li, M., MacDougall, L., McIntyre, L., Morshed, M., Paccagnella, A., Pritchard, J., Radke, B., Stephen, C., Stone, J., Taylor, M., Wong, J., Zabek, E., 2012. Integrated surveillance of Salmonella along the food chain using existing data and resources in British Columbia, Canada. *Food Research International* **45**, 795-801.
- Garin, E., Hendriks, P., Ribière-Chabert, M., Chauzat, M.-P., 2014a. EPILOBEE : Un programme européen de surveillance de la mortalité des colonies d'abeilles. *Epidémiologie et santé animale* **66**, 43-50.
- Garin, E., Ribière-Chabert, M., Laurent, M., Hendriks, P., Chauzat, M.-P. 2014b. When epidemiology meets apidology : a pan European surveillance program on honeybee colony losses (*Apis mellifera*). Proceedings of the SVEPM, Society for veterinary epidemiology and preventive medicine conference, Dublin, Ireland, 26-28 March 2014, 247-270.
- GHN, 2016. Groupement Hippique National (<http://www.ghn.com.fr/>, consulté le 6 juin 2016).
- Go, Y.Y., Cook, R.F., Fulgêncio, J.Q., Campos, J.R., Henney, P., Timoney, P.J., Horohov, D.W., Balasuriya, U.B.R., 2012. Assessment of correlation between in vitro CD3 + T cell susceptibility to EAV infection and clinical outcome following experimental infection. *Veterinary Microbiology* **157**, 220-225.
- Gorecki, S., Calavas, D., Fediaevsky, A., Chevalier, F., Hendriks, P., 2012. Évaluation du dispositif national de surveillance épidémiologique de la tuberculose bovine en France à l'aide de la méthode OASIS. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **51**, 9-12.
- Grandcollot-Chabot, M., 2016. Etude des aspects techniques relatifs à l'amélioration de la surveillance des maladies équinées en France. Mémoire pour l'obtention du Certificat d'Etudes Approfondies Vétérinaires en Santé Publique Vétérinaire, Anses, 56 p.
- Guo, X., Claassen, G.D.H., Oude Lansink, A.G.J.M., Saatkamp, H.W., 2014. A conceptual framework for economic optimization of single hazard surveillance in livestock production chains. *Preventive Veterinary Medicine* **114**, 188-200.
- Hans, A., Marcé, C., 2012a. Etat des lieux de l'anémie infectieuse des équidés (AIE) en France en 2011 : aucun foyer détecté. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **54**, 60-61.
- Hans, A., Marcé, C., 2012b. Etat des lieux de l'artérite virale équine (AVE) en France en 2011. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **54**, 62-63.
- Hans, A., Ponçon, N., Zientara, S., 2012. Situation épidémiologique de l'anémie infectieuse des équidés en France et en Europe de 1994 à 2011. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* **165**, 27-34.

- Hans, A., Legrand, L., Lecouturier, F., Beck, C., Zientara, S., 2011. L'artérite virale équine en France et en Europe. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **49**, 39-41.
- Hans, A., Amat, J.P., Garcia, P., Lecouturier, F., Gaudaire, D., Zientara, S., Gay, P., Grandcollot-Chabot, M., 2014. L'anémie infectieuse des équidés en France en 2013. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **64**, 66-68.
- Hans, A., Jean-Baptiste, S., Amat, J.P., Chevé, F., Amelot, G., Guyot, J.-J., Dalgaz, F., Lecouturier, F., Courcoul, A., Gay, P., Gaudaire, D., Grandcollot-Chabot, M., 2015. Surveillance de l'anémie infectieuse des équidés : deux foyers détectés dans le Sud de la France en 2014. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **71**, 72-76.
- Haras Nationaux, 2009a. Caractéristiques socio-économiques des entreprises de la filière équine : Les observatoires économiques régionaux. Haras nationaux et Fédération des Conseils des Chevaux et/ou des Equidés de France, Arnac-Pompadour ; Hotot-en-Auge, 16 p.
- Haras Nationaux, 2009b. Comité d'orientation du SIRE, 5 p.
- Harper, S.L., Edge, V.L., Schuster-Wallace, C.J., Ar-Rushdi, M., McEwen, S.A., 2011. Improving Aboriginal health data capture: evidence from a health registry evaluation. *Epidemiology and Infection* **139**, 1774-1783.
- Harrold, S.M., Cook, S.J., Cook, R.F., Rushlow, K.E., Issel, C.J., Montelaro, R.C., 2000. Tissue Sites of Persistent Infection and Active Replication of Equine Infectious Anemia Virus during Acute Disease and Asymptomatic Infection in Experimentally Infected Equids. *Journal of Virology* **74**, 3112-3121.
- Häsler, B., Howe, K.S., Stärk, K.D., 2011. Conceptualising the technical relationship of animal disease surveillance to intervention and mitigation as a basis for economic analysis. *BMC Health Services Research* **11**, 225.
- Hawkins, J., Adams, W.J., Wilson, B., Issel, C., Roth, E., 1976. Transmission of equine infectious anemia virus by *Tabanus fuscicostatus*. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **168**, 63-64.
- Hayama, Y., Kobayashi, S., Nishida, T., Muroga, N., Tsutsui, T., 2012. Network simulation modeling of equine infectious anemia in the non-racehorse population in Japan. *Preventive Veterinary Medicine* **103**, 38-48.
- Hendriks, P., Dufour, B., 2004. Méthode d'élaboration des indicateurs de performance des réseaux de surveillance épidémiologique des maladies animales. *Epidémiologie et santé animale* **46**, 71-85.
- Hendriks, P., Calavas, D., 2010. Diversité de l'épidémiosurveillance des maladies animales et perspectives d'évolution. *Le nouveau Praticien Vétérinaire Elevages et Santé* **4**, 8-12.
- Hendriks, P., Chazel, M., Buret, Y., Dufour, B., 2005. Development of performance indicators for the bovine clinical salmonellosis surveillance network in France. *Journal of Veterinary Medicine Series B: Infectious Diseases and Veterinary Public Health* **52**, 465-475.
- Hendriks, P., Souillard, R., Benkacimi, M., Boisseleau, D., Sadon s, H., 2013.  valuation du dispositif national de surveillance épidémiologique des pestes aviaires en France à l'aide de la méthode OASIS. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **60**, 22-26.
- Hendriks, P., Fediaevsky, A., Gorecki, S., Chevalier, F., Calavas, D., Dufour, B. 2012. Assessment of bovine tuberculosis surveillance in France. Proceedings of the 13th ISVEE, International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics, Maastricht, Belgium, Netherlands, 2012, 509.
- Hendriks, P., Gay, E., Chazel, M., Moutou, F., Danan, C., Richomme, C., Boue, F., Souillard, R., Gauchard, F., Dufour, B., 2011a. Questionnaire Oasis, <http://www.platforme-esa.fr/outils-et-methodes-methodes-oasis>, consulté le 10 mai 2016, 39 p.
- Hendriks, P., Gay, E., Chazel, M., Moutou, F., Danan, C., Richomme, C., Boue, F., Souillard, R., Gauchard, F., Dufour, B., 2011b. OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. *Epidemiology and Infection* **139**, 1486-1496.
- Hernández Cruz, Y., Díaz Morales, V., Casa nas Sosa, J.P., Herrera, D., Torres Villar, M., Sánchez Marrero, J., González Chirolez, P.L., 2014. Behavior of the prevalence of equine infectious anemia in the Bauta municipality during the period 2000-2011. *Revista Electronica de Veterinaria* **15**, 12.

- Heydemann, P., Boyer, S., Couzy, C., Dornier, X., Madeline, L., Morhain, B., Ragot, N., 2011. Panorama économique de la filière équine. IFCE, Le Pin-au-haras, 248 p.
- Heymann, D.L., Rodier, G.R., 1998. Global Surveillance of Communicable Diseases. *Emerging Infectious Diseases* **4**, 362-365.
- Hilbe, J.M., 2011. Negative Binomial Regression. Cambridge University Press, New York, USA, 570 p.
- Hoinville, L.J., Alban, L., Drewe, J.A., Gibbens, J.C., Gustafson, L., Häsler, B., Saegerman, C., Salman, M., Stärk, K.D.C., 2013. Proposed terms and concepts for describing and evaluating animal health surveillance systems. *Preventive Veterinary Medicine* **112**, 1-12.
- Holden, C., 1978. Outbreak of equine VD stirs fear in Kentucky. *Science* **200**, 181-185.
- Hood, G.M., Barry, S.C., Martin, P.A., 2009. Alternative methods for computing the sensitivity of complex surveillance systems. *Risk Analysis* **29**, 1686-1698.
- Hook, E.B., Regal, R.R., 1995. Capture-recapture methods in epidemiology: Methods and limitations. *Epidemiologic Reviews* **17**, 243-264.
- Hothorn, T., Everitt, B.S., 2014. A handbook of statistical analyses using R, Third Edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton FL, USA, 456 p.
- HSCC, 2004. Framework and tools for evaluating health surveillance systems. Health Surveillance Coordinating Committee, Health Canada, <http://open.canada.ca/vl/en/doc/publications-260337>, consulté le 21 juin 2016, 48 p.
- IAEA, 2001. Performance indicators for rinderpest surveillance. International Atomic Energy Agency, Vienne, Autriche (<http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/public/aph-tecdoc-1261.pdf>, consulté le 12 août 2016), 92 p.
- ICAHS, 2013. Animal Health Surveillance Terminology Final Report from pre-ICAHS Workshop. International Conference on Animal Health surveillance, [http://www.fp7-risksur.eu/sites/default/files/partner\\_logos/icahs-workshop-2011\\_surveillance\\_terminology\\_report\\_V1.2.pdf](http://www.fp7-risksur.eu/sites/default/files/partner_logos/icahs-workshop-2011_surveillance_terminology_report_V1.2.pdf), consulté le 4 mai 2016, 27 p.
- IFCE, 2014. Note d'information - Nouvelles dispositions concernant le transport de chevaux entre la France, l'Angleterre et l'Irlande en vertu de l'accord tripartite du 20/11/2013. IFCE, <http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/07/SIRE-Accord-tripartiteV3.pdf>, consulté le 17 juin 2016, 2 p.
- IFCE, 2015a. Monte 2015 : Dépistages et vaccinations sur les étalons et juments selon les règlements des stud-books, [http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages\\_vaccinations\\_etavons\\_juments\\_MONTE\\_2016.pdf](http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages_vaccinations_etavons_juments_MONTE_2016.pdf) (consulté le 2 septembre 2015), 2 p.
- IFCE, 2015b. Annuaire écus 2015. IFCE - Réseau Economique de la Filière Equine, Le Pin au Haras, 63 p.
- IFCE, 2016a. Monte 2016 : Dépistages et vaccinations sur les étalons et juments selon les règlements des stud-books, [http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages\\_vaccinations\\_etavons\\_juments\\_MONTE\\_2016.pdf](http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages_vaccinations_etavons_juments_MONTE_2016.pdf) (consulté le 24 mai 2016), 2 p.
- IFCE, 2016b. Le cheptel équin français (<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/filiere-economie/chiffres-cles-sur-les-entreprises-ressources-et-territoire/le-cheptel-equin-francais.html>, consulté le 30 août 2016).
- IFCE, 2016c. Formulaire de demande d'analyses de la monte (<http://www.ifce.fr/ifce/sire-demarches/sanitaire-detention/analyses-et-prelevements/>, consulté le 29 août 2016).
- IFCE, 2016d. Détenteurs d'équidés : Vos démarches sanitaires pas à pas, <http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/10/SIRE-guide-d%C3%A9tenteursV4.pdf>, consulté le 14 juin 2016, 11 p.
- IFCE, 2016e. Institut français du cheval et de l'équitation ([www.ifce.fr](http://www.ifce.fr), consulté le 5 juillet 2016).
- IFCE, 2016f. Stats & cartes ([http://statscheval.haras-nationaux.fr/core/zone\\_menus.php?zone=229&r=1316](http://statscheval.haras-nationaux.fr/core/zone_menus.php?zone=229&r=1316), consulté le 3 mai 2016).
- IGN, 2015. Répertoire Géographique des Communes Version 2, Institut national de l'information géographique et forestière (<http://professionnels.ign.fr/rgc#tab-3>, consulté le 16 mai 2016).
- Ilef, D. 2008. Présentation de l'InVS et de sa démarche en matière de surveillance syndromique. Journée SOS Médecins – InVS, Saint-Maurice, France, 2008, 4-5.

- INSEE, 2011. Recensement de la population [http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=14&ref\\_id=popop023](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=14&ref_id=popop023), consulté le 16 mai 2016.
- Interbev, 2016. Interprofession bétail et viande (<http://www.interbev.fr/>, consulté le 7 juillet 2016).
- Issel, C.J., Foil, L.D., 2015. Equine infectious anaemia and mechanical transmission: Man and the wee beasties. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **34**, 513-523.
- Issel, C.J., Adams, W.V., Jr., Meek, L., Ochoa, R., 1982. Transmission of equine infectious anemia virus from horses without clinical signs of disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **180**, 272-275.
- Issel, C.J., Rushlow, K., Foil, L.D., Montelaro, R.C., 1988. A perspective on equine infectious anemia with an emphasis on vector transmission and genetic analysis. *Veterinary Microbiology* **17**, 251-286.
- IWGDMF, 1995a. Capture-recapture and multiple-record systems estimation I: History and theoretical development. International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting. *American Journal of Epidemiology* **142**, 1047-1058.
- IWGDMF, 1995b. Capture-recapture and multiple-record systems estimation II: Applications in human diseases. International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting. *American Journal of Epidemiology* **142**, 1059-1068.
- Jang, S.S., Donahue, J.M., Arata, A.B., Goris, J., Hansen, L.M., Earley, D.L., Vandamme, P.A.R., Timoney, P.J., Hirsh, D.C., 2001. *Taylorella asinigenitalis* sp. nov., a bacterium isolated from the genital tract of male donkeys (*Equus asinus*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **51**, 971-976.
- Jeoung, H.-Y., Lee, K.-E., Yang, S.-J., Park, T., Lee, S.K., Lee, J.-H., Kim, S.-H., Kim, B., Kim, Y.-J., Park, J.-Y., 2016. First isolation of *Taylorella equigenitalis* from Thoroughbred horses in South Korea. *Journal of Equine Veterinary Science* **47**, 42-46.
- Jez, C., Coudurier, B., Cressent, M., Méa, F., Perrier-Cornet, P., Rossier, E., 2012. La filière équine française à l'horizon 2030. Rapport du groupe de travail de la prospective équine, INRA-IFCE, 98 p.
- Joseph, L., Gyorkos, T.W., Coupal, L., 1995. Bayesian estimation of disease prevalence and the parameters of diagnostic tests in the absence of a gold standard. *American Journal of Epidemiology* **141**, 263-272.
- Jouve, J.L., 1988. L'assurance de la qualité microbiologique des aliments par le système HACCP. *Science des aliments* **58**, 115-129.
- Kaiser, A., Meier, H.P., Doherr, M.G., Perler, L., Zanoni, R., Gerber, V., 2009. Serological and clinical proof of freedom from equine infectious anemia (eia) in imported and domestic horses in Switzerland. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* **151**, 165-170.
- Kaneene, J.B., Miller, R., Kaplan, B., Steele, J.H., Thoen, C.O., 2014. Preventing and controlling zoonotic tuberculosis: A one health approach. *Veterinaria Italiana* **50**, 7-22.
- Kansanterveyslaitos Folkhälsöinstitutet, 2004. Protocol for the evaluation of EU-wide surveillance networks on communicable diseases. National Public Health Institute, [http://ec.europa.eu/health/ph\\_projects/2002/com\\_diseases/fp\\_commdis\\_2002\\_frep\\_18\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/com_diseases/fp_commdis_2002_frep_18_en.pdf) (consulté le 6 juin 2016), 59 p.
- Karamanou, M., Panayiotakopoulos, G., Tsoucalas, G., Kousoulis, A.A., Androutsos, G., 2012. From miasmas to germs: a historical approach to theories of infectious disease transmission. *Le Infezioni in Medicina* **20**, 58-62.
- Keller, M., Blench, M., Tolentino, H., Freifeld, C.C., Mandl, K.D., Mawudeku, A., Eysenbach, G., Brownstein, J.S., 2009. Use of unstructured event-based reports for global infectious disease surveillance. *Emerging Infectious Diseases* **15**, 689-695.
- Kemen, M.J.J., Coggins, L., 1972. Equine infectious anemia: transmission from infected mares to foals. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **161**, 496-499.
- Kettle, A.N.B., Wernery, U., 2016. Glanders and the risk for its introduction through the international movement of horses. *Equine Veterinary Journal* **48**, 654-658.
- Kotter, J., 2015. Conduire le changement. Pearson, 256 p.

- Kristula, M., 2013. Contagious Equine Metritis. In: Sellon, D.C., Long, M., Equine Infectious Diseases: Second Edition. Elsevier Inc., 339-343.
- Laabassi, F., Amelot, G., Laugier, C., Zientara, S., Nasri, A.M., Hans, A., 2014. Prevalence of equine viral arteritis in Algeria. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **33**, 967-974.
- Laplace, S.P., 1786. Sur les naissances, les mariages et les morts. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences Année 1783*, 693.
- Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J., Anderson, D.R., 1992. Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals : a unified approach with case studies. *Ecological monographs* **62**, 67-118.
- Lebrun, J., 2010. Les enjeux et les perspectives de la filière équine en France, avis et rapports du conseil économique, social et environnemental. Conseil économique, social et environnemental, Paris, France, 55 p.
- Lecollinet, S., Leblond, A., Durand, B., Zientara, S., Ponçon, N., 2012. Le virus West Nile : bilan de la situation en Europe et point sur la surveillance en France. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **49**, 32-34.
- Légaré, M., 2003. CESAME : Centre d'épidémiosurveillance et d'alerte pour les maladies des équidés. *Bulletin Epidémiologique* **7**, 5-6.
- Lignée, M., 1843. Mémoires et observations sur une maladie de sang, connue sous le nom d'anémie hydrohémie. Cachexie aqueuse de cheval. *Recueil de Médecine Vétérinaire* **20** 30-45.
- Liljenstolpe, C., 2009. Horses in Europe. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 32 p.
- Lincoln, F.C., 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *Washington DC: US Department of Agriculture* **118**, 1-4.
- Luddy, S., Kutzler, M.A., 2010. Contagious equine metritis within the United States: A review of the 2008 outbreak. *Journal of Equine Veterinary Science* **30**, 393-400.
- Lynn, T., Grannis, J., Williams, M., Marshall, K., Miller, R., Bush, E., Bruntz, S., 2007. An evaluation of scrapie surveillance in the United States. *Preventive Veterinary Medicine* **81**, 70-79.
- MAAF, 2016a. Certificat sanitaire pour l'importation de chevaux à Singapour ([https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/certificat/SG\\_EQ\\_CS\\_JUN\\_16\\_5@.pdf](https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/certificat/SG_EQ_CS_JUN_16_5@.pdf), consulté le 30 août 2016).
- MAAF, 2016b. Certificat sanitaire pour l'exportation d'un cheval vers la République populaire de Chine (<https://teleprocedures.franceagrimer.fr/Expadon/docs/certificat/CNEQAVR16@.pdf>, consulté le 30 août 2016).
- MacLachlan, N.J., Balasuriya, U.B.R., Hedges, J.F., Schweidler, T.M., McCollum, W.H., Timoney, P.J., Hullinger, P.J., Patton, J.F., 1998. Serologic response of horses to the structural proteins of equine arteritis virus. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* **10**, 229-236.
- Mair, F., 1995. Performance indicators for general practice. Emphasis is changing from quality assurance to continuous quality improvement. *British Medical Journal* **311**, 1167-1168.
- Majeed, F.A., Voss, S., 1995. Performance indicators for general practice. *British Medical Journal* **311**, 209-210.
- Malecki, K.C., Resnick, B., Burke, T.A., 2008. Effective environmental public health surveillance programs: A framework for identifying and evaluating data resources and indicators. *Journal of Public Health Management and Practice* **14**, 543-551.
- Malik, P., Singha, H., Goyal, S.K., Khurana, S.K., Kumar, R., Virmani, N., Shanmugasundaram, K., Pandey, S.B., Kant, R., Singh, B.K., Singh, R.K., 2013. Sero-surveillance of equine infectious anemia virus in equines in India during more than a decade (1999-2012). *Indian Journal of Virology* **24**, 386-390.
- Marcillaud-Pitel, C., Dufour, B., Ferry-Abitbol, B., 2012. La cellule de crise du RESPE, son fonctionnement, ses missions et ses résultats. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **49**, 20.
- Marsot, M., Rautureau, S., Dufour, B., Durand, B., 2014. Impact of stakeholders influence, geographic level and risk perception on strategic decisions in simulated foot and mouth disease epizootics in France. *PLoS ONE* **9**.

- Martin, P.A.J., Cameron, A.R., Greiner, M., 2007a. Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources. 1: A new methodology based on scenario trees. *Preventive Veterinary Medicine* **79**, 71-97.
- Martin, P.A.J., Cameron, A.R., Barfod, K., Sergeant, E.S.G., Greiner, M., 2007b. Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources. 2: Case study-Classical swine fever in Denmark. *Preventive Veterinary Medicine* **79**, 98-115.
- May, C.E., Guthrie, A.J., Keys, B., Joone, C., Monyai, M., Schulman, M.L., 2015. Polymerase chain reaction-based national surveillance programme to determine the distribution and prevalence of *Taylorella equigenitalis* in South African horses. *Equine Veterinary Journal* **48**, 307-311.
- McNabb, S.J.N., Surdo, A.M., Redmond, A., Cobb, J., Wiley, J., Chakrabarti, S., Duncan, H., Qualls, N., Moore, M., 2004. Applying a new conceptual framework to evaluate tuberculosis surveillance and action performance and measure the costs, Hillsborough County, Florida, 2002. *Annals of Epidemiology* **14**, 640-645.
- Mercier, A., Cauchard, J., Lecollinet, S., 2016. Recrudescence des infections à virus West Nile en Europe - point de situation 2016-01 au 02 septembre 2016 (<http://www.plateforme-esa.fr/article/recrudescence-des-infections-%C3%A0-virus-west-nile-en-europe-point-de-situation-2016-01-au-02>, consulté le 8 septembre 2016).
- Metcalf, E.S., 2011. Venereal Disease. In: McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E., Varner, D.D., Equine Reproduction. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 1250-1258.
- Meynard, J.B., Chaudet, H., Green, A.D., Jefferson, H.L., Texier, G., Webber, D., Dupuy, B., Boutin, J.P., 2008. Proposal of a framework for evaluating military surveillance systems for early detection of outbreaks on duty areas. *BMC Public Health* **8**.
- Miszczak, F., Legrand, L., Balasuriya, U.B., Ferry-Abitbol, B., Zhang, J., Hans, A., Fortier, G., Pronost, S., Vabret, A., 2012. Emergence of novel equine arteritis virus (EAV) variants during persistent infection in the stallion: origin of the 2007 French EAV outbreak was linked to an EAV strain present in the semen of a persistently infected carrier stallion. *Virology* **423**, 165-174.
- Mitchell, R.J., Williamson, A.M., O'Connor, R., 2009. The development of an evaluation framework for injury surveillance systems. *BMC Public Health* **9**, doi: 10.1186/1471-2458-1189-1260.
- Morris, R.S., 1991. Information systems for animal health: objectives and components. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **10**, 13-23.
- Mourits, M.C.M., van Asseldonk, M.A.P.M., Huirne, R.B.M., 2010. Multi Criteria Decision Making to evaluate control strategies of contagious animal diseases. *Preventive Veterinary Medicine* **96**, 201-210.
- NAHMS, 2000. Equine Viral Arteritis (EVA) and the U.S. Horse Industry. USDA, APHIS, VS, CEAH, National Animal Health Monitoring System, Fort Collins, CO, 40 p.
- Napoli, C., Iannetti, S., Rizzo, C., Bella, A., Di Sabatino, D., Bruno, R., Sauro, F., Martini, V., Santucci, V.U., Declich, S., Calistri, P., 2015. Vector borne infections in Italy: Results of the integrated surveillance system for west nile disease in 2013. *BioMed Research International* **2015**, doi:10.1155/2015/643439.
- Newton, J.R., Wood, J.L.N., Castillo-Olivares, F.J., Mumford, J.A., 1999. Serological surveillance of equine viral arteritis in the United Kingdom since the outbreak in 1993. *Veterinary Record* **145**, 511-516.
- NFAHW Council, 2011. La surveillance de la santé des animaux d'élevage dans une période de transition. Conseil national sur la santé et le bien-être des animaux d'élevage (National farmed animal health and welfare council ), <http://www.ahwcouncil.ca/documents/enonces-et-rapports-de-consultation>, consulté le 21 mars 2016, 48 p.
- Nsubuga, P., White, M.E., Thacker, S.B., Anderson, M.A., Blount, S.B., Broome, C.V., Chiller, T.M., Espitia, V., Intiaz, R., Sosin, D., Stroup, D.F., Tauxe, R.V., Vijayaraghavan, M., Trostle, M., 2006. Public Health Surveillance: A Tool for Targeting and Monitoring Interventions. In: Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B., Jha, P., Mills, A., Musgrove, P., Disease Control Priorities in Developing Countries. 2nd edition. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; Oxford University Press, Washington (DC), USA, 1440 p.

- Ohashi, T., Sugiyama, K., Koba, Y., Hasegawa, A., Yamamoto, T., Tsutsui, T., 2010. Development of a semi-quantitative evaluation system for surveillance of bovine spongiform encephalopathy, using the analytic hierarchy process. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **29**, 473-483.
- OIE, 2012. Chapter 2.5.2 Contagious equine metritis. In: World organisation for animal health, Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (Mammals, birds and bees). OIE, Paris, France, 7 p.
- OIE, 2013. Chapter 2.5.10. Equine viral arteritis (infection with equine arteritis virus). In: World organisation for animal health, Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (Mammals, birds and bees). OIE, Paris, France, 17 p.
- OIE, 2016a. Chapitre 12.9. Infection par le virus de l'artérite virale équine. In: Organisation mondiale de la santé animale, Code sanitaire pour les animaux terrestres. OIE, Paris, France, 4 p.
- OIE, 2016b. Chapitre 1.4. Surveillance de la santé animale. In: Organisation mondiale de la santé animale, Code sanitaire pour les animaux terrestres. OIE, Paris, France, 10 p.
- OMC, 1995. Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures. In: World Trade Organization, The results of the Uruguay round of multilateral trade negotiations: the legal text WTO. Geneva, Switzerland, 558 p.
- Palussière, M., Bronner, A., Hendriks, P., Calavas, D., 2014. Guide d'évaluation de la qualité des données d'un dispositif de surveillance épidémiologique en santé animale - Version « bêta ». Anses, [http://www.platforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/Guide\\_qualit%C3%A9%20des%20donn%C3%A9es.pdf](http://www.platforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/Guide_qualit%C3%A9%20des%20donn%C3%A9es.pdf) (consulté le 8 juillet 2016), 77 p.
- Perez, A., Alkhamis, M., Carlsson, U., Brito, B., Carrasco-Medanic, R., Whedbee, Z., Willeberg, P., 2011. Global animal disease surveillance. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology* **2**, 135-145.
- Perrin, J.-B., Dutot, R., Fediaevsky, A., 2014. Le CSD-ESA : un outil de pilotage pour la surveillance épidémiologique en santé animale. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **62**, 26-31.
- Perrin, J.-B., Hosteing, S., Gache, K., Touratier, A. 2015. Maladies abortives des ruminants. Journée annuelle de la Plateforme ESA, 16 juin 2015, <http://www.platforme-esa.fr/article/journ%C3%A9e-annuelle-de-la-plateforme-esa-16-juin-2015> (consulté le 30 août 2016).
- Petersen, C.G.J., 1896. The Yearly Immigration of Young Plaice Into the Limfjord From the German Sea. *Report of the Danish Biological Station* **6**, 5-84.
- Petry, S., 2012. La métrite contagieuse équine en France. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **49**, 45.
- Petry, S., Marcé, C., 2012. Etat des lieux de la métrite contagieuse équine (MCE) en France en 2011 : deux cas sur des femelles trotteurs français. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **54**, 64-65.
- Peyre, M., Hendriks, P., Pahm Thi Thanh, H., Do Huu, D., Goutard, F., Desvaux, S., Roger, F., 2011. Evaluation of surveillance systems in animal health: the need to adapt the tools to the contexts of developing countries, results from a regional workshop in Southeast Asia. *Epidémiologie et santé animale* **59-60**, 415-417.
- Peyre, M., Häsler, B., Hoinville, L., Goutard, F., Cameron, A., Dorea, F., Traon, D., Grosbois, V., Schauer, B. 2015. The EVA tool: a decision support tool for the evaluation of surveillance systems, RiskSur Symposium, Animal Health Surveillance 2.0, Ghent, Belgium, 24 March 2015.
- Phillips, V.L., Teweldemedhin, B., Ahmedov, S., Cobb, J., McNabb, S.J.N., 2010. Evaluation of program performance and expenditures in a report of performance measures (RPM) via a case study of two Florida county tuberculosis programs. *Evaluation and Program Planning* **33**, 373-378.
- Plateau, E., 1987. Surveillance sanitaire des maladies infectieuses et parasitaires équines. *Pratique vétérinaire équine* **19**, 49-50.
- Plateforme ESA, 2011. Procédure d'évaluation des dispositifs de surveillance épidémiologique avec OASIS, [http://www.platforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/oasis/procedure\\_oasis.pdf](http://www.platforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/oasis/procedure_oasis.pdf), consulté le 6 septembre 2016, 23 p.

- Plateforme ESA, 2014a. Procédure d'évaluation d'un dispositif de surveillance selon la méthode OASIS Flash, [http://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/oasis/procedure\\_oasis\\_flash\\_v3.pdf](http://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/images/documents/oasis/procedure_oasis_flash_v3.pdf), consulté le 6 septembre 2016, 2 p.
- Plateforme ESA 2014b. Rapport d'activité, octobre 2011 – décembre 2013 (<http://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiov-H1xcrOAhUFWRoKHVTHAGEQFggeMAA&url=http%3A%2F%2Fagriculture.gouv.fr%2Ftelecharger%2F55360%3Ftoken%3Df039bbc272fdcef9e59939a355453b6b&usg=AFQjCNFKLkWI3ARsmzKuSpS6qy8fDb-EWQ>, consulté le 5 juillet 2016), 57 p.
- Plateforme ESA, 2015. Surveillance des maladies abortives des ruminants. Bulletin semestriel n°1, 4 p. <http://www.plateforme-esa.fr/maladies-abortives-des-ruminants>, consulté le 5 septembre 2016.
- Plateforme ESA, 2016a. Surveillance des maladies abortives des ruminants. Bulletin semestriel n°2, 6 p. [http://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/documents/Bulletin\\_N%C2%B02.pdf](http://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/documents/Bulletin_N%C2%B02.pdf), consulté le 12 juillet 2016.
- Plateforme ESA, 2016b. Plateforme ESA (<http://www.plateforme-esa.fr/>, consulté le 18 août 2016).
- Platt, H., Atherton, J.G., Simpson, D.J., Taylor, C.E., Rosenthal, R.O., Brown, D.F., Wreghitt, T.G., 1977. Genital infection in mares. *Veterinary Record* **101**, 20.
- Polley, L., Gaschler, C., Gajadhar, A., 2000. National occurrence reporting of Trichinella and trichinellosis using a computerized database. *Veterinary Parasitology* **93**, 351-363.
- Ponçon, N., 2011. Fiche descriptive du dispositif de surveillance de l'Anémie infectieuse des équidés.
- Ponçon, N., Moutou, F., Gaudaire, D., Napolitan, L., Le Guyader, E., Hans, A., 2011. Bilan de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés en France en 2010 : gestion de deux épisodes asymptomatiques. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **46**, 54-55.
- Powell, D.G., 1981. Contagious equine metritis. *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine* **25**, 161-184.
- Praud, A., Gimenez, O., Zanella, G., Dufour, B., Pozzi, N., Antras, V., Meyer, L., Garin-Bastuji, B., 2012. Estimation of sensitivity and specificity of five serological tests for the diagnosis of porcine brucellosis. *Preventive Veterinary Medicine* **104**, 94-100.
- Premaratna, R., Weerasinghe, S., Ranaweera, A., Chandrasena, T.N., Bandara, N.W., Dasch, G.A., De Silva, H.J., 2012. Clinically helpful rickettsial disease diagnostic IgG titers in relation to duration of illness in an endemic setting in Sri Lanka. *BMC Research Notes* **5**, doi: 10.1186/1756-0500-1185-1662.
- Pronost, S., Pitel, P.H., Miszczak, F., Legrand, L., Marcillaud-Pitel, C., Hamon, M., Tapprest, J., Balasuriya, U.B., Freymuth, F., Fortier, G., 2010. Description of the first recorded major occurrence of equine viral arteritis in France. *Equine Veterinary Journal* **42**, 713-720.
- Réseau Sentinelles, 2015. Le réseau Sentinelles (<https://websenti.u707.jussieu.fr/sentiweb/?page=presentation>, consulté le 17 juin 2016).
- RESPE, 2006. Le Respe pour les nuls. *Bulletin du Respe* **19**, annexe.
- RESPE, 2010a. Fiche technique : le RESPE. Haras Nationaux, Le Pin au Haras, 4 p.
- RESPE, 2010b. Protocole Cellule de crise du RESPE.
- RESPE, 2013. Protocole de déclaration du sous-réseau Syndrome respiratoire aigu, 2 p.
- RESPE, 2014. Sous-Réseau Syndrome Piro-Like, <http://www.respe.net/sousreseau/pirolike>, consulté le 7 juin 2016, 2 p.
- RESPE, 2015. Composition du Conseil d'administration ([http://www.respe.net/system/files/20150414\\_L\\_CompositionCA\\_0.pdf](http://www.respe.net/system/files/20150414_L_CompositionCA_0.pdf), consulté le 11 juillet 2016).
- RESPE, 2016a. Réseau d'épidémiosurveillance en pathologie équine (<http://www.respe.net/>, consulté le 20 juin 2016).

- RESPE, 2016b. Bilan des Sous-réseaux 2015, [http://respe.net/system/files/20160415\\_A\\_BilanSousReseau2015.pdf](http://respe.net/system/files/20160415_A_BilanSousReseau2015.pdf), consulté le 18 mai 2016, 11 p.
- RESPE, 2016c. Protocole de déclaration du sous-réseau Syndrome piro-like, [http://www.respe.net/system/files/20150716\\_P\\_ProtocoleSPL.pdf](http://www.respe.net/system/files/20150716_P_ProtocoleSPL.pdf), consulté le 17 juin 2016, 2 p.
- RESPE, 2016d. Protocole de déclaration du sous-réseau Avortement, [http://www.respe.net/system/files/20160101\\_P\\_ProtocoleAvortement.pdf](http://www.respe.net/system/files/20160101_P_ProtocoleAvortement.pdf), consulté le 17 juin 2016, 3 p.
- RESUMEQ, 2016. REseau national de SURveillance des causes de Mortalité des EQuidés (<http://resumeq.anses.fr>, consulté le 2 septembre 2016).
- Ribeiro-Lima, J., Schwabenlander, S., Oakes, M., Thompson, B., Wells, S.J., 2016. Risk profiling of cattle farms as a potential tool in risk-based surveillance for Mycobacterium bovis infection among cattle in tuberculosis-free areas. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **248**, 1404-1413.
- Rich, K.M. 2007. New methods for integrated models of animal disease control. American Agricultural Economics Association Meetings, Portland, Oregon, 29 July-1 August 2007.
- Rich, K.M., Miller, G.Y., Winter-Nelson, A., 2005. A review of economic tools for the assessment of animal disease outbreaks. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **24**, 833-845.
- Ricketts, S., Crowhurst, J., Newton, R., Gibbens, N., 2012. Contagious equine metritis organism confirmed in Gloucestershire. *Veterinary Record* **170**, 398.
- RISKSUR, 2012. Risk-based animal health surveillance systems (<http://www.fp7-risksur.eu/project>, consulté le 4 août 2016).
- Rivière, J., 2016. Evaluation du dispositif de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage en France à l'aide de méthodes épidémiologique, économique et sociologique. Thèse d'Université, Université Paris-Saclay, 330 p.
- Rivière, J., Le Strat, Y., Dufour, B., Hendriks, P., 2015. Sensitivity of Bovine Tuberculosis Surveillance in Wildlife in France: A Scenario Tree Approach. *PLoS ONE* **10**, e0141884.
- Rivière, J., Carabin, K., Le Strat, Y., Hendriks, P., Dufour, B., 2014. Bovine tuberculosis surveillance in cattle and free-ranging wildlife in EU Member States in 2013: A survey-based review. *Veterinary Microbiology* **173**, 323-331.
- Rodríguez-Prieto, V., Vicente-Rubiano, M., Sánchez-Matamoros, A., Rubio-Guerri, C., Melero, M., Martínez-López, B., Martínez-Avilés, M., Hoinville, L., Vergne, T., Comin, A., Schauer, B., Dórea, F., Pfeiffer, D.U., Sánchez-Vizcaíno, J.M., 2015. Systematic review of surveillance systems and methods for early detection of exotic, new and re-emerging diseases in animal populations. *Epidemiology and Infection* **143**, 2018-2042.
- Salman, M.D., Stärk, K.D.C., Zepeda, C., 2003. Quality assurance applied to animal disease surveillance systems. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* **22**, 689-696.
- Sanchez-Vazquez, M.J., Strachan, W.D., Armstrong, D., Nielen, M., Gunn, G.J., 2011. Papers: The British pig health schemes: Integrated systems for large-scale pig abattoir lesion monitoring. *Veterinary Record* **169**, 413.
- Schulman, M.L., May, C.E., Keys, B., Guthrie, A.J., 2013. Contagious equine metritis: artificial reproduction changes the epidemiologic paradigm. *Veterinary Microbiology* **167**, 2-8.
- SECF, 2016a. Code des courses au Trot. *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'élevage du Cheval Français* **142**, 84 p.
- SECF, 2016b. Les missions de la SECF (<http://www.letrot.com/fr/mission>, consulté le 15 juillet 2016).
- SFET, 2016. La société française des équidés de travail (<http://www.sfet.fr/>, consulté le 15 juillet 2016).
- Shears, P., 2000. Communicable disease surveillance with limited resources: The scope to link human and veterinary programmes. *Acta Tropica* **76**, 3-7.
- SHF 2016. La Société Hippique Française (<http://www.shf.eu/>, consulté le 15 juillet 2016).
- Spiegelhalter, D., Thomas, A., Best, N., Lunn, D., 2003. WinBUGS User Manual Version 1.4. <http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/wp-content/uploads/manual14.pdf>, consulté le 26 février 2016.

- Stärk, K.D.C., Nevel, A., 2009. Strengths, weaknesses, opportunities and threats of the pig health monitoring systems used in England. *Veterinary Record* **165**, 461-465.
- Stärk, K.D.C., Regula, G., Hernandez, J., Knopf, L., Fuchs, K., Morris, R.S., Davies, P., 2006. Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: review of current approaches. *BMC Health Services Research* **6**, 1-8.
- Stritof, Z., Habus, J., Perko, V.M., Zdovc, I., Majhut, M., Lucic, K., Turk, N., 2016. First report of *Taylorella equigenitalis* and *Taylorella asinigenitalis* natural infections in horses in Croatia. *Journal of Equine Veterinary Science* **39**, S63.
- Summers-Lawyer, K.A., Go, Y.Y., Lu, Z., Timoney, P.J., McCue, P.M., Zhang, J., Shuck, K.M., Bruemmer, J., 2011. Response of stallions to primary immunization with a modified live equine viral arteritis vaccine. *Journal of Equine Veterinary Science* **31**, 129-138.
- Tapprest, J., Foucher, N., Hendriks, P., 2016a. Le réseau national de surveillance des causes de mortalité des équidés (Resumeq) : une nouvelle modalité de surveillance de la filière équine. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **76**, 19.
- Tapprest, J., Laugier, C., Foucher, N., Hans, A., Pitel, P.H., Le Net, J.L. 2008. Épizootie d'artérite virale équine 2007 : Illustration nécropsiques particulières. IFCE, 34e Journée de la recherche équine, Paris, France, 185-194.
- Tapprest, J., Borey, M., Dornier, X., Morignat, E., Calavas, D., Hendriks, P., Ferry, B., Sala, C., 2016b. Assessment of fallen equine data in France and their usefulness for epidemiological investigations. *Research in Veterinary Science* **104**, 96-99.
- Tapprest, J., Hendriks, P., Foucher, N., Cordonnier, N., Laloy, E., Ogier de Baulny, M., Novella, C., Vassiloglou, B., Baudet, L. 2016c. RESUMEQ : Surveiller les morts pour protéger les vivants. Proceedings, 42e Journée de la recherche équine, Paris, France, 17 mars 2016, 34.
- Taylor, C.E., Rosenthal, R.O., Brown, D.F., Lapage, S.P., Hill, L.R., Legros, R.M., 1978. The causative organism of contagious equine metritis 1977: proposal for a new species to be known as *Haemophilus equigenitalis*. *Equine Veterinary Journal* **10**, 136-144.
- Teilhard de Chardin, P., 1955. Le Phénomène humain. Seuil, Paris, France, 347 p.
- Thrusfield, M.V., 2005. Veterinary epidemiology, third edition. Blackwell, Oxford, UK, 610 p.
- Timoney, P.J., 1996. Contagious equine metritis. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* **19**, 199-204.
- Timoney, P.J., 2000. Factors influencing the international spread of equine diseases. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **16**, 537-551.
- Timoney, P.J., 2011a. Contagious equine metritis. In: McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E., Varner, D.D., Equine Reproduction. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2399-2409.
- Timoney, P.J., 2011b. Horse species symposium: Contagious equine metritis: An insidious threat to the horse breeding industry in the United States. *Journal of Animal Science* **89**, 1552-1560.
- Timoney, P.J., Powell, D.G., 1988. Contagious equine metritis - epidemiology and control. *Journal of Equine Veterinary Science* **8**, 42-46.
- Timoney, P.J., McCollum, W.H., 1993. Equine viral arteritis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **9**, 295-309.
- Timoney, P.J., McArdle, J.F., O'Reilly, P.J., Ward, J., 1978. Infection patterns in pony mares challenged with the agent of contagious equine metritis 1977. *Equine Veterinary Journal* **10**, 148-152.
- Timoney, P.J., McCollum, W.H., Roberts, A.W., Murphy, T.W., 1986. Demonstration of the carrier state in naturally acquired equine arteritis virus infection in the stallion. *Research in Veterinary Science* **41**, 279-280.
- Timoney, P.J., McCollum, W.H., Murphy, T.W., Roberts, A.W., Willard, J.G., Carswell, G.D., 1987. The carrier state in equine arteritis virus infection in the stallion with specific emphasis on the venereal mode of virus transmission. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.* **35**, 95-102.

- Timoney, P.J., Fallon, L., Shuck, K., McCollum, W., Zhang, J., Williams, N., 2007. The outcome of vaccinating five pregnant mares with a commercial equine viral arteritis vaccine. *Equine Veterinary Education* **19**, 606-611.
- Toma, B., Pearson, J.E., 2010. Equine infectious anaemia. In: Lefèvre, P.C., Blancou, J., Chermette, R., Uilenberg, G., Infectious and Parasitic Diseases of Livestock. CABI, Oxfordshire, UK, 613-626.
- Toma, B., Bénét, J.J., Dufour, B., Eloit, M., Moutou, F., Saana, M., 1991. Glossaire d'épidémiologie animale Le Point Vétérinaire, Maisons-Alfort, France, 365 p.
- Toma, B., Dufour, B., Bénét, J.J., Sanaa, M., Shaw, A., Moutou, F., 2010. Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, 3ème édition. AEEMA, Maisons-Alfort, France, 600 p.
- Treich, N., 2005. L'analyse coût-bénéfice de la prévention des risques, version préliminaire. LERNA-INRA, Université de Toulouse, <http://www2.toulouse.inra.fr/lerna/treich/ACB03.pdf>, consulté le 22 août 2016, 52 p.
- Triple S Project, 2011. Assessment of syndromic surveillance in Europe. *The Lancet* **378**, 1833-1834.
- Truffert, M., 2011. Bilan épidémiologique et réglementaire de l'anémie infectieuse des équidés en France, perspectives d'évolution. Thèse de Doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 137 p.
- USDA, 2008. Animal Health Report. United States Department of Agriculture, [https://www.aphis.usda.gov/animal\\_health/animal\\_health\\_report/downloads/AHR\\_08/2008\\_US\\_Animal\\_Health\\_Report.pdf](https://www.aphis.usda.gov/animal_health/animal_health_report/downloads/AHR_08/2008_US_Animal_Health_Report.pdf), consulté le 8 août 2016, 108 p.
- USDA, 2014. Swine surveillance. United States Department of Agriculture, [https://www.aphis.usda.gov/publications/animal\\_health/2011/NAHLN1-SwineSurveillance.pdf](https://www.aphis.usda.gov/publications/animal_health/2011/NAHLN1-SwineSurveillance.pdf), consulté le 8 août 2016, 2 p.
- Vaala, W.E., Hamir, A.N., Dubovi, E.J., Timoney, P.J., Ruiz, B., 1992. Fatal, congenitally acquired infection with equine arteritis virus in a neonatal thoroughbred. *Equine Veterinary Journal* **24**, 155-158.
- Vallée, H., Carré, H., 1904. Sur la nature infectieuse de l'anémie du cheval. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* **139**, 331-333.
- Valon, F., Marcillaud-Pitel, C., Fortier, G., Chaffaux, S., Tritz, P., D'Ablon, X., Hendrikx, P., Leblond, A., 2012. Le RESPE : réseau d'épidémiosurveillance en pathologie équine. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* **49**, 11-16.
- Van der Heijden, P.G.M., Cruyff, M., Van Houwelingen, H.C., 2003. Estimating the size of a criminal population from police records using the truncated Poisson regression model. *Statistica Neerlandica* **57**, 289-304.
- Vardon, J., Perez, E., 2014. Modalités pour financer le coût de l'équarrissage au sein du secteur équin. Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER), Paris, France, 33 p.
- Vergne, T., 2012. Les méthodes de capture-recapture pour évaluer les systèmes de surveillance des maladies animales. Thèse d'Université, Université Paris XI, Faculté de médecine Paris-Sud, 222 p.
- Vergne, T., Del Rio Vilas, V.J., Cameron, A., Dufour, B., Grosbois, V., 2015. Capture-recapture approaches and the surveillance of livestock diseases: A review. *Preventive Veterinary Medicine* **120**, 253-264.
- Vergne, T., Calavas, D., Cazeau, G., Durand, B., Dufour, B., Grosbois, V., 2012. A Bayesian zero-truncated approach for analysing capture–recapture count data from classical scrapie surveillance in France. *Preventive Veterinary Medicine* **105**, 127-135.
- Vergne, T., Paul, M.C., Chaengprachak, W., Durand, B., Gilbert, M., Dufour, B., Roger, F., Kasemsuwan, S., Grosbois, V., 2014. Zero-inflated models for identifying disease risk factors when case detection is imperfect: application to highly pathogenic avian influenza H5N1 in Thailand. *Preventive Veterinary Medicine* **114**, 28-36.
- Vernadsky, V., 1945. The Biosphere and the Noösphere. *American Scientist* **33**, 1-12.
- Vong, S., Goyet, S., Ly, S., Ngan, C., Huy, R., Duong, V., Wichmann, O., Letson, G.W., Margolis, H.S., Buchy, P., 2012. Under-recognition and reporting of dengue in Cambodia: A capture-recapture analysis of the National Dengue Surveillance System. *Epidemiology and Infection* **140**, 491-499.

- Wahl, T., Burdakov, A., 2007. Electronic Integrated Disease Surveillance System (EIDSS). *Advances in Disease Surveillance* **2**, 171.
- Wakeley, P.R., Errington, J., Hannon, S., Roest, H.I.J., Carson, T., Hunt, B., Sawyer, J., Heath, P., 2006. Development of a real time PCR for the detection of *Taylorella equigenitalis* directly from genital swabs and discrimination from *Taylorella asinigenitalis*. *Veterinary Microbiology* **118**, 247-254.
- Welby, S., Govaerts, M., Vanholme, L., Hooyberghs, J., Mennens, K., Maes, L., Van Der Stede, Y., 2012. Bovine tuberculosis surveillance alternatives in Belgium. *Preventive Veterinary Medicine* **106**, 152-161.
- Welby, S., Méroc, E., Faes, C., De Clercq, K., Hooyberghs, J., Mintiens, K., Van der Stede, Y., 2013. Bluetongue surveillance system in Belgium: A stochastic evaluation of its risk-based approach effectiveness. *Preventive Veterinary Medicine* **112**, 48-57.
- Wendt, A., Kreienbrock, L., Campe, A., 2015. Zoonotic disease surveillance - Inventory of systems integrating human and animal disease information. *Zoonoses and Public Health* **62**, 61-74.
- WHO, 2008. Assessing the National Health Information System: an Assessment Tool. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 73 p.
- WHO, 2011. Core components for infection prevention and control programmes: assessment tools for IPC programmes. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 40 p.
- WHO, 2012. Manual for integrated foodborne disease surveillance in the WHO African region. World Health Organization Regional Office for Africa, Brazzaville, Republic of the Congo, 31 p.
- WHO, 2014. A brief guide to emerging infectious diseases and zoonoses. World Health Organization, New Delhi, India, 106 p.
- WHO, CDC, 2001. Technical Guidelines for Integrated Diseases Surveillance and Response in the African Region. World Health Organization Regional Office for Africa and the Centers for Disease Control and Prevention, Harare, Zimbabwe and Atlanta, Georgia, USA, 229 p.
- WHO, CDC, 2010. Technical Guidelines for Integrated Disease Surveillance and Response in the African Region, 2nd edition. World Health Organization Regional Office for Africa and the Centers for Disease Control and Prevention, Brazzaville, Republic of the Congo, 402 p.
- World Bank, 2016. Africa - Regional Disease Surveillance Systems Enhancement (REDISSE) Project. World Bank, 173 p.
- Yun, Y.G., Wong, S.J., Branscum, A.J., Demarest, V.L., Shuck, K.M., Vickers, M.L., Zhang, J., McCollum, W.H., Timoney, P.J., Balasuriya, U.B.R., 2008. Development of a fluorescent-microsphere immunoassay for detection of antibodies specific to equine arteritis virus and comparison with the virus neutralization test. *Clinical and Vaccine Immunology* **15**, 76-87.
- Zdovc, I., Ocepek, M., Gruntar, I., Pate, M., Klobučar, I., Krt, B., 2005. Prevalence of *Taylorella equigenitalis* infection in stallions in Slovenia: Bacteriology compared with PCR examination. *Equine Veterinary Journal* **37**, 217-221.
- Zelterman, D., 1988. Robust estimation in truncated discrete distributions with application to capture-recapture experiments. *Journal of Statistical Planning and Inference* **18**, 225-237.
- Zientara, S., Labie, J., Gicquel, B., Rimlinger, F., Bernadac, M., 1998. L'artérite virale des équidés: Revue et bilan d'une enquête sérologique en France de 1996 à 1997. *Point Veterinaire* **29**, 247-253.

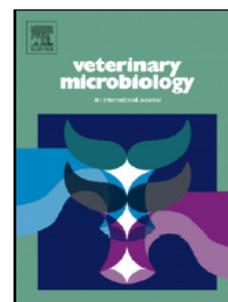
# Annexes

## Annexe 1. Article “ Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock ”

Accepted Manuscript

Title: Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock

Author: J.P. Amat T. Vergne J. Tapprest B. Ferry A. Hans P. Hendrikx B. Dufour A. Leblond



PII: S0378-1135(16)30165-1  
DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.vetmic.2016.06.010>  
Reference: VETMIC 7324

To appear in: *VETMIC*

Received date: 4-1-2016  
Revised date: 13-6-2016  
Accepted date: 21-6-2016

Please cite this article as: Amat, J.P., Vergne, T., Tapprest, J., Ferry, B., Hans, A., Hendrikx, P., Dufour, B., Leblond, A., Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock. *Veterinary Microbiology* <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.06.010>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

**Estimating the incidence of equine viral arteritis and the sensitivity of its surveillance in the French breeding stock**

J.P. AMAT<sup>1, 2\*</sup>, T. VERGNE<sup>3</sup>, J. TAPPREST<sup>2</sup>, B. FERRY<sup>4</sup>, A. HANS<sup>5</sup>, P. HENDRIKX<sup>6</sup>, B. DUFOUR<sup>7</sup>, A. LEBLOND<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Institute for Agricultural Research (INRA), UR0346 Animal Epidemiology, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France (jean-philippe.amat@anses.fr, agnes.leblond@vetagro-sup.fr)

<sup>2</sup> French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES), Dozulé Laboratory for Equine Diseases, Epidemiology and Pathological Anatomy Unit, F-14430 Goustranville, France (jackie.tapprest@anses.fr)

<sup>3</sup> Royal Veterinary College, Veterinary Epidemiology, Economics and Public Health Group, Hawkshead Lane, North Mymms, Hatfield AL9 7TA, London, United Kingdom (tvergne@rvc.ac.uk)

<sup>4</sup> French institute for horse and riding (IFCE), F-27310 Saint-Ouen-de-Thouberville, France (benedicte.ferry@ifce.fr)

<sup>5</sup> ANSES, Dozulé Laboratory for Equine Diseases, Virology Unit, F-14430 Goustranville, France (aymeric.hans@anses.fr)

<sup>6</sup> ANSES, Laboratory Affairs Department, 31 Avenue Tony Garnier, F-69007 Lyon, France (pascal.hendrikx@anses.fr)

<sup>7</sup> Veterinary School of Maisons-Alfort (ENVA), EpiMAI Unit ENVA-joint ANSES, 7 Avenue du Général de Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort, France (bdufour@vet-alfort.fr)

\* Author for correspondence: Dr. J.P. Amat, ANSES - INRA-EpiA UR0346, Laboratoire de pathologie équine de Dozulé, F-14430 Goustranville, France (Email: [jean-philippe.amat@anses.fr](mailto:jean-philippe.amat@anses.fr), Office phone number: +33(0)2.31.79.79.58).

## Highlights

- Suitable rules were proposed for identifying cases within sero-surveillance results
- Equine arteritis virus is circulating in French breeding stock
- 177 outbreaks were detected in the French breeding stock between 2006 and 2013
- Sensitivity of the French breeding stock surveillance estimated at 82% (CI<sub>95</sub> 71-91)
- 15% of cases in French brood mares between 2006 and 2013 were probably re-infected

## Abstract

Equine viral arteritis (EVA) may have serious economic impact on the equine industry. For this reason, it is monitored in many countries, especially in breeding stock, to avoid its spread during breeding activities. In France, surveillance is mainly based on serological tests, since mares are not vaccinated, but difficulties in interpreting certain series of results may impair the estimation of the number of outbreaks.

In this study, we propose specific rules for identifying seroconversion in order to estimate the number of outbreaks that were detected by the breeding stock surveillance component (BSSC) in France between 2006 and 2013. A consensus among multidisciplinary experts was reached to consider seroconversion as a change in antibody titer from negative to at least 32, or as an eight-fold or greater increase in antibody level. Using these rules, 239 cases and 177 outbreaks were identified. Subsequently, we calculated the BSSC's sensitivity as the ratio of the number of detected outbreaks to the total number of outbreaks that occurred in breeding stock (including unreported outbreaks) estimated using a capture-recapture model. The total number of outbreaks was estimated at 215 (95% credible interval 195-249) and the surveillance sensitivity at 82% (CrI<sub>95%</sub> 71-91).

Our results confirm EVA circulation in French breeding stock, show that neutralizing antibodies can persist up to eight years in naturally infected mares and suggest that certain mares have been reinfected. This study shows that the sensitivity of the BSSC is relatively high and supports its relevance to prevent the disease spreading through mating.

**Keywords:** equine viral arteritis; seroconversion; breeding stock; surveillance; epidemiology; surveillance sensitivity; capture-recapture; Bayesian inference.

## 1. Introduction

Equine viral arteritis (EVA) is an equine respiratory and reproductive disease, caused by equine arteritis virus (EAV), which can lead among other clinical signs to abortions and neonatal deaths (Pronost et al., 2010; Timoney, 2011). EAV belongs to the *Arteriviridae* family, order *Nidovirales* and infects equids only. EAV is an enveloped virus with a positive single stranded RNA genome and has been originally described in 1953, after an abortion outbreak in the city of Bucyrus, Ohio. EAV is usually transmitted horizontally by aerosols or venereal contact, including frozen semen. Vertical transmission through infection *in utero* and occasional indirect transmission by fomites may also occur. Following infection up to 70% of stallions will carry the virus in their reproductive tract and will shed the virus in their semen. Those stallions are the reservoirs of EAV and can transmit the virus to mares during breeding, even in absence of clinical signs (Balasuriya et al., 2013; Timoney and McCollum, 1993).

Due to its economic impacts, EVA is one of the most frequently monitored equine diseases in many countries (Chirnside, 1992; Hans and Marcé, 2012; Newton et al., 1999). In France, the EVA surveillance system comprises several components, including the surveillance of breeding stock, i.e. brood mares and stallions (Amat et al., 2015). The aim of this surveillance component is to ensure that horses remain free of infection during breeding activities to avoid any spread of the disease either by airborne or venereal routes.

Over the last ten years, a few carrier stallions per year have been detected through assays based on virus detection in France (Hans and Marcé, 2012). More cases of infection, identified as seroconversions, have been identified by serological tests in mares, but their exact number remains unknown because there is no global data analysis. Moreover, some infected holdings remain undetected because the interpretation of some serological results may be difficult and because not all breeding horses are tested. Hence, the total number of EVA outbreaks—and thus EVA incidence—in the overall breeding stock population is not precisely known (Hans and Marcé, 2012).

Such incomplete detection of infected units is a recurrent issue in the field of disease surveillance. Capture-recapture methods are often advocated to address this matter because they give an estimation of the total number of infected units, whether or not they have been detected (Hook and Regal, 1995; Vergne et al., 2015). The sensitivity of the surveillance system or component, i.e. its ability to detect infected units, can then be estimated by the ratio of the number of infected units detected to the total number of infected units estimated.

Our first objective was to establish suitable rules for identifying seroconversion in order to estimate the number of EVA cases and outbreaks that were detected by the equine breeding stock surveillance component (BSSC) in France between 2006 and 2013. The second objective was to

estimate the sensitivity of this surveillance component, by estimating the total number of outbreaks that occurred in breeding stock during this period (including those that were not reported) using a capture-recapture model.

## 2. Material and methods

### 2.1. Breeding stock surveillance

The BSSC is managed by both public authorities, i.e. the French institute for horse and riding (IFCE), and equine industry, i.e. the studbooks (Amat et al., 2015). Depending on their breed and sex, certain breeding horses must be tested annually before the stud season, according to the regulations and the studbooks' code of practice. Surveillance is only mandatory for mares producing racehorse foals, i.e. Thoroughbred (TB), French Chaser (FC) and a part of Arabian horse (AR), Anglo-Arabian (AA) and French Saddle Horse (FS) mares. Surveillance is mandatory for around 20 breeds for the stallions used for natural mating, and for all breeds for the stallions used for semen collection, regardless of breed (IFCE, 2015a). There are around 40,000 breeding stock holdings in France, totaling some 8,000 stallions and 80,000 mares (IFCE, 2015b). Yet only around 7,000 holdings are monitored for EVA each year, with around 3,000 stallions and 10,000 mares actually tested. The 10,000 tested mares are located in around 6,000 of these holdings, spread over 2,000 communes. Between 2006 and 2013, the annual number of tested mares ranged from 9,777 to 10,867, while the annual number of communes with at least one tested mare ranged from 1,794 to 2,343. More than 40% of these communes are located in the three northwest regions of the country (Basse-Normandie, Pays-de-la-Loire and Bretagne) which keep the greatest number of holdings (B. Ferry, X. Dornier and S. Vinatier, personal communication).

A serological test is used for surveillance purposes. This viral neutralization test (VNT), performed on a blood sample, is the current standard test for EVA prescribed by the OIE, the World Organization for Animal Health (OIE, 2013). The VNT, considered as the gold standard test for EVA diagnosis, detects the presence of neutralizing antibodies which persist for several years after natural infection (Timoney and McCollum, 1993). Stallions are often vaccinated in France with an inactivated EVA vaccine (Artervac®, Zoetis Animal Health Inc., Kalamazoo, Michigan, USA) but mares are not (B. Ferry, personal communication). We were very confident in the assumption that mares are not vaccinated, based on our knowledge as well as the answers given by the breeders, professionals from racehorse industry and people used to check passport of brood mares before mating activities. Given that VNT may detect antibodies produced after both infection and vaccination and that only stallions may carry the virus more than a few weeks after infection, the status of brood mares for EAV is only based on VNT results, while, in the event of a positive VNT result in stallions, tests based on virus detection by virus isolation or reverse transcriptase-

polymerase chain reaction (RT-PCR) are performed on a semen sample in order to check for virus shedding and to confirm the case. All data related to breeding stock testing (including the test date, result, method, horse identification and location) are collected by the IFCE and held in 'SIRE', its national database.

### *2.2. Data*

Data recorded in the SIRE database were used for analysis. We extracted data related to all breeding horses having at least one positive serological result using VNT between January 2006 and December 2013. These data included the horse identification number, location, dates and results of laboratory analyses (VNT) for EVA. We did not use data pertaining to stallions because the number of males with at least one positive result by VNT was very low ( $n=32$ ) compared to mares ( $n=1,645$ ) and some had uninterpretable results. The low number of seropositive stallions recorded in the SIRE database during this period is probably partly due to stringent health protection measures applied regarding stallions, which prevent them from infection (especially through airborne viral transmission), as well as the low number of movements and low level of mixing with other horses. Moreover, vaccinated -and some unvaccinated- stallions are monitored using tests based on virus detection and not VNT. Last, cases detected through epidemiological investigations (and not routinely by the BSSC) were not considered in this study.

Only 28 out of 8,934 VNT results recorded for mares were classified as uninterpretable by the laboratory and excluded from the analysis (0.3 per cent). The location was recorded as the commune of the holding, which is registered at the beginning of each year.

### *2.3. Case definition*

For each year, we were interested in the detection of (new) cases. A case was defined as a mare with seroconversion, detected by the interpretation of several VNT results for the same mare.

Due to the difficulties in the interpretation of certain series of titers, a panel of four experts was specially gathered for this study to establish suitable rules for identifying seroconversion. The chosen experts were specialists in the disease and its laboratory diagnosis, as well as epidemiologists.

### *2.4. Outbreak definition*

An outbreak was defined as a commune where at least one EVA case occurred within one year. We chose the commune because it is the smallest administrative unit provided by the SIRE database for the mares' location, given that no list of holdings was available. The commune is the smallest French administrative unit, with a median area of 10.7 km<sup>2</sup> and an interquartile range of [6.4:18.3]

km<sup>2</sup> (IGN, 2015). There are 36,552 communes in France (INSEE, 2011). For each mare, a commune is recorded in SIRE for each year within which at least one VNT is performed, so from one year to the other, several communes may appear for the same mare if it has been moved. If cases were identified in the same commune in different years, we considered that there were two separate outbreaks, i.e. two separate infected “communes-years”.

Given that the breeding season starts in February each year, a VNT is usually performed in the first few months of the year (i.e. 82% of tests are performed before the end of April). We therefore assumed that if seroconversion is detected during a given year  $y$ , the infection occurred during the previous year,  $y-1$ . Hence, we took into account the location of year  $y-1$  when counting the number of new EVA cases in each outbreak. If the commune was not recorded for year  $y-1$ , we took into account years  $y-2$  or  $y-3$ . The dataset included the results of annual serological tests performed between January 2006 and December 2013. Identification of seroconversion needs comparison of several results. Thus, annual results of 2006 cannot be interpreted alone to identify cases but they allow to detect seroconversions between 2007 and 2013. Since we assumed that infection occurred the year preceding the identification of seroconversion, our data allowed us to detect infections that occurred between 2006 and 2012. Consequently, the number of outbreaks was estimated only for the seven-year period from 2006 to 2012.

### 2.5. Capture-recapture method

Once the distribution of EVA outbreaks that were observed or “captured” by the BSSC is known, the total number of outbreaks (or infected communes-years)  $N_{mf}$  can be estimated using a capture-recapture model. Capture-recapture models are often used to estimate the number of undetected units of interest by modeling multiple detections of each detected unit. In epidemiology, depending on the number of data sources, two capture-recapture approaches can be used: multilist and unilist approaches (Vergne et al., 2015). While multilist capture-recapture methods are relevant when infected units can be detected by several surveillance systems or components, unilist methods focus on the frequency of detection of infected units by a single source (“one list”) of observations (Bronner et al., 2013; Chao et al., 2001; Del Rio Vilas and Böhning, 2008; Vergne et al., 2012). In this study, a unilist capture-recapture approach was used with the detection source being the surveillance component targeting the breeding stock. The frequency of detection of each outbreak was the number of infected horses detected in each outbreak by the BSSC. An outbreak could either be captured once or more (if one or more infected mares were detected) or not captured (if no infected mares were detected).

Let  $Y_i$  be the number of infected mares detected in outbreak  $i$ . We assumed that  $Y_i$  was distributed according to a binomial distribution of parameters  $n_i$  and  $\pi$ , with  $n_i$  being the number of mares that

were tested in each outbreak and  $\pi$  being the probability that a tested mare was identified as a case. Therefore, the number of tested mares  $n_i$  was included as a ‘binomial denominator’ corresponding to the maximum number of cases that could be detected in an outbreak (Cameron and Trivedi, 2013; Hothorn and Everitt, 2014). The number of tested mares was extracted from the SIRE database for each outbreak and ranged from 1 to 109, with a mean of 15.7 and a median of 7. A tested mare is detected as a case if it is infected *and* if its infection is detected. Therefore, the probability  $\pi$  that a tested mare was identified as a case was decomposed as the product of *Inc*, the incidence rate within an outbreak, and *SeR*, the sensitivity of the proposed rules (*SeR* accounts for the sensitivity of the test). Because the number of outbreaks where *zero* infected mares were detected is unknown, the observed distribution of the number of infected mares per outbreak follows a *zero-truncated* binomial distribution, that is:

$$P(Y_i = y_i | y_i > 0, n_i, Inc, SeR) = \frac{\binom{n_i}{y_i} (Inc * SeR)^{y_i} (1 - Inc * SeR)^{n_i - y_i}}{1 - (1 - Inc * SeR)^{n_i}}, \quad (1)$$

with  $y_i$  being the number of infected mares detected in outbreak  $i$  and  $n_i$  the number of tested mares in outbreak  $i$ . Parameters *Inc* and *SeR* were estimated in a Bayesian framework using the WinBUGS software (Spiegelhalter et al., 2003). To specify the zero-truncated distribution we used the zero-trick, as proposed by Spiegelhalter et al., which is often used to specify sampling distributions that are not included in the list of standard distributions in WinBUGS (Spiegelhalter et al., 2003). To determine the prior distributions of *Inc* and *SeR*, an expert opinion elicitation was conducted based on the same expert panel as mentioned above. Using EpiTools software<sup>1</sup>, priors were defined as beta distributions whose mode and 5<sup>th</sup> percentile were the average most likely and the smallest 5<sup>th</sup> percentile values determined from the panel elicitation. Priors for *Inc* and *SeR* were therefore beta distributions of parameters (4.6, 9.3) and (44.9, 11.3), respectively. To determine the posterior distributions, we ran three simulation chains of 10,000 iterations, and discarded the first 2,000 iterations of each chain to allow for burn-in of the chains. Chains were then thinned, taking every fifth sample to reduce autocorrelation amongst the samples. Convergence was assessed by checking the trace plots for all monitored parameters.

We then used the posterior distributions of *Inc* and *SeR* and the number of tested mares in the detected outbreaks to estimate the total number of outbreaks  $N_{mf}$  and the BSSC’s sensitivity *SeB*. To do so, we assumed 1) that the number of cases amongst the tested mares in outbreak  $i$  ( $C_i$ ) followed a zero-truncated binomial distribution of parameters  $n_i$  and *Inc*, since all brood mares were tested so that there was at least one infected mare tested in each outbreak  $i$ , and 2) that the number of detected cases in outbreak  $i$  ( $Y_i$ ) followed a binomial distribution of parameters  $C_i$  and *SeR*. For each

<sup>1</sup> <http://epitools.ausvet.com.au/>

detected outbreak, we calculated analytically the probability  $\Pr(Y_i=0)$  that no infected mare was detected in that outbreak. For each outbreak  $i$ , this probability is obtained by summing the probabilities that  $Y_i=0$  for all possible values of  $C_i$ , that may range from 1 to  $n_i$  the number of tested mares in outbreak  $i$ :

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{C_i=1}^{n_i} \Pr(Y_i = 0 \cap C_i = c_i) \quad (2)$$

Using the Bayes theorem, equation (2) becomes:

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{C_i=1}^{n_i} \{\Pr(Y_i = 0 | C_i = c_i) * \Pr(C_i = c_i)\} \quad (3)$$

Using parameters  $Inc$ ,  $SeR$  and  $n_i$ , the probability of not detecting the outbreak  $i$  can be calculated as follows:

$$\Pr(Y_i = 0) = \sum_{C_i=1}^{n_i} \left\{ (1 - SeR)^{C_i} * \frac{n_i!}{C_i! * (n_i - C_i)!} * Inc^{C_i} * (1 - Inc)^{n_i - C_i} \right\}, \quad (4)$$

with  $Inc$  the incidence rate within an outbreak,  $SeR$  the sensitivity of the proposed rules and  $n_i$  the number of tested mares in outbreak  $i$ . The probability  $\Pr(Y_i=0)$  for each detected outbreak was calculated in WinBUGS using  $n_i$  and the posterior distribution of  $SeR$  and  $Inc$ . Assuming that the distributions of the number of tested mares in the detected and non-detected outbreaks are the same, the total number of EVA outbreaks was estimated using an extension of the Horvitz-Thompson estimator proposed by van der Heijden and colleagues (Van der Heijden et al., 2003):

$$\widehat{N}_{inf} = \sum_{i=1}^{N_{obs}} \frac{1}{1 - \Pr(Y_i=0)}, \quad (5)$$

with  $N_{obs}$  being the number of detected outbreaks.

Then, the surveillance sensitivity ( $SeB$ ) was defined as the proportion of outbreaks detected by the BSSC among all infected communes that kept at least one brood mare tested for EVA, i.e. used to produce racehorse foals. It was estimated by dividing the number of detected outbreaks ( $N_{obs}$ ) by the estimate of the total number of EVA outbreaks that occurred between 2006 and 2012 ( $\widehat{N}_{inf}$ ).

### 3. Results

#### 3.1. Proposed rules for identification of seroconversion

The expert panel ascertained that changes in antibody titer in the same animal can be due to either recent infection/re-infection or other reasons, such as slight differences in laboratory practices. Since mares are not vaccinated in France, vaccination was not retained as a possible reason for titer increase for this study. Although a recent infection usually imply a much greater increase in antibody titer than for other reasons (Go et al., 2012), it is sometimes difficult to distinguish between these situations, and we did not find any accurate description in the scientific literature of the antibody titer curve over time in horses naturally infected with EVA.

First of all, the panel studied dozens of titer series taken from the dataset and two kinds of cases were distinguished. The first case is a change in antibody titer from negative to positive and the second, an increase in the titer for animals with previous positive results. In the first case, several profiles were identified (Fig. 1). Many mares exhibit negative initial results followed by positive ones only (see solid line ‘mare 1’ in Fig. 1). Thus, seroconversion is easily identified for such cases. Surprisingly, certain mares had negative results, then positive ones, then negative result(s) again, and even sometimes positive results yet again. In a few cases, a single negative result appears among a series of high titers and is likely an error, probably due to a data entry mistake (see ‘mare 2’ in Fig. 1). But in many cases, mares gave a mix of negative and low positive results with antibody titers ranging from four to eight (and even 16). This is likely to occur when a non-vaccinated mare has been infected not recently but many months or years ago (see ‘mare 3’ in Fig. 1). However, between these situations (mares 1 and 2 *versus* 3), a moderate rise in antibody titers may also occur, casting doubt about recent seroconversion.

In the second case, the expert panel tried to identify a sharp rise in the antibody titer of animals with positive initial results, which can be the consequence of reinfection (Balasuriya and MacLachlan, 2004). Among mares included in the 2006-2013 dataset with a positive initial result, several profiles were identified. For certain mares, a sharp rise in antibody titer was observed, for instance from 16 to 1024, consistent with recent reinfection (see ‘mare 4’ in Fig. 1). But in most cases, the first positive result is followed by lower, identical or slightly higher antibody titers (see ‘mare 5’ in Fig. 1). For these mares, the infection probably occurred several months/years ago and the antibody titer may decrease or vary around low (‘mare 3’) or high values (‘mare 5’). Once more, moderate increases in antibody titers may sow doubt about recent reinfection. Interestingly, VNT results showed that neutralizing antibodies can persist up to eight years in naturally infected mares.

The panel then studied the possible reasons for fluctuations in the antibody titer that differs from a recent infection. According to the National Reference Laboratory (NRL) who regularly perform and organize proficiency tests with the French laboratory network approved by the Ministry of Agriculture, the antibody titer may vary a little in a horse infected many months or years ago and regularly tested. This variation usually ranges from one titer below to one titer higher than a central “true” value. In this way, titers from a horse with a constantly high antibody level is likely to vary along a four-fold scale, for instance from 64 to 256, and a horse with a constant but low antibody

level usually has titers ranging from “zero” (negative result) to eight. Greater variations appear unlikely.

For this research, seroconversion was finally defined by the panel as a change in antibody titer from negative to at least 32, or as an eight-fold or greater increase in antibody level in mares with previous positive results (from 16 to at least 128, for instance). Seroconversion was thus identified by comparing results from two or more successive years, given that mares can be not tested during one year and since detection of a sharp increase in antibody level can sometimes take two years as tests are annually performed. Indeed, the increase in antibody level can still be very weak when a mare is tested just after infection, thus the seroconversion could be definitely detected only the following year.

In order to investigate the sensitivity of our results to the seroconversion definition, we compared the estimated BSSC’s sensitivity with the estimate obtained by using another plausible definition, i.e. considering also the change in antibody titer from negative to 16 or 24 as a seroconversion. This alternative definition is more sensitive but less specific than the one used in this study.

### *3.2. Number of EVA cases and outbreaks detected by the BSSC*

By applying the *ad hoc* rules established for identifying seroconversion, we observed 239 EVA cases in the 2006-2013 SIRE dataset that had been detected in brood mares by the BSSC (Fig. 2). The holding’s commune was not available for three of these mares, which were subsequently excluded.

Thoroughbred mares represent the largest proportion of EVA cases detected by the BSSC (Table 1). Of the 236 mares with a known location, all but one belonged to the five breeds previously quoted. The one exception was a riding horse of unknown breed.

For the 236 EVA cases with a known location, we counted the number of cases within each commune, considering each year separately. In respectively 85 and 14% of cases, the commune for years  $y-1$  and  $y-2$  was used, and we had to go back as far as year  $y-3$  for only less than 2% of cases (four mares). Finally, 177 outbreaks or infected communes-years were identified (Table 2). For most outbreaks, only one case was detected, while the maximum number of cases detected per outbreak was 30.

Using the alternative seroconversion definition mentioned above (including change in antibody titer from negative to at least 16, in addition to an eight-fold or greater increase in antibody level), we observed 304 cases in 235 outbreaks detected by the BSSC between 2006 and 2013.

### 3.3. Estimation of the total number of EVA outbreaks in breeding stock and of the BSSC's sensitivity

The posterior distributions of  $Inc$ , the incidence rate within the outbreaks,  $SeR$ , the sensitivity of the proposed rules for identifying seroconversion,  $N_{mf}$ , the total number of outbreaks and  $SeB$ , the BSSC's sensitivity, are summarized in Table 3 using their median and their 95% credible interval (CrI<sub>95%</sub>), which are the intervals containing 95% of the posterior values. According to the model, the total number of EVA outbreaks ( $\widehat{N}_{mf}$ ) was estimated at 215 (CrI<sub>95%</sub> 195-249) between 2006 and 2012, on average around 31 per year (CrI<sub>95%</sub> 28-36). During this seven-year period, 177 outbreaks were detected by the surveillance system. Thus the overall sensitivity of the BSSC pertaining to communes having at least one mare used for the production of racehorse foals ( $\widehat{SeB}$ ) was estimated at 82% (CrI<sub>95%</sub> 71-91) (Table 3).

Using the alternative seroconversion definition, the total number of EVA outbreaks during the same period appeared to be greater at 287 (CrI<sub>95%</sub> 260-334). However, the change in the posterior distribution of the BSSC's sensitivity was very limited, i.e.  $SeB$  was estimated at 82% (CrI<sub>95%</sub> 70-90). Moreover, there were no significant changes in the posterior distributions of the incidence rate within the outbreaks (median at 3.5%, CrI<sub>95%</sub> 2.7-4.6) and the sensitivity of the proposed rules for identifying seroconversion (median at 79%, CrI<sub>95%</sub> 66-88).

## 4. Discussion

### 4.1. Rules defined for identifying seroconversion

For international trade of horses, the rules defined by the Terrestrial animal health code of the OIE (OIE, 2015) have to be strictly applied. However for the purpose of this study, we have decided to use the *ad hoc* rules previously defined in order to identify the number of seroconversions in the SIRE dataset since i) we did not find accurate information in the literature about the level of the serological response in naturally infected horses over several years and ii) the proposed rules seem appropriate to distinguish between recent cases and mares infected several years ago, regarding the SIRE dataset.

It has been shown that neutralizing antibodies are detected within 1-2 weeks following infection, peak at 2-4 months and persist for years thereafter (Balasuriya and MacLachlan, 2004), but we did not find any comprehensive description of the antibody titer curve several months or years after infection. As seen in the SIRE's dataset, it was difficult to find an obvious cut-off point to distinguish new cases. The rules defined in this study are probably imperfect and there was no "gold

standard” test available in order to check their relevance. The choice of not considering a change in antibody titer from negative to 4, 8 or 16 (as well as a four-fold increase) as a case may appear strict compared to rules usually applied for import/export, mating agreements (Anonyme, 2014) or prevalence studies (Chirnside, 1992; Newton et al., 1999). Nevertheless, natural and experimental infections usually appear to involve high antibody titers, although serum neutralizing antibody response may depend on the virus strain and duration of this response may differ following experimental infection compared to natural infection or vaccination (Go et al., 2012; MacLachlan et al., 1998; Summers-Lawyer et al., 2011; Timoney et al., 2007).

Although VNT seems the most reliable and relevant test for yearly surveillance of EVA in breeding stock, it is not always straightforward to identify true seroconversion. Slight variations in the antibody titer may lead to overestimate the number of cases, especially when antibody level is very low. Several laboratories have developed and evaluated enzyme-linked immunosorbent assays (ELISAs) and such serological tests could make it easier to identify seroconversion in the future (Balasuriya et al., 2013). Whichever serological test used, an important issue is to save the successive results from the same horse to be able to properly interpret future results. For epidemiological purposes, it is necessary to define *ad hoc* rules for identifying seroconversion, which may differ depending on the country, laboratory practices and test used. Some authors have also defined *ad hoc* algorithms for interpreting the antibody titer in the case of other infectious diseases (Premaratna et al., 2012). The rules defined in our study may be used for the overall epidemiological interpretation of data collected by other EVA surveillance components (such as testing before sales or movement and passive surveillance), while the application of the currently accepted guidelines for mating agreements and national and international trade of horses must be continued. Indeed, it is important to distinguish between epidemiological purposes, for instance estimating the annual incidence rate, and certification or policy purposes. For the latter purposes, it is prudent to continue considering that any four-fold or greater increase in VNT results or any change from negative to positive may be associated with a risk of spreading the disease (after infection or reinfection). This is especially relevant because the mating or import ban can generally be lifted in a few weeks, once a stable antibody titer—coinciding with viral clearance—has been obtained.

#### 4.2. Statistical framework

For this study, a zero-truncated binomial distribution was preferred to a zero-truncated Poisson distribution to model the observed count data. Indeed, the Poisson distribution is a limiting case of the binomial distribution when a large number of trials or individuals is reached and the probability of success (i.e. probability that one tested animal is detected as being a case in our study) is small.

However, when the binomial numerator is close to the value of the denominator, which is often the case here, the binomial model is usually preferable (Hilbe, 2011). Moreover, the binomial model is a recommended approach when there are only a few outbreaks with more than one or two cases (Cameron and Trivedi, 2013), such as in the dataset we used.

There are assumptions inherent in fitting a zero-truncated binomial model. In particular, it is assumed that observations are independent from each other. In other words, all infected horses shall have the same probability of being detected (Dohoo et al., 2010). As is often the case regarding livestock, this assumption may be violated here because horses are usually maintained in groups and the probability of detecting a case may vary from one group to another due to several factors such as farming practices. Moreover, heterogeneity in the probability of detection also arises at the commune scale. A commune with many cases is much more likely to be detected than one with only a few infected mares. This phenomenon is named “abundance-induced heterogeneity” in ecology (MacKenzie et al., 2006). Here, it would depend on many factors, including the number of horses within the commune, infection pressure, delay between virus introduction and testing, type of operation, and farming practices—such as the level of mixing within the herd and with animals from other herds, allowing virus transmission by respiratory and/or venereal routes (including mating, meetings and contact in pastures with neighboring herds). The number of cases within an outbreak may also vary due to the proportion of mares with durable immunity, built up after previous infection. The higher this proportion, the lower is the probability to detect the outbreak. Consequently, everything else being equal, the probability of detection is lower for communes previously (and quite recently) infected compared to communes who have never been infected. This phenomenon was probably quite common in this study and can partly explain the low estimate of the incidence rate within outbreaks, because more than 1,400 mares with stable or decreasing antibody titers with no evidence of seroconversion were detected in our dataset. The interaction of all these factors is likely to lead to considerable heterogeneity in the probability of detecting infected horses and communes. It would have been useful to include all these parameters as covariates within our model to better handle the heterogeneity, but only the number of tested mares within the commune was available.

Non-parametric approaches can also be used when there is heterogeneity in count data. For instance, the Zelterman estimator (1988) and Chao’s lower bound estimator may estimate the total number of outbreaks using only the total number of detected outbreaks and the number of outbreaks detected once or twice, i.e. with one or two cases detected (Chao, 1987; Del Rio Vilas and Böhning, 2008; Zelterman, 1988). However, because these approaches only use a small fraction of the available data (they only use the number of outbreaks detected once or twice and do not account for the number of tested mares in each outbreak), the parametric approach was preferred.

#### *4.3. Number of cases and outbreaks detected by the BSSC*

We estimated that 239 new EVA cases and 177 outbreaks were detected by the BSSC between 2006 and 2012 in brood mares. These numbers are not negligible and confirm that EVA was circulating in breeding stock during this period. It supports the relevance of EVA surveillance in breeding stock in order to identify cases and prevent the disease spreading through mating. This result could assist policy makers in their decisions on whether to extend active surveillance to other breeds and/or by other procedures, in addition to the other surveillance components implemented in France, i.e. compulsory and voluntary notification of suspicions, pre-sales surveillance and pre-export testing (Amat et al., 2015), in order to better estimate the incidence rate and better protect the equine population from EVA infection. Brood mares are not vaccinated and thus act as sentinels (Newton, 2007), while other unvaccinated horse populations may also be useful in signaling new subclinical infections.

Of the 239 cases, 35 mares (15%) had positive result(s) before showing a sharp increase in the antibody titer. Given that mares are not vaccinated in France, they were probably reinfected. To date, natural infection is generally recognized as resulting in durable immunity against reinfection with most if not all strains of the virus, but the possibility of reinfection has been assumed by certain authors (Balasuriya and MacLachlan, 2004). Moreover, 1,406 mares with at least one positive VNT result were detected during this period. These mares were probably infected before 2006. The high proportion of these “old” cases compared to the proportion of new cases may be surprising, but this situation highlights the disease’s presence in breeding stock for a long time, with a significant number of cases even before the first major occurrence of EVA recorded in France in 2007, characterized by numerous clinical cases and a few fatal cases in the north-western part of the country (Pronost et al., 2010). It was not possible to estimate the evolution of the incidence rate before and after 2006. Indeed, the VNT results for these 1,406 mares before 2006 as well as their dates of infection were not available.

Most detected cases were TB, followed by FS and AA (Table 1). These breeds, in the same order, are those with the highest numbers of mares tested each year. Indeed, they represent around 78%, 11% and 6% respectively of mares tested in 2012. For each of the five studied breeds, the average percentage of cases among tested mares was lower than 1% between 2006 and 2012. Nevertheless, the incidence rate for each breed was not estimated because it was not the aim of this study and it would have required specific calculation methods, given that our data must be considered to have been collected by a two-stage sampling process (sampling of the communes and then of the mares within the communes).

#### 4.4. Estimation of annual EVA incidence and the BSSC's sensitivity

We estimated the incidence by keeping all the years together in order to improve the statistical robustness of our result. During this seven-year period, around 6,000 holdings with brood mares in 2,000 communes were tested for EVA each year due to mating activities. Thus, the yearly incidence rate at commune scale was estimated at around 1.6% for these 2,000 communes (or 0.1% considering all French communes). These estimates seem plausible when trying to compare them with other countries, although comparison is quite difficult for following reasons. Numerous studies have investigated the presence of EVA in various countries, but they have usually estimated serological point prevalence rather than annual incidence (i.e. the number of new cases or outbreaks), leading to higher values given that neutralizing antibodies persist several years. Moreover, sampling procedures applied in these studies were different. Some studies are based on surveys specifically carried out to assess prevalence (Braga et al., 2012; Chabchoub et al., 2002; Laabassi et al., 2014; NAHMS, 2000), while other studies have used actively collected samples in specific sub-populations or analyzed results from horses tested before mating, vaccination, import or export, or results from suspected cases (Chirnside, 1992; Newton et al., 1999). Furthermore, prevalence was usually investigated on an individual scale rather than holding or commune scale. EVA prevalence was estimated in several breeds, but farming practices vary largely from breed to breed and may influence both the risk of infection and prevalence. The most comparable results are the serological prevalence estimated in the same (racehorse) breeds and breeding stock. In the TB, individual prevalence has been estimated between 0.3% and 4.5% in the UK, Brazil, Algeria and the US during the last 20 years (Braga et al., 2012; Laabassi et al., 2014; NAHMS, 2000; Newton et al., 1999). In Arabian horses, prevalence has been estimated to range from 6.7% to 26% in Brazil, Algeria and Tunisia since 2000 (Braga et al., 2012; Chabchoub et al., 2002; Laabassi et al., 2014) (F. Laabassi, personal communication). Individual prevalence has been estimated at 5.6% (CI<sub>95%</sub> 2.3-8.9) in breeding horses in the USA in 1998 (NAHMS, 2000). Lastly, one interesting result is the serological prevalence on a holding scale on breeding farms in the USA, estimated at 20.5% (CI<sub>95%</sub> 5.8-35.2) in 1998 (NAHMS, 2000). All these results were calculated on the basis of horses without any history of vaccination against EVA. The higher prevalence found in breeding stock can be explained by a higher risk of infection due to the existence of two transmission routes: venereal and respiratory.

The estimated BSSC's sensitivity on a commune scale can be considered as quite high. However, the BSCC probably does suffer from a moderate lack of sensitivity. This could be due to the sampling process because only a fraction of the equine breeding stock is tested annually. This is why we focused our study on only the five most regularly tested breeds. Even for these five breeds, only around half of the brood mares are tested because the ones not used to produce racehorse foals

do not need to be tested. However, almost all TB and FC brood mares are tested every year and, for other breeds, the holdings producing racehorse foals usually do not hold brood mares producing non-racehorse foals (and thus not tested).

A slight lack of sensitivity in either the serological test or the data collection process may also be suspected. However, the VNT is very sensitive (OIE, 2013), and the quality of samples, notification procedures, data recording and reliability of the results have also been assessed as satisfactory (Amat et al., 2015).

The rules defined for identifying seroconversion may also have affected the results, but moderate modifications in these rules did not induce a substantial change. Indeed, the use of a more sensitive and less specific seroconversion definition (i.e. also considering a change in antibody titer from negative to 16 as a seroconversion) leads to no significant difference in the estimated BSSC's sensitivity.

Although the BSSC's sensitivity was estimated to be relatively high on a commune scale, it is likely to be as high on a holding scale, if not more. The result on a commune scale was obtained by dividing the number of detected infected communes by the estimated total number of infected communes between 2006 and 2012. The latter number is related to the probability  $\pi$  that one tested animal is detected as being a case, which is directly related to the number of tested mares in each unit, which is the commune. The commune was chosen because no more precise location was available, but each commune with brood mares tested for EVA contains three holdings on average. Consequently, using the commune scale may potentially lead to cases from several holdings being counted together, thus increasing the number of cases per unit (binomial numerator,  $C_i$ ) compared to using the holding scale. However, the increase in the numerator is probably much smaller than the increase in the denominator (number of tested mares per unit,  $n_i$ ). Indeed, the venereal route is probably the main route of infection of breeding stock holdings compared with the airborne one and there were only a few communes with more than one detected case (19/177), so the presence of several infected holdings within the same commune was probably unusual. On the other hand, the presence of one or more EVA-free holdings in the same commune as an infected holding is probably more common, especially in the major breeding stock farming areas where the number of holdings in certain communes can be quite high. The potential overestimation of the denominator is supported by the fact that the average number of tested mares within each tested commune (4.7) is around three times higher than the average number of mares in general breeding farms (1.7) (IFCE, 2015b). Moreover, even within the same holding, breeding horses are sometimes held in separate facilities without contact with each other, resulting in a low probability of the disease being transmitted from one batch of horses to another. Furthermore, all tested mares were counted in the denominator, including mares with stable or decreasing positive VNT results. As seen before these

mares had probably been infected several years ago and built up durable immunity, and their presence has probably artificially increased the number of susceptible mares.

Using a zero-truncated binomial model allowed us to take into account not only the detected cases and their clustering within communes, but also the number of tested mares in each commune. This enabled us to manage part of the heterogeneity in the probability of detecting cases and outbreaks. Including relevant covariates in the model (e.g. number of untested horses within the unit, number of risky contacts or primary function of the operation) could have potentially helped to account for the remaining observed heterogeneity. Unfortunately, such covariate information was not available and the small amount of data prevented the inclusion of several covariates. It would be useful to develop a model which correctly manages heterogeneity, but this is a difficult target to achieve. Taking heterogeneity into account vaguely or inexplicitly, such as using zero-truncated negative binomial or non-parametric models, may also be future avenues for research.

### **Conclusions**

This study shows that the number of EVA cases and outbreaks is not negligible in the French breeding stock, and suggests that a proportion of brood mares have been reinfected, a situation which had not previously been documented to our knowledge. The estimate of the BSSC's sensitivity between 2006 and 2012 was at 82% (CrI<sub>95%</sub> 71-91) which is relatively high. However, the sensitivity of EVA surveillance could be improved by a closer relationship between surveillance components and more detailed information about the horses' location, which is necessary to improve numerous kinds of epidemiological research. Expanding access to serological results collected in circumstances other than pre-mating surveillance (especially before sales or international trade) and using common rules for identifying seroconversion would improve future incidence investigations, particularly because they would pave the way for multilist studies.

### **Conflict of interest statement**

None.

### **Acknowledgments**

We would like to thank Sandrine VINATIER (IFCE, SIRE Department, Pompadour, France) for her technical support and Dr Benoit DURAND (ANSES, Laboratory for Animal Health, Maisons-Alfort, France) for his advice on statistics and comments during the preparation of this manuscript. We would also like to thank Xavier DORNIER (IFCE, Economic and Social Observatory, Pompadour, France) for his support and explanations regarding the equine population and Delphine LIBBY-CLAYBROUGH for revision of English language.

## References

- Amat, J.P., Hendriks, P., Tapprest, J., Leblond, A., Dufour, B., 2015. Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies. *Epidemiol. Infect.* 143, 3122-3133.
- Anonyme, 2014. Arrêté du 30 janvier 2014 modifiant l'arrêté du 8 décembre 2003 portant approbation du règlement du stud-book français du cheval de pur sang.
- Balasuriya, U.B.R., MacLachlan, N.J., 2004. The immune response to equine arteritis virus: Potential lessons for other arteriviruses. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 102, 107-129.
- Balasuriya, U.B.R., Go, Y.Y., MacLachlan, N.J., 2013. Equine arteritis virus. *Vet. Microbiol.* 167, 93-122.
- Braga, P.R.C., De Souza Hunold Lara, M.D.C.C., Dias, A., Cunha, E.M.S., Villalobos, E.M.C., Ribeiro, M.G., Borges, A.S., 2012. Seroprevalence of equine viral arteritis in paulista mesoregions between 2007 and 2008. *Semina: Ciências Agrárias* 33, 1501-1506.
- Bronner, A., Hénaux, V., Vergne, T., Vinard, J.L., Morignat, E., Hendriks, P., Calavas, D., Gay, E., 2013. Assessing the mandatory bovine abortion notification system in France using unilist capture-recapture approach. *PLoS ONE* 8, doi:10.1371/journal.pone.0063246.
- Cameron, A., Trivedi, P., 2013. Regression analysis of count data, second edition. *Econometric Society Monographs*, Cambridge University Press, 566 p.
- Chabchoub, A., Landolsi, F., Mkaouer, L., Lasfar, F., Ghorbel, A., Ghram, A., 2002. Seroepidemiological survey on equine viral arteritis in two regions in Tunisia. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 55, 93-97.
- Chao, A., 1987. Estimating the population size for capture - recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43, 783-791.
- Chao, A., Tsay, P.K., Lin, S.H., Shau, W.Y., Chao, D.Y., 2001. The applications of capture-recapture models to epidemiological data. *Statist. Med.* 20, 3123-3157.
- Chirnside, E.D., 1992. Equine arteritis virus: an overview. *Brit. Vet. J.* 148, 181-197.
- Del Rio Vilas, V.J., Böhning, D., 2008. Application of one-list capture-recapture models to scrapie surveillance data in Great Britain. *Prev. Vet. Med.* 85, 253-266.
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H., 2010. *Veterinary epidemiologic research*, second edition. VER inc., Charlottetown, Prince Edward Island, Canada, 865 p.
- Go, Y.Y., Cook, R.F., Fulgêncio, J.Q., Campos, J.R., Henney, P., Timoney, P.J., Horohov, D.W., Balasuriya, U.B.R., 2012. Assessment of correlation between in vitro CD3 + T cell susceptibility to EAV infection and clinical outcome following experimental infection. *Vet. Microbiol.* 157, 220-225.

- Hans, A., Marcé, C., 2012. Etat des lieux de l'artérite virale équine (AVE) en France en 2011. *Bulletin Epidémiologique, Santé Animale et Alimentation* 54, 62-63.
- Hilbe, J.M., 2011. *Negative Binomial Regression*. Cambridge University Press, New York, 570 p.
- Hook, E.B., Regal, R.R., 1995. Capture-recapture methods in epidemiology: Methods and limitations. *Epidemiol. Rev.* 17, 243-264.
- Hothorn, T., Everitt, B.S., 2014. *A handbook of statistical analyses using R*, Third Edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton FL, 456 p.
- IFCE, 2015a. Monte 2016 : Dépistages et vaccinations sur les étalons et juments selon les règlements des stud-books [http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages\\_vaccinations\\_etalons\\_juments\\_MONTE\\_2016.pdf](http://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2015/08/SIRE-depistages_vaccinations_etalons_juments_MONTE_2016.pdf).
- IFCE, 2015b. Stats & cartes [http://statscheval.haras-nationaux.fr/core/zone\\_menus.php?zone=229&r=1316](http://statscheval.haras-nationaux.fr/core/zone_menus.php?zone=229&r=1316).
- IGN 2015. Répertoire Géographique des Communes Version 2, Institut national de l'information géographique et forestière, ed. (<http://professionnels.ign.fr/route500-route120-geofla-rgc>).
- INSEE, 2011. Recensement de la population [http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=14&ref\\_id=popop023](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=14&ref_id=popop023).
- Laabassi, F., Amelot, G., Laugier, C., Zientara, S., Nasri, A.M., Hans, A., 2014. Prevalence of equine viral arteritis in Algeria. *OIE Rev. Sci. Tech.* 33, 967-974.
- MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.H., Bailey, L.B., Hines, J.E., 2006. *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Academic Press, Elsevier, San Diego, CA., 344 p.
- MacLachlan, N.J., Balasuriya, U.B.R., Hedges, J.F., Schweidler, T.M., McCollum, W.H., Timoney, P.J., Hullinger, P.J., Patton, J.F., 1998. Serologic response of horses to the structural proteins of equine arteritis virus. *J. Vet. Diagn. Investig.* 10, 229-236.
- NAHMS, 2000. *Equine Viral Arteritis (EVA) and the U.S. Horse Industry*. USDA:APHIS:VS, CEAH, National Animal Health Monitoring System, Fort Collins, CO, 40 p.
- Newton, J.R., 2007. Controlling EVA in the 21st century: 'Zero tolerance' or 'live and let live'? *Equine Vet. Educ.* 19, 612-616.
- Newton, J.R., Wood, J.L.N., Castillo-Olivares, F.J., Mumford, J.A., 1999. Serological surveillance of equine viral arteritis in the United Kingdom since the outbreak in 1993. *Vet. Rec.* 145, 511-516.
- OIE, 2013. 2.5.10. Equine viral arteritis. In: *OIE, Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (Mammals, birds and bees)*. 16 p.
- OIE, 2015. *Terrestrial Animal Health Code*, Chapter 12.9. Infection with equine arteritis virus.

- Premaratna, R., Weerasinghe, S., Ranaweera, A., Chandrasena, T.N., Bandara, N.W., Dasch, G.A., De Silva, H.J., 2012. Clinically helpful rickettsial disease diagnostic IgG titers in relation to duration of illness in an endemic setting in Sri Lanka. *BMC Res. Notes* 5, DOI: 10.1186/1756-0500-1185-1662.
- Pronost, S., Pitel, P.H., Miszczak, F., Legrand, L., Marcillaud-Pitel, C., Hamon, M., Tapprest, J., Balasuriya, U.B., Freymuth, F., Fortier, G., 2010. Description of the first recorded major occurrence of equine viral arteritis in France. *Equine Vet. J.* 42, 713-720.
- Spiegelhalter, D., Thomas, A., Best, N., Lunn, D., 2003. WinBUGS User Manual Version 1.4. <http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/wp-content/uploads/manual14.pdf>.
- Summers-Lawyer, K.A., Go, Y.Y., Lu, Z., Timoney, P.J., McCue, P.M., Zhang, J., Shuck, K.M., Bruemmer, J., 2011. Response of stallions to primary immunization with a modified live equine viral arteritis vaccine. *J. Equine Vet. Sci.* 31, 129-138.
- Timoney, P.J., 2011. Equine viral arteritis. In: McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E., Varner, D.D., *Equine Reproduction*. John Wiley & Sons, Hoboken, 2391-2398 p.
- Timoney, P.J., McCollum, W.H., 1993. Equine viral arteritis. *Vet. Clin. N. Am.: Equine pract.* 9, 295-309.
- Timoney, P.J., Fallon, L., Shuck, K., McCollum, W., Zhang, J., Williams, N., 2007. The outcome of vaccinating five pregnant mares with a commercial equine viral arteritis vaccine. *Equine Vet. Educ.* 19, 606-611.
- Van der Heijden, P.G.M., Cruyff, M., Van Houwelingen, H.C., 2003. Estimating the size of a criminal population from police records using the truncated Poisson regression model. *Stat. Neerl.* 57, 289-304.
- Vergne, T., Del Rio Vilas, V.J., Cameron, A., Dufour, B., Grosbois, V., 2015. Capture-recapture approaches and the surveillance of livestock diseases: A review. *Prev. Vet. Med.* 120, 253-264.
- Vergne, T., Calavas, D., Cazeau, G., Durand, B., Dufour, B., Grosbois, V., 2012. A Bayesian zero-truncated approach for analysing capture-recapture count data from classical scrapie surveillance in France. *Prev. Vet. Med.* 105, 127-135.
- Zelterman, D., 1988. Robust estimation in truncated discrete distributions with application to capture-recapture experiments. *J. Statist. Plan. Inference* 18, 225-237.

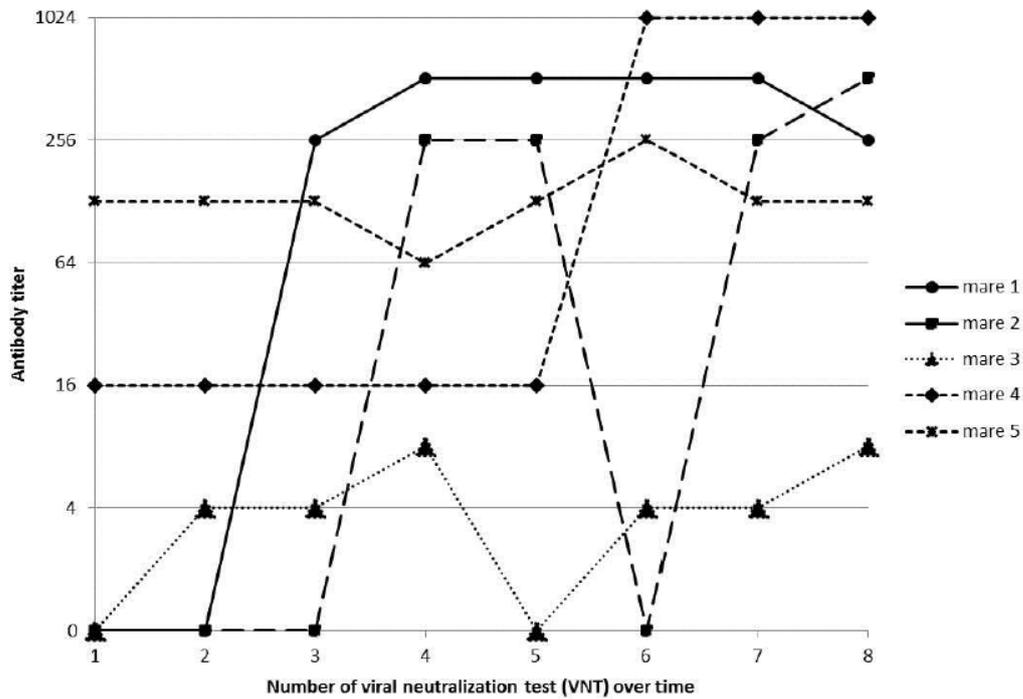


Fig. 1. Examples of equine viral arteritis antibody titer curves in five brood mares tested each year over an eight-year period.

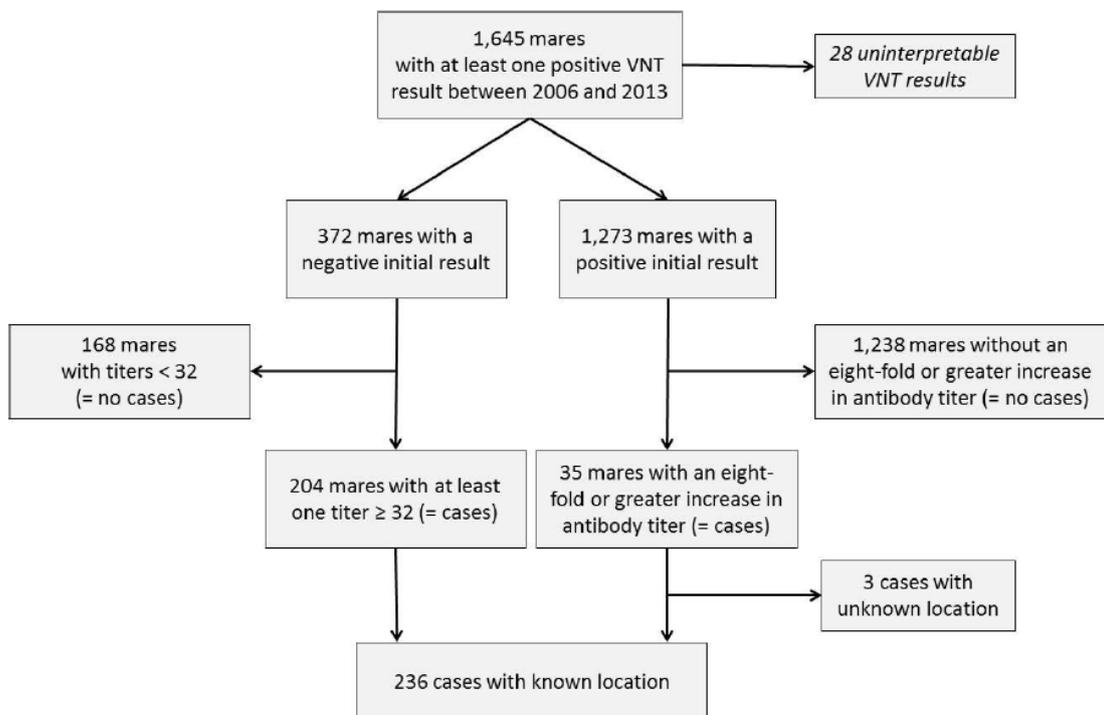


Fig. 2. Flow chart documenting the *ad hoc* rules used to identify equine viral arteritis cases among the brood mares tested between January 2006 and December 2013 in France using the viral neutralization test (VNT).

Table 1. Number of equine viral arteritis (EVA) cases with a known location detected in mares by the French breeding stock surveillance component (BSSC) between 2006 and 2013 for each breed.

Mare's breed	Thoroughbred	Arabian horse	Anglo-Arabian	French Chaser	French Saddle	Other (riding horse)	Total
Number of EVA cases with a known location detected by the BSSC	170	5	26	1	33	1	236

Table 2. Number of equine viral arteritis (EVA) cases detected in the outbreaks identified by the breeding stock surveillance component (BSSC) in French breeding stock between 2006 and 2013.

Number of EVA cases detected per outbreak	1	2	3	4	7	8	30	Total
Number of outbreaks identified using the seroconversion definition proposed by the panel	158	13	1	3	1	-	1	177
Number of outbreaks identified using the alternative seroconversion definition	209	18	3	3	-	1	1	235

Table 3. Incidence rate of equine viral arteritis (EVA) within outbreaks, sensitivity of the proposed rules for identifying seroconversion, total number of outbreaks in French breeding stock and sensitivity of the breeding stock surveillance component (BSSC) between 2006 and 2012 estimated using a zero-truncated binomial model.

Estimated parameter		Median	95% credible interval
$\widehat{Inc}$	Incidence rate within outbreaks (%)	4.9	3.8-6.4
$\widehat{SeR}$	Sensitivity of the proposed rules for identifying seroconversion (%)	79	66-88
$\widehat{N}_{inf}$	Total number of EVA outbreaks	215	195-249
$\widehat{SeB}$	BSSC's sensitivity (%)	82	71-91

# Annexe 2. Article “Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies”



*Epidemiol. Infect.* (2015), 143, 3122–3133. © Cambridge University Press 2015  
doi:10.1017/S0950268815000217

## Comparative evaluation of three surveillance systems for infectious equine diseases in France and implications for future synergies

J. P. AMAT<sup>1,2\*</sup>, P. HENDRIKX<sup>3</sup>, J. TAPPREST<sup>2</sup>, A. LEBLOND<sup>1</sup> AND B. DUFOUR<sup>4</sup>

<sup>1</sup> National Institute for Agricultural Research (INRA), UR346 *Epidémiologie Animale, Saint-Genès-Champagnelle, France*

<sup>2</sup> French Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety (ANSES), Dozulé Laboratory for Equine Diseases, Goustranville, France

<sup>3</sup> ANSES, Direction of Laboratories, Lyon, France

<sup>4</sup> Veterinary School of Maisons-Alfort (ENVA), EpiMAI Unit ENVA-Joint Anses, Maisons-Alfort, France

Received 27 October 2014; Final revision 12 January 2015; Accepted 26 January 2015;  
first published online 25 February 2015

### SUMMARY

It is necessary to assess surveillance systems for infectious animal diseases to ensure they meet their objectives and provide high-quality health information. Each system is generally dedicated to one disease and often comprises various components. In many animal industries, several surveillance systems are implemented separately even if they are based on similar components. This lack of synergy may prevent optimal surveillance. The purpose of this study was to assess several surveillance systems within the same industry using the semi-quantitative OASIS method and to compare the results of the assessments in order to propose improvements, including future synergies. We have focused on the surveillance of three major equine diseases in France. We have identified the mutual and specific strengths and weaknesses of each surveillance system. Furthermore, the comparative assessment has highlighted many possible synergies that could improve the effectiveness and efficiency of surveillance as a whole, including the implementation of new joint tools or the pooling of existing teams, tools or skills. Our approach is an original application of the OASIS method, which requires minimal financial resources and is not very time-consuming. Such a comparative evaluation could conceivably be applied to other surveillance systems, other industries and other countries. This approach would be especially relevant to enhance the efficiency of surveillance activities when resources are limited.

**Key words:** Epidemiology, equine disease, surveillance, surveillance system.

### INTRODUCTION

The monitoring of infectious animal diseases is necessary to describe their occurrence and help the planning, implementation and evaluation of risk mitigation

actions. Surveillance systems must primarily be implemented for diseases that could have a huge impact on public health, animal health and welfare, and the national or international economy and trade [1–3]. For equine diseases, equine infectious anaemia (EIA), equine viral arteritis (EVA) and contagious equine metritis (CEM) are some of the most frequently monitored hazards because they can lead to significant financial losses for the horse industry. EIA is caused by a virus of the family Retroviridae.

\* Author for correspondence: Dr J.P. Amat, ANSES–INRA-EpiA UR346, Laboratoire de pathologie équine de Dozulé, F-14430 Goustranville, France.  
(Email: jean-philippe.amat@anses.fr)

This is an Open Access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the same Creative Commons licence is included and the original work is properly cited. The written permission of Cambridge University Press must be obtained for commercial re-use.

Infection usually results in a chronic disease with intermittent acute episodes which can end in death. The EIA virus is mainly transmitted by the transfer of blood from an infected horse, either by bloodsucking horseflies or the use of contaminated needles (iatrogenic transfer) [4]. Horses generally remain life-long carriers for EIA and so represent a potential hazard for other horses. EVA is a respiratory and reproductive disease caused by a virus of the Arteriviridae family. Some strains of EVA virus lead to abortions or mortality in foals [5]. EVA can be transmitted horizontally by aerosols or venereal contact, vertically through infection *in utero* or, occasionally, through indirect contact by fomites. The virus is extremely resistant and can even be transmitted through frozen semen. Stallions can remain lifelong carriers for EVA and can potentially transmit the disease to mares during breeding [6–8]. CEM is due to *Taylorella equigenitalis*, a Gram-negative coccobacillus belonging to the Alcaligenaceae family. CEM is characterized in mares by a variable degree of vaginitis, endometritis, cervicitis and temporary infertility. In stallions, no clinical signs are observed. It is a sexually transmitted disease, but indirect transmission by fomites is possible. Stallions and mares can remain carriers for CEM for several years and can transmit the disease during breeding [9, 10].

In France, EIA, EVA and CEM are endemic, but over the last 10 years, only a few sporadic cases have been detected, and none at all some years [11–13]. They have different regulatory statuses: in view of its serious economic impact (possible death, euthanasia of infected horses, farm placed under quarantine, movement restrictions, etc.), the risk mitigation actions against EIA are more severe than those for EVA or CEM. Most of the EIA monitoring and control measures are implemented by public authorities, whereas measures against EVA and CEM are implemented either by authorities or private partners.

As defined during the workshop held prior to the International Conference on Animal Health Surveillance (ICAHS) in 2011, a ‘surveillance system’ or ‘network’ is a range of surveillance components used to investigate the occurrence of a single hazard in a specified population [2]. A ‘component’ was defined as a single surveillance activity for investigating the occurrence of one or more hazards in a specified population [2].

In most developed countries, the surveillance networks monitoring equine diseases comprise various components, including compulsory notification of suspicions, testing prior to export or sale, and

surveillance of breeding stock. In France, there is also a voluntary passive surveillance run by the RESPE (French network for epidemiological surveillance of equine diseases) veterinary association [14, 15]. Unfortunately, these various components are not well connected and do not share all the data collected.

Surveillance systems have to be evaluated to ensure they meet their goals and provide high-quality health information in a timely and efficient way [16–18]. Furthermore, multi-component networks need to be assessed to highlight possible synergies that could be implemented between existing components in order to improve the whole system’s performance. To date, the French surveillance systems for equine diseases have never been evaluated. Moreover, there are very few published evaluations of equine disease surveillance systems worldwide, and most of these publications focus on assessing only one component [19–21].

The objectives of this study were to (i) assess the surveillance systems for equine diseases in France by means of the OASIS method [18], taking EIA, EVA and CEM as examples; (ii) compare the results of the assessments and highlight their mutual and individual strengths and weaknesses in order to propose improvements, especially to increase the links and synergies between the different components and systems.

## MATERIALS AND METHODS

### Surveillance networks and components

The French surveillance networks for EIA, EVA and CEM are quite separate and each includes several independent components (Table 1). Some components are managed by the animal health authorities, including the French Ministry of Agriculture’s Food Directorate (DGAL), the national reference laboratories (NRLs), the French agency for food, environmental and occupational health and safety (ANSES) and the French horse and riding institute (IFCE). These components are the compulsory notification of suspected cases (comprising clinical and post-mortem suspicions by veterinarians and necropsy centres), the mandatory surveillance of stallions used for semen collection and pre-export testing. Another component is directed by private partners, i.e. pre-sale testing, generally managed by sales companies. There is also the voluntary surveillance run by RESPE, an association of more than 500 veterinarians

Table 1. *Surveillance components for EIA, EVA and CEM currently implemented in France*

Surveillance component	Diseases monitored	Managers	Type of surveillance*	Target population
Compulsory notification of suspected cases (clinical and post-mortem suspicions)	EIA, EVA, CEM	Public authorities	Passive	Entire equine population
Surveillance of breeding stock	EIA, EVA, CEM	Public authorities and private partner	Active	Breeding stock of certain breeds and all stallions used for semen collection
Voluntary passive surveillance (RESPE)	EVA	Private partner	Passive	Equine population monitored by voluntary veterinarians
Pre-sales surveillance	EIA†, EVA, CEM	Private partners	Active	Equids purchased
Pre-export testing	EIA, EVA, CEM‡	Public authorities	Active	Equids expected to be exported

CEM, Contagious equine metritis; EIA, equine infectious anaemia; EVA, equine viral arteritis; RESPE, French network for epidemiological surveillance of equine diseases.

\* Two types of surveillance are considered in this table: (i) passive surveillance, which is defined as an 'observer-initiated provision of animal health-related data (e.g. voluntary notification of suspect disease) or the use of existing data for surveillance' [2] and which is used to detect infected animals with clinical signs or that have died from the disease; (ii) active surveillance, which is an 'investigator-initiated collection of animal health-related data using a defined protocol to perform actions that are scheduled in advance' [2] and which is used to detect asymptomatic infected animals.

† EIA is often tested before a sale in France by an agar gel immunodiffusion test (serological test), especially before auctions, because the purchase may be cancelled if the horse is discovered to be infected by the EIA virus within 30 days of the transaction.

‡ The tests to be performed depend on the destination country and the type of export: temporary or permanent.

throughout the country who report clinical suspicions and collect samples from all cases regarded as suspect when compared to a list of syndromes, including abortions and respiratory disorders that may be due to the EVA virus [14]. Last, one component dealing with breeding stock is managed by both public authorities (IFCE) and private partners (stud books).

#### Assessment method

The semi-quantitative OASIS method [18] was chosen to evaluate surveillance of the three diseases. OASIS provides a detailed and standardized framework. It was designed to evaluate surveillance networks as a whole by assessing many criteria ( $n = 78$ ) relating to the goals, organization and operation [22]. It can assess the level of satisfaction for each criterion globally so as to consider all the components at the same time, which is more relevant than evaluating each component one after another. The method has already been used to assess animal diseases and food safety surveillance networks in different countries [23–25].

We used the OASIS 'flash' variant, which is faster than the conventional OASIS method, especially for the first step related to data collection [26]. With the conventional method, information is collected by an

assessment team who meets several of the system's stakeholders, including field workers, central institutional organizations and intermediate units. With the flash method, data were collected by the same person, by reviewing the literature and regulations, and through phone discussions and individual meetings with people from central institutional organizations. The required data relate to objectives, structure, targeted population, tools, data management, etc. All data were collected through the OASIS detailed questionnaire, for each component and disease.

For each disease, 8–9 experts were selected and brought face-to-face to assess the surveillance system. The chosen experts were the managers of each component, specialists in the disease, epidemiologists and animal health surveillance experts used to implementing OASIS. Most of the experts took part in all three expert panels. Three 1-day meetings were held, one for each surveillance system. During the meetings, the panel rated each criterion on the OASIS scoring grid in keeping with the questionnaire and with the help of the detailed OASIS scoring guide. The expert panel then reviewed and validated the results for each network as a whole.

The results are displayed using the three OASIS outputs [18], which present the assessment of ten

	Equine infectious anaemia (EIA)	Equine viral arteritis (EVA)	Contagious equine metritis (CEM)
Section 1: Objectives and scope of the surveillance	 58	 67	 67
Section 2: Central institutional organization	 19	 14	 10
Section 3: Field institutional organization	 54	 46	 58
Section 4: Laboratory	 92	 85	 90
Section 5: Surveillance tools	 81	 77	 72
Section 6: Surveillance procedures	 38	 67	 76
Section 7: Data management	 52	 48	 48
Section 8: Training	 80	 67	 60
Section 9: Communication	 67	 56	 56
Section 10: Evaluation and performance indicators	 0	 0	 0

Fig. 1. OASIS output 1 for the French EIA, EVA and CEM surveillance systems assessed (the level of satisfaction for each section is displayed as a percentage score).

functional sections of the surveillance systems (e.g. central institutional organization, laboratory, surveillance tools), seven critical control points (CCPs, e.g. sampling, coordination and data analysis) and ten attributes (e.g. timeliness, flexibility, simplicity). A criterion's level of satisfaction is measured by a percentage that represents the score obtained for the criterion out of the maximum possible score. The panel highlighted the main strengths and weaknesses of each network. First, an item was considered a strength if its level of satisfaction was higher than 66% of the maximum score and a weakness was an item for which the level of satisfaction was lower than 50%. Nevertheless, according to the principle that the inner conviction of the evaluators prevails, the experts slightly refined the categorization according to their interpretation of the performance of the surveillance systems.

Finally, the experts compared the results of the three assessments. They identified the mutual and specific strengths and weaknesses of each, in addition to identical needs, and they drew up recommendations.

## RESULTS

Although the three surveillance systems were assessed independently, the evaluations reveal many similar strong and weak points as well as some differences (Figs 1–3).

### Strengths

The laboratory section is the greatest strength for all three systems (Table 2). For each disease, there is a network of accredited laboratories and an NRL. This section includes many criteria that are highly satisfactory, including the quality of diagnostic tests (sensitivity, specificity, timeliness and relevance), standardization of methods used in all the laboratories, implementation of annual proficiency tests, quality assurance and sufficient resources to perform analyses.

The surveillance tools are quite good (Figs 1 and 2), especially regarding the quality and relevance of samples, for which collection is easy and standardized.

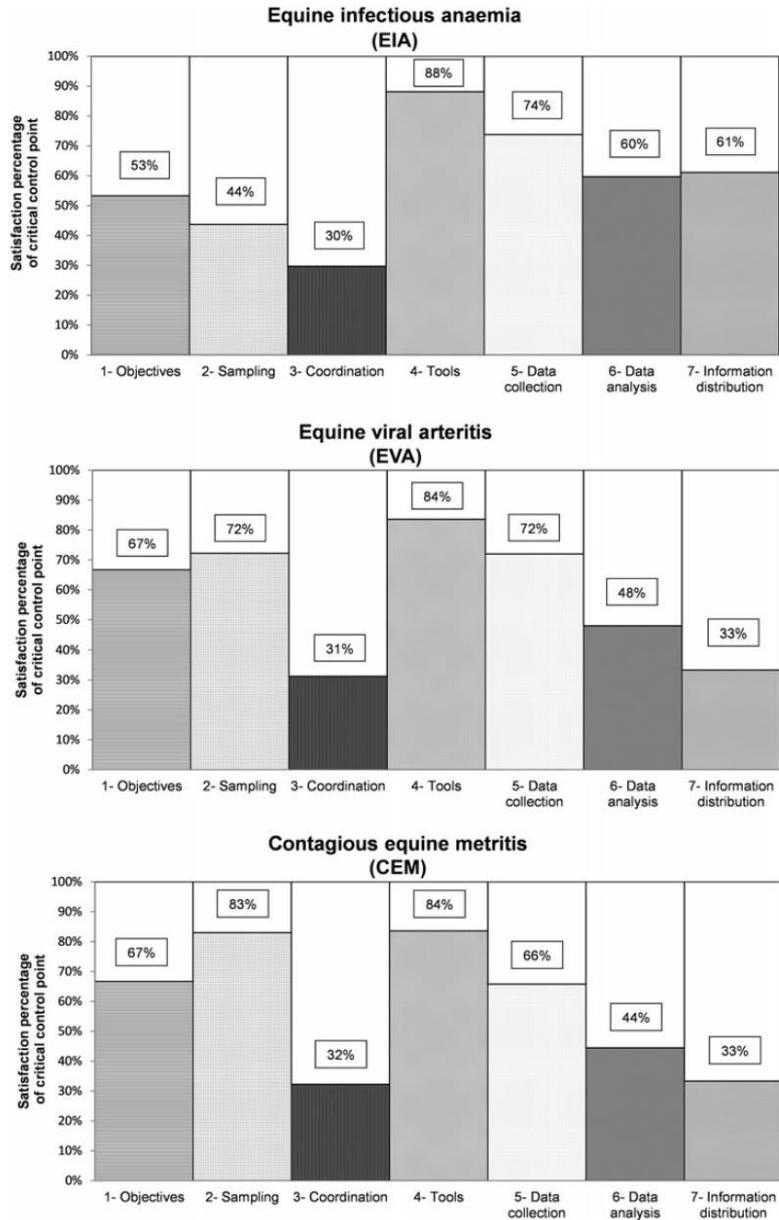


Fig. 2. OASIS output 2 for the French EIA, EVA and CEM surveillance systems assessed (the level of satisfaction for each critical control point is displayed as a percentage score).

Reporting procedures are quick and easy and diagnostic techniques are well established.

For the three surveillance systems, data collection is also quite good (Fig. 2) due to the fast and simple

notification procedures, the quality of samples, and the speed of laboratory analyses. The other criteria related to timeliness (Fig. 3) also return a high level of satisfaction, e.g. the transmission of samples to

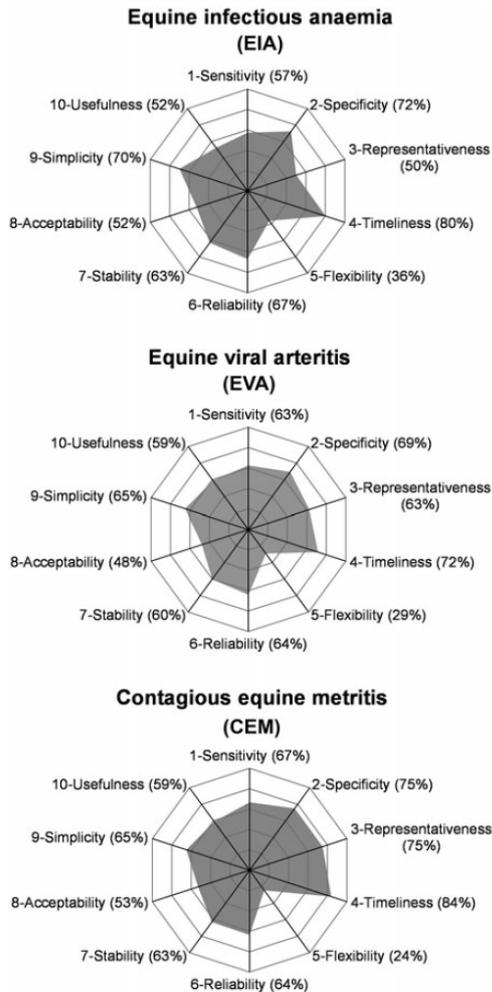


Fig. 3. OASIS output 3 for the French EIA, EVA and CEM surveillance systems assessed (the level of satisfaction for each attribute is displayed as a percentage score).

laboratories and the feedback on individual results to field workers.

#### Weaknesses

Many mutual weaknesses and needs have been identified (Tables 2 and 3). The main needs for all three systems concern the current absence of central institutional organizations (Fig. 1), there being a necessity for a steering committee, management team, and a scientific and technical committee (STC). Regarding

each network individually, there is no steering committee bringing together representatives of all partners involved in monitoring. Hence, the expectations of certain stakeholders – private owners, laboratories, and the semen production industry – are neither identified nor taken into account when defining surveillance objectives. Therefore, system acceptability is low (Fig. 3). Within each surveillance system, the absence of a management team common to all the components substantially hinders flexibility (Fig. 3), data analysis, communication and coordination between all the parties, which is the lowest-rated CCP (Fig. 2). Moreover, none of the systems has any joint STC for existing components.

Data management is poor for all three diseases (Fig. 1). Indeed, each component has its own independent database and only data about confirmed cases are centralized by the public authorities.

Another weak point is data analysis (Fig. 2). The data are not analysed as a whole and most of the databases are not well suited to epidemiological analysis. Furthermore, the lack of a joint STC prevents a satisfactory scientific validation of results.

#### Opportunities and threats

This comparison of the three surveillance systems has highlighted several strengths (tools, teams or skills) specific to a component or system which could be shared and used by the other components or systems. They are opportunities to create synergies and improve the monitoring of all three diseases (Table 4).

For instance, communication (Fig. 1) and information distribution (Fig. 2) are better for the EIA surveillance system due to the better external communication and a systematic annual report published jointly by the national animal health authority and the NRL. Similar annual reports should be implemented regarding EVA and CEM, based on the EIA model (Table 4). The regular reporting improves motivation and awareness of all the partners, as well as the reputation and acceptability of the surveillance networks.

Several specific strengths have also been pointed out regarding surveillance tools. For example, data collection forms have been created by the RESPE regarding EVA and the IFCE regarding EIA, EVA and CEM. It would be advisable to draft a standardized form based on existing models for use by all the surveillance components for all three diseases.

Regarding data management, automated data transfers (ADTs) are used by accredited laboratories

Table 2. *Main strengths and weaknesses of the French surveillance systems for EIA, EVA and CEM*

OASIS outputs	Mutual strengths	Mutual weaknesses	Specific strengths*	Specific weaknesses*
Functional sections	Laboratory Surveillance tools Training	Central institutional organization Data management Evaluation	Surveillance procedures (EVA, CEM) Communication (EIA)	Surveillance procedures (EIA)
Critical control points	Tools Data collection	Coordination Data analysis	Sampling (EVA, CEM) Information distribution (EIA)	Sampling (EIA) Information distribution (EVA, CEM)
Attributes	Specificity Timeliness	Flexibility Acceptability	Sensitivity (CEM) Representativeness (CEM)	Representativeness (EIA)

CEM, Contagious equine metritis; EIA, equine infectious anaemia; EVA, equine viral arteritis.

\* The disease for which the surveillance system has a specific strength or weakness is given in parentheses.

Table 3. *Main mutual needs for improving the surveillance of EIA, EVA and CEM in France*

Common needs	Main criteria expected to be improved
Creation of a steering committee	Objectives Coordination Acceptability Flexibility Stability
Creation of a management unit	Coordination Data analysis Communication Evaluation Flexibility
Creation of a scientific and technical committee including the national reference laboratories	Data analysis Reliability Tools
Sharing the data collected by each component	Data management
Full epidemiological analysis	Data analysis

CEM, Contagious equine metritis; EIA, equine infectious anaemia; EVA, equine viral arteritis.

and the IFCE for breeding stock. These transfers are more reliable and faster than manual entries. Given that all analyses are performed by a network of accredited laboratories (or the NRL), ADTs should be generalized to every component. Furthermore, it is necessary to implement a single relational database or to network the existing ones.

Moreover, several investigation teams can be activated either by the animal health authorities, stud books or the RESPE when an EIA, EVA or CEM case is detected (Table 4). However, depending on the breed and use of the infected animal, certain EVA or CEM cases are not currently investigated.

These teams should be united to form a single investigation unit. If not, several teams could continue to exist but need to be better coordinated and activated according to formal, standardized procedures.

By contrast, some threats were identified, especially the poor sampling (Fig. 2) and surveillance procedures (Fig. 1) regarding EIA. Although EIA, EVA and CEM are all notifiable diseases, the populations targeted for EVA and CEM surveillance are breeding stock, exported horses and auctioned animals, whereas EIA has a different regulatory status in France and the entire equine population appears to be monitored. While surveillance activities seem appropriate for breeding stock, exported and auctioned animals, the current procedures are not as complete or representative as necessary for other equids, e.g. horses raised for meat or leisure, donkeys, etc. Similarly, the sensitivity, representativeness and usefulness scores (Fig. 3) are worse for the EIA surveillance network than for the EVA and CEM networks. In order to improve these features, it will be necessary to define clear and detailed objectives and to ensure that current surveillance activities are consistent with these objectives, with the help of the STC. It may be necessary to revise sampling procedures, to amend or end certain activities and create others.

## DISCUSSION

The objectives of this study were to assess the surveillance of three equine diseases in France, and to compare these evaluations in order to identify possible improvements. Despite several weaknesses and poor coordination between components, many significant strengths have been identified and the quality of the overall surveillance systems for EIA, EVA and CEM is quite good. OASIS was relevant and flexible enough

Table 4. *Opportunities: main tools, teams and skills which should be pooled to improve the surveillance of EIA, EVA and CEM in France*

Strength to share	Network/component whose strength should be shared	Details	Main criteria expected to be improved
Annual report	EIA network	Annual reports on EVA and CEM surveillance built up on the EIA model and written jointly by all the component managers. Reports in sufficient detail and comprising epidemiological analysis. Active distribution to all stakeholders, including field workers and external partners	Communication Information distribution Acceptability
Collection data form	IFCE, RESPE	Standardized collection data form based on current models and widely used in all components	Data collection Tools
Automated data transfers	IFCE	Generalization of automated data transfers for breeding stock surveillance and in other components	Data management Reliability Timeliness
Investigation teams	EIA network, stud books, RESPE	Existing teams united into a single investigation unit, or several teams retained but better coordinated. In any event, teams supported by the national reference laboratories	Reliability Timeliness

CEM, Contagious equine metritis; EIA, equine infectious anaemia; EVA, equine viral arteritis; IFCE, French horse and riding institute; RESPE, French network for epidemiological surveillance of equine diseases.

to allow the comparative assessment of such complex multi-component systems. All the assessors approved the final conclusions and agreed that the method is easy to use and raised no major difficulties.

Several quantitative methods have been designed to assess the surveillance system in veterinary and public health. They may provide an accurate evaluation, but are based on only a few criteria such as sensitivity, costs or performance indicators [17]. Some qualitative or semi-quantitative methods have also been developed [3, 17, 18, 27–29]. Some of them [30] include attributes from the US guidelines published by the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [27], in the same way as the OASIS tool. However, OASIS uses many more assessment criteria, enabling the system to be assessed in depth. In our study, consensus was reached quite easily both on the score for each criterion and ensuing recommendations.

A major difference between OASIS and other frameworks is the level of detail of the scoring grid, which simplifies the evaluation and also guides the evaluators. Other authors have drawn up a scoring guide to implement a collective semi-quantitative evaluation, using a hierarchical analysis method [28]. However, they have assessed only a few criteria ( $n = 13$ ) and focused only on the ‘credibility’ of the surveillance. In their study, the weighting of each criterion is variable and subjective because it was decided by the assessors themselves, depending on their own area of expertise. Other assessments are based on comparison with a

standard surveillance document but do not use a scoring grid [31].

Some authors developed the SERVVAL method, which consists of a tailored collective qualitative assessment [29]. The assessors select 5–10 evaluation attributes from a list of 22 depending on the surveillance network’s objectives. To perform a comparative assessment of surveillance networks by means of SERVVAL, it would be necessary to select the same attributes for each network. The SERVVAL data collection questionnaire is less detailed than the OASIS one and there is currently no scoring guide. Nevertheless, SERVVAL, which may include other analyses such as cost analysis, helps assessors to define the purpose and scope of the evaluation (time, resources, etc.), and to further identify the target audiences and how the outcomes of the evaluation will be communicated. Finally, SERVVAL and OASIS appear complementary. It would be useful in the future to assess surveillance systems by combining the two methods through a semi-quantitative evaluation using OASIS within the SERVVAL framework.

OASIS is a standardized tool, which can assess in the same way the monitoring of any disease, whatever and however many the components. The OASIS method facilitates comparison and readily highlights the individual strengths of each component as opportunities that could be extended to other components, especially through its different results and graphical outputs which are complementary. Output 3 highlights the

system's quality (for instance poor flexibility), whereas output 2 indicates which CCPs could explain this situation and where there is a room for improvement (e.g. the lack of coordination), while output 1 shows which part of the network has to be improved (e.g. the central institutional organization).

This research used the 'OASIS Flash' method which reduces the time required for data collection. However, the information collected is less comprehensive than with the conventional method and the recommendations could be less detailed than recommendations produced with the conventional method. In the same way, the compliance of field workers could be more difficult to obtain because they were not directly questioned during the data collection step. Nevertheless, the information collected before the meetings was validated by component managers. The overall results and recommendations would probably be similar whichever OASIS method had been used, as was shown by the use of both OASIS variants to assess the surveillance of bovine tuberculosis in France [32]. Moreover, this faster variant is easier to implement with the active participation of the various component managers because it is not very time-consuming, as their presence is requested only for the 1-day assessment meetings. The number of person-days needed for data collection is limited, depending on the systems being evaluated, unless numerous interviews, additional economic analyses and/or quantitative assessments are required.

All the component managers should ideally participate in assessing a surveillance system; this study brought all of them together except representatives of auction companies. Despite their absence, the prior data collection and the presence of other experts allowed the team to evaluate each criterion. On the one hand, the presence of network managers is necessary because they know the surveillance systems best. On the other, their presence could bias the assessment because they could regard certain criteria as more important (or less important) than is the case. The detailed scoring guide and presence of external experts used to evaluate other surveillance systems counteracted this. Although the choice of assessors may influence some results, unavoidable individual subjectivity is mostly neutralized due to the collegial evaluation procedure. The fact that the experts reached a consensus quite easily for all the criteria suggests that managers were fairly objective and that assessment is reliable.

Nevertheless, some limitations should be mentioned. Economic analysis could have been performed in order to assess the cost-effectiveness of each

recommendation. Additionally, the OASIS method does not include quantitative evaluation (especially of sensitivity and specificity), even if results are presented as percentages of achievement of objectives. Quantitative assessments could be useful for measuring the potential impact of the proposed improvements. However, the overall assessment and main recommendations would probably have been quite similar.

Considering that many recommendations are the same for all three networks, it will be more useful to create joint teams, tools and operations rather than implement them separately three times. For instance, it would be more efficient to form a single steering committee for all three systems because there is extensive overlap in the people involved. Similarly, it would be suitable to create a joint STC and management unit uniting the managers of all the components which could then pool their tools and skills – including data analysis. Such joint bodies would strengthen the relationships and cohesion between partners while fostering the stability and flexibility of surveillance as a whole. A single innovation like this can improve several sections, CCPs and attributes, and enhance the efficiency of all three systems simultaneously. However, it is legitimate to wonder whether there is sufficient willingness and indeed sufficient resources available for implementing such synergies. Fears may be expressed about issues such as a lack of cohesion between stakeholders within the horse industry, refusal to share data, a loss of self-reliance or increased short-term costs. Nevertheless, pooling tools would lead to long-term savings.

In order to perform regular, complete and relevant data analysis, the epidemiologists of the French epidemiological surveillance platform for animal health (ESA Platform) should take part in data analysis. Indeed, this platform was created in 2011 to strengthen the monitoring of the main animal health hazards by helping improve surveillance systems and fostering the pooling, analysis and dissemination of health data.

The different transmission modes and the various regulatory statuses of EIA, EVA and CEM have led to the concurrent implementation of several separate surveillance components. Some of them address other diseases. Therefore, although we focused on three diseases, our evaluation covered all the perennial surveillance components for equine diseases in France. Consequently, if the previously mentioned teams and tools were created and pooled, they could

be used to improve surveillance of the other threats too. Furthermore, a single national surveillance system for equine infectious diseases could be implemented. In addition, new components could be created and added if relevant, whether for syndromic surveillance (e.g. data collected by renderers), sampling in abattoirs, surveillance of sentinel herds, surveys or surveillance of vectors, for example. Moreover, the equine population should be better covered by necropsy centres, and current moves to improve the networking of these centres consolidated. In the UK, improving the livestock population's access to post-mortem facilities was the first core recommendation of the surveillance advisory group tasked to recommend a future delivery model for surveillance in England and Wales in 2012 [33]. The usefulness of necropsy centres for the timely detection of fatal infectious diseases has also been highlighted in France, especially during the EVA outbreak in Normandy in 2007 [34].

Unlike most published assessments, which focus on a single component or system, this study entailed a comparative evaluation of several different networks. This approach reveals possible synergies, which is especially relevant when resources are limited. In view of the existence of multi-component surveillance systems for equine diseases in several developed countries [35–38], comparative assessments using the same model may be conducted to evaluate the surveillance of equine hazards in other countries. Furthermore, this approach may be applied to other industries, other kinds of surveillance systems, and other types of diseases, including exotic diseases, zoonoses, systems that include surveillance of vectors (e.g. West Nile fever) or of susceptible wildlife, even plant health or environmental health surveillance systems. It could improve the surveillance activities within one industry or across several different industries in the case of diseases affecting several industries simultaneously.

This study highlights the need to link every new surveillance component to existing components to make the surveillance more effective and more efficient. It is advisable to consider which tools could be pooled, to anticipate how to integrate and analyse the data (for instance, if capture–recapture analyses are expected), etc. prior to implementation of a new component. There is probably a need to develop a method for linking up existing or new components that are monitoring the same disease. Such a method could learn from the United States' experience, where a federal initiative has been designed to combine the

existing animal health surveillance activities into a comprehensive system [31, 39].

## CONCLUSIONS

This comparative assessment of three surveillance systems by means of OASIS has highlighted many possible synergies that could improve the effectiveness and efficiency of surveillance as a whole. In the future, additional economic analyses and a quantitative assessment should be planned in order to measure the potential impact of proposed improvements, and to prioritize them according to their cost-effectiveness. Such a comparative assessment could conceivably be applied to other surveillance networks and other animal species. This could be a preliminary step towards merging or better connecting several surveillance systems either in the same animal industry or in several animal industries within the same country.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the managers of the surveillance components who assessed the three networks, namely Marie Grandcollot-Chabot from DGAL, Aymeric Hans from ANSES (NRL for EIA and EVA), Sandrine Petry from ANSES (NRL for CEM), Bénédicte Ferry from the IFCE, and Christel Marcillaud-Pitel and Charlene Daix from RESPE. We also thank IFCE, ANSES and the French National Institute for Agricultural Research (INRA) for their support.

## DECLARATION OF INTEREST

None.

## REFERENCES

1. Stärk KDC, *et al.* Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: review of current approaches. *BMC Health Services Research* 2006; **6**: 1–8.
2. Hoinville LJ, *et al.* Proposed terms and concepts for describing and evaluating animal health surveillance systems. *Preventive Veterinary Medicine* 2013; **112**: 1–12.
3. Dufour B, Hendriks P, Toma B. The design and establishment of epidemiological surveillance systems for high-risk diseases in developed countries. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties* 2006; **25**: 187–198.

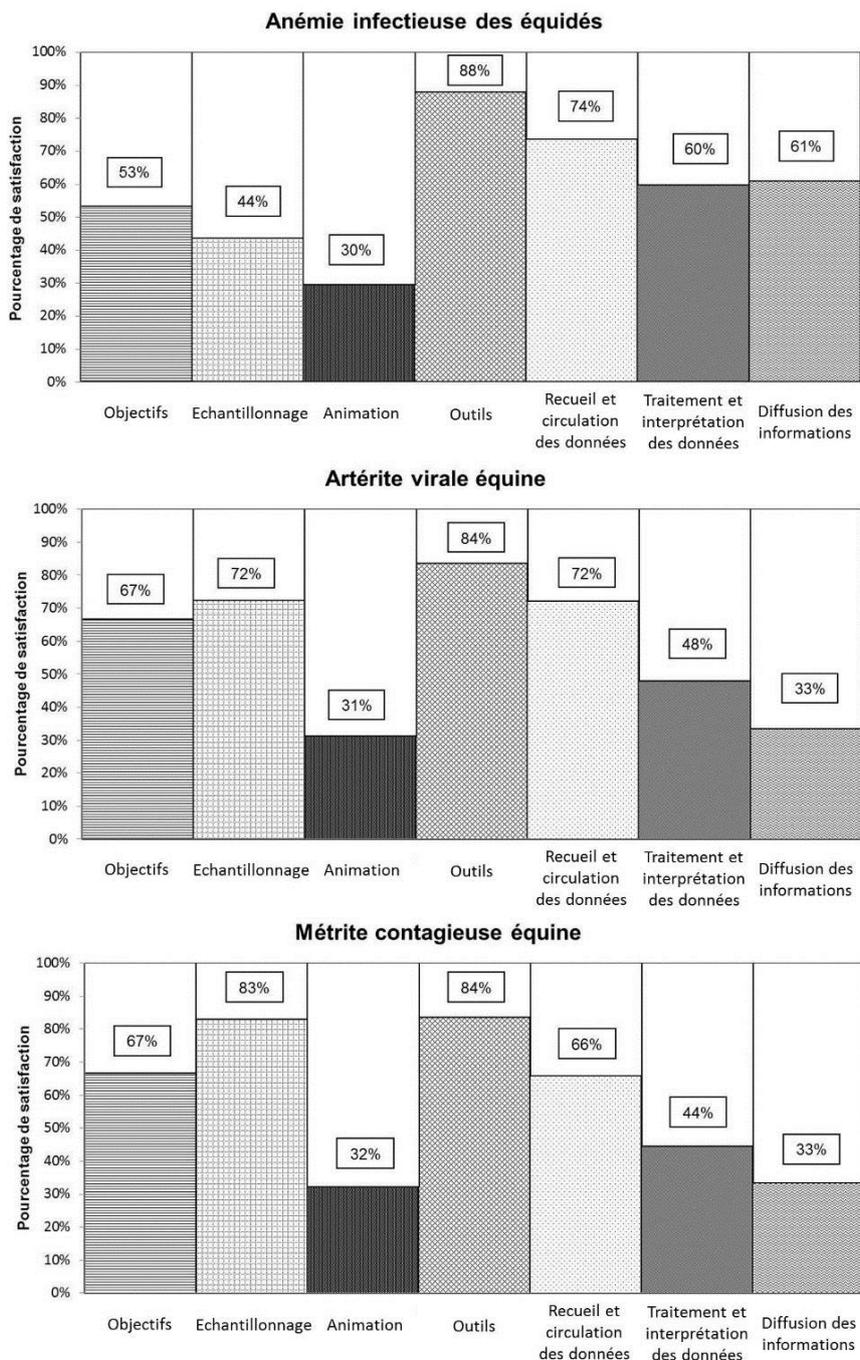
4. Toma B, Pearson JE. Equine infectious anaemia. In: Lefèvre PC, et al. *Infectious and Parasitic Diseases of Livestock*. Oxfordshire: CABI, 2010, pp. 613–626.
5. Timoney PJ. Equine viral arteritis. In: McKinnon AO, et al. *Equine Reproduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011, pp. 2391–2398.
6. Balasuriya UBR, Go YY, MacLachlan NJ. Equine arteritis virus. *Veterinary Microbiology* 2013; **167**: 93–122.
7. Timoney PJ, McCollum WH. Equine viral arteritis. *Canadian Veterinary Journal* 1987; **28**: 693–695.
8. Timoney PJ, McCollum WH. Equine viral arteritis. *Veterinary Clinics of North America. Equine Practice* 1993; **9**: 295–309.
9. Timoney PJ. Contagious equine metritis. In: McKinnon AO, et al. *Equine Reproduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011, pp. 2399–2409.
10. Schulman ML, et al. Contagious equine metritis: artificial reproduction changes the epidemiologic paradigm. *Veterinary Microbiology* 2013; **167**: 2–8.
11. Hans A, Ponçon N, Zientara S. Epidemiological situation of equine infectious anaemia in France and Europe between 1994 and 2011 [in French]. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 2012; **165**: 27–34.
12. Hans A, Marcé C. Epidemiological situation of equine viral arteritis in France in 2011 [in French]. *Bulletin Épidémiologique, Santé Animale et Alimentation* 2012; **54**: 62–63.
13. Petry S, Marcé C. Epidemiological situation of contagious equine metritis in France in 2011: two cases in French Trotter mares [in French]. *Bulletin Épidémiologique, Santé Animale et Alimentation* 2012; **54**: 64–65.
14. Valon F, et al. The RESPE: French network for epidemiological surveillance of equine diseases [in French]. *Bulletin Épidémiologique, Santé Animale et Alimentation* 2012; **49**: 11–16.
15. RESPE. The RESPE: French network for epidemiological surveillance of equine diseases [in French]. (<http://www.respe.net/basedocu-fp>). Accessed 23 October 2014.
16. Salman MD, Stärk KDC, Zepeda C. Quality assurance applied to animal disease surveillance systems. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties* 2003; **22**: 689–696.
17. Drewe JA, et al. Evaluation of animal and public health surveillance systems: a systematic review. *Epidemiology and Infection* 2012; **140**: 575–590.
18. Hendriks P, et al. OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. *Epidemiology and Infection* 2011; **139**: 1486–1496.
19. Roberts MC, et al. Implementing and evaluating a practice-based surveillance program for equine infectious disease in North Carolina. In: *Proceedings of the 11th Symposium of the International Society for Veterinary Epidemiology and Economics*. Cairns, Australia: International Symposia on Veterinary Epidemiology and Economics, 2006, pp. 101.
20. Odoi A, et al. Application of an automated surveillance-data-analysis system in a laboratory-based early-warning system for detection of an abortion outbreak in mares. *American Journal of Veterinary Research* 2009; **70**: 247–256.
21. Hayama Y, et al. Network simulation modeling of equine infectious anemia in the non-racehorse population in Japan. *Preventive Veterinary Medicine* 2012; **103**: 38–48.
22. Plateforme ESA. Procedure for evaluation of epidemiological surveillance networks by the OASIS method [in French], 2011, pp. 23 ([http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com\\_content&view=category&id=50:loutil-devaluation-oasis&layout=blog&Itemid=268&layout=blog](http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=category&id=50:loutil-devaluation-oasis&layout=blog&Itemid=268&layout=blog)). Accessed 23 October 2014.
23. Calavas D, et al. Evaluation of the surveillance network for bovine tuberculosis in France [in French], 2012, pp. 33 ([http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com\\_content&view=section&id=14&Itemid=84](http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=section&id=14&Itemid=84)). Accessed 5 October 2014.
24. Calavas D, et al. Evaluation of the French network for epidemiological surveillance of mollusc diseases (Repamo) by the OASIS method [in French], 2012, pp. 29 ([http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com\\_content&view=section&id=14&Itemid=84](http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=section&id=14&Itemid=84)). Accessed 5 October 2014.
25. Marcé C, et al. The evaluation of the surveillance networks by the OASIS method [in French] ([http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com\\_content&view=category&id=119:applications-oasis&layout=blog&Itemid=269&layout=blog](http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=category&id=119:applications-oasis&layout=blog&Itemid=269&layout=blog)). Accessed 23 October 2014.
26. Plateforme ESA. Procedure for evaluation of a surveillance network by the OASIS flash method [in French], 2014, pp. 2 ([http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com\\_content&view=category&id=50:loutil-devaluation-oasis&layout=blog&Itemid=268&layout=blog](http://www.plateforme-esa.fr/index.php?option=com_content&view=category&id=50:loutil-devaluation-oasis&layout=blog&Itemid=268&layout=blog)). Accessed 23 October 2014.
27. Centers for Disease Control. Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems: recommendations from the Guidelines Working Group. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 2001; **50**: 1–29.
28. Ohashi T, et al. Development of a semi-quantitative evaluation system for surveillance of bovine spongiform encephalopathy, using the analytic hierarchy process. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties* 2010; **29**: 473–483.
29. Drewe JA, et al. SERVAL: a new framework for the evaluation of animal health surveillance. *Transboundary and Emerging Diseases*. Published online: 18 February 2013. doi: 10.1111/tbed.12063.
30. Harper SL, et al. Improving Aboriginal health data capture: evidence from a health registry evaluation. *Epidemiology and Infection* 2011; **139**: 1774–1783.
31. Lynn T, et al. An evaluation of scrapie surveillance in the United States. *Preventive Veterinary Medicine* 2007; **81**: 70–79.
32. Hendriks P, et al. Assessment of bovine tuberculosis surveillance in France. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics*. Belgium, Netherlands: International Symposia on Veterinary Epidemiology and Economics, 2012, pp. 509.

33. **Surveillance Advisory Group.** Surveillance advisory group final report, 2012, pp. 102 (<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140707135733/http://www.defra.gov.uk/ahvla-en/files/pub-sag-final-report.pdf>). Accessed 23 October 2014.
34. **Pronost S, et al.** Description of the first recorded major occurrence of equine viral arteritis in France. *Equine Veterinary Journal* 2010; **42**: 713–720.
35. **Equinella** (<https://www.equinella.ch/>). Accessed 23 October 2014.
36. **Equi Focus Point Belgium** (<http://www.dgz.be/equi-focus-point-belgium>). Accessed 23 October 2014.
37. **Slater J.** National equine health surveys (NEHS) 2010–2012. *Equine Quarterly Disease Surveillance Report* 2012; **8**: 11–14.
38. **Slater J.** National equine health surveys: update from NEHS 2013. *Equine Quarterly Disease Surveillance Report* 2014; **10**: 8–10.
39. **United States Department of Agriculture.** National animal health surveillance system ([http://www.aphis.usda.gov/wps/portal/banner/help?ldmy&urile=wcm%3Apath%3A%2FAPHIS\\_Content\\_Library%2FSA\\_Our\\_Focus%2FSA\\_Animal\\_Health%2FSA\\_Monitoring\\_And\\_Surveillance%2FSA\\_NAHSS](http://www.aphis.usda.gov/wps/portal/banner/help?ldmy&urile=wcm%3Apath%3A%2FAPHIS_Content_Library%2FSA_Our_Focus%2FSA_Animal_Health%2FSA_Monitoring_And_Surveillance%2FSA_NAHSS)). Accessed 23 October 2014.

**Annexe 3. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés (AIE), de l'artérite virale équine (AVE) et de la métrite contagieuse équine (MCE) en France selon les dix sections fonctionnelles des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque section en noir)**

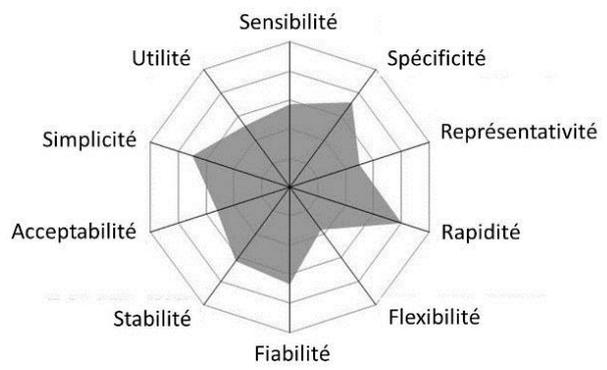
	AIE	AVE	MCE
Section 1 : Objectifs et champ de la surveillance	 58	 67	 67
Section 2 : Organisation institutionnelle centrale	 19	 14	 10
Section 3 : Organisation institutionnelle de terrain	 54	 46	 58
Section 4 : Laboratoire	 92	 85	 90
Section 5 : Outils de surveillance	 81	 77	 72
Section 6 : Modalités de surveillance	 38	 67	 76
Section 7 : Gestion des données	 52	 48	 48
Section 8 : Formation	 80	 67	 60
Section 9 : Communication	 67	 56	 56
Section 10 : Evaluation	 0	 0	 0

## Annexe 4. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine en France selon les sept points critiques des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque point critique).

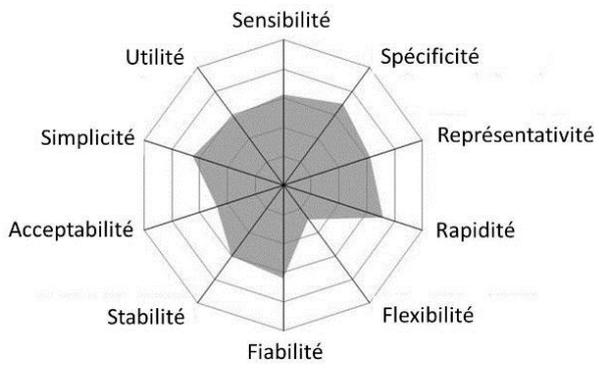


**Annexe 5. Résultats de l'évaluation Oasis flash de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine en France selon dix attributs des systèmes de surveillance (représentation du pourcentage de satisfaction de chaque attribut)**

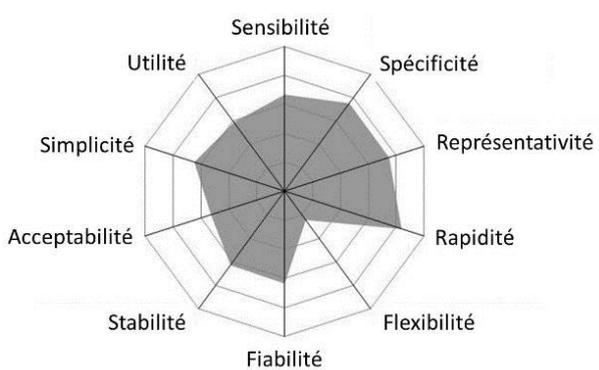
**Anémie infectieuse des équidés**



**Artérite virale équine**



**Métrite contagieuse équine**





# Annexe 6. Présentation portant sur certaines définitions et notions d'organisation et de fonctionnement de la surveillance épidémiologique en santé animale (présentée pendant l'atelier participatif)

## « La surveillance épidémiologique »

Atelier participatif  
pour l'amélioration de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine et la métrite contagieuse équine  
Maisons-Alfort - 7 juin 2016

### Objectifs habituels de la surveillance

= Outil de connaissance !

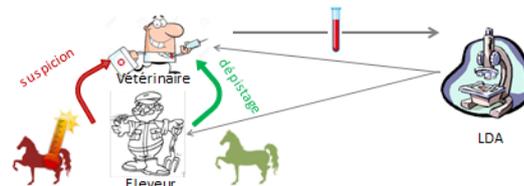
- connaître la situation épidémiologique d'une maladie : nombre de cas, évolution temporelle et spatiale (décrire)
- détecter de nouvelles maladies (émergence, réémergence, ex : West Nile sud-est)
- adapter les mesures de lutte (et/ou évaluer l'impact des mesures en place)
- (hiérarchiser des maladies selon importance sanitaire / économique) (peut servir ensuite à étudier des facteurs de risque, mais pas rôle premier)

Méthode d'observation fondée sur des enregistrements en continu

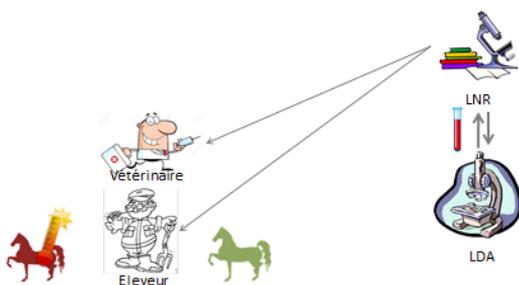
### Deux grandes stratégies / modalités

Surveillance événementielle (passive)	Surveillance active ou programmée (planifiée)
Déclaration spontanée des cas / suspicions	Test chez des animaux apparemment sains
Spécifique, syndromique	
Ex: déclaration des cas cliniques et nécropsiques, déclaration de « syndromes »	Ex : ventes, export, reproducteurs, abattoirs, sentinelles

### Schéma classique de la surveillance



### Schéma classique de la surveillance



### Schéma classique de la surveillance

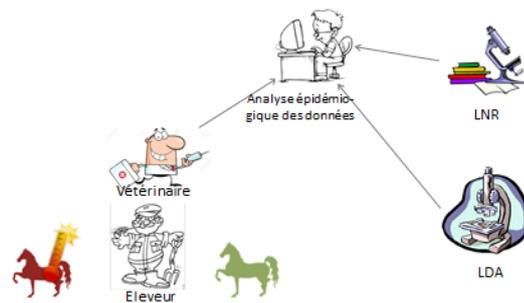


Schéma classique de la surveillance

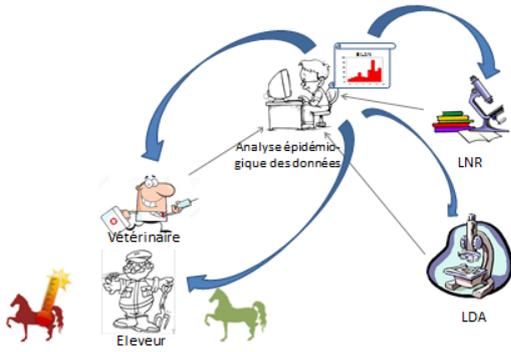


Schéma classique de la surveillance

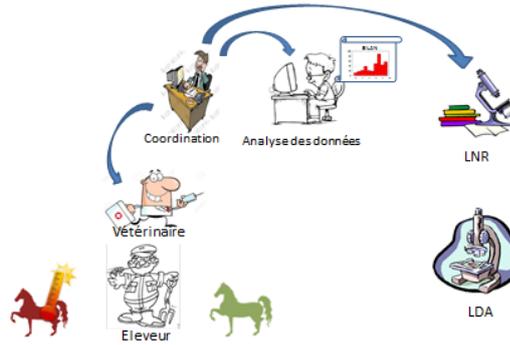


Schéma classique de la surveillance

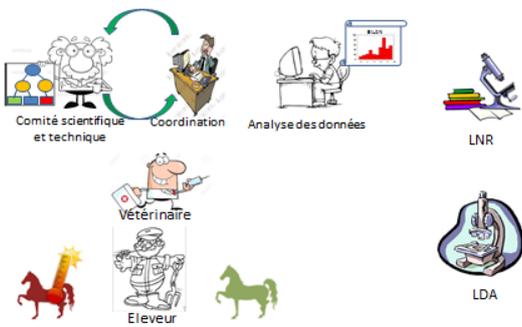


Schéma classique de la surveillance

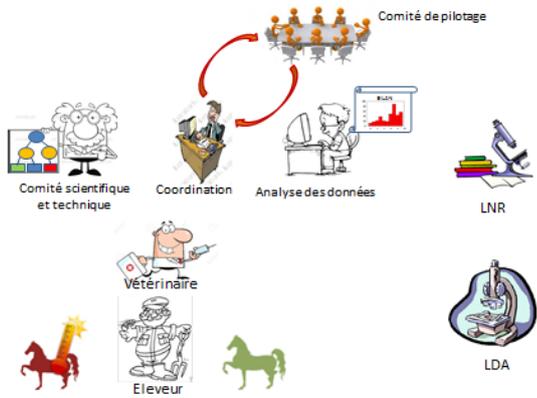
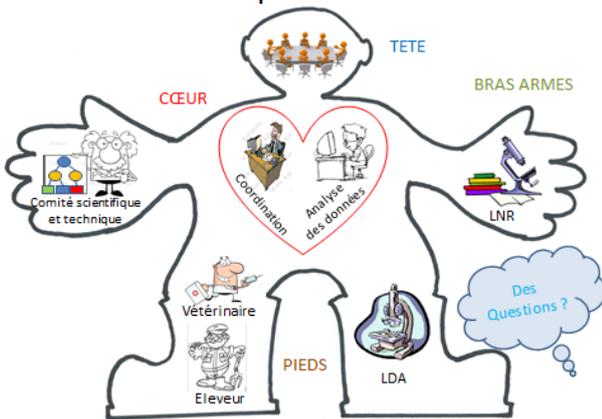


Schéma classique de la surveillance



# Annexe 7. Présentation portant sur les systèmes de surveillance français de l'anémie infectieuse des équidés, de l'artérite virale équine et de la métrite contagieuse équine (présentée pendant l'atelier participatif)

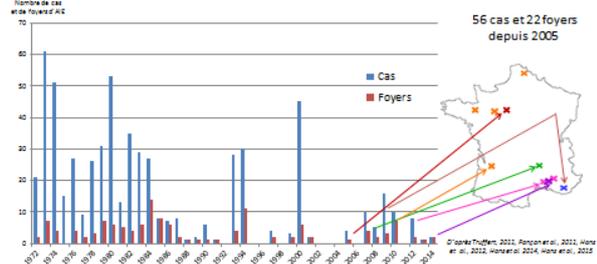
## La surveillance de l'AIE, de l'AVE et de la MCE aujourd'hui

Atelier participatif pour l'amélioration de la surveillance de l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine et la métrite contagieuse équine

Maisons-Alfort  
7 juin 2016

## Anémie infectieuse des équidés (AIE)

### Situation épidémiologique



### Nombre d'analyses effectuées

~15 000 Coggins par an. Origine ? Nombre d'équidés ?

## Surveillance AIE

### SYSTÈME de surveillance ?

« Un **SYSTÈME** de surveillance regroupe l'ensemble des **DISPOSITIFS** de surveillance ciblés sur la (ou les) même(s) maladie(s) »  
(Bronner et Calavas, 2016)

### DISPOSITIF de surveillance ?

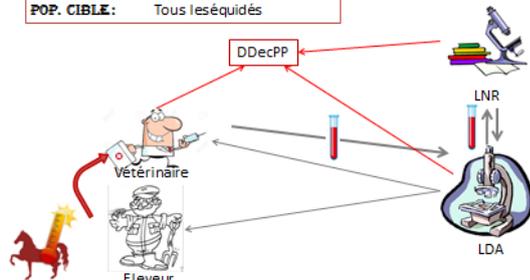
« Un **DISPOSITIF** de surveillance comprend une ou plusieurs **ACTIVITES** de surveillance conduites de manière continue selon des protocoles formalisés avec un certain niveau de **coordination**, pour une **MODALITE** de surveillance donnée »  
(Bronner et Calavas, 2016)

- collecte et centralisation des données,
- information des acteurs,
- animation...
- surv. événementielle,
- surv. programmée,
- surv. syndromique...

## Surveillance AIE

### Surveillance événementielle réglementaire

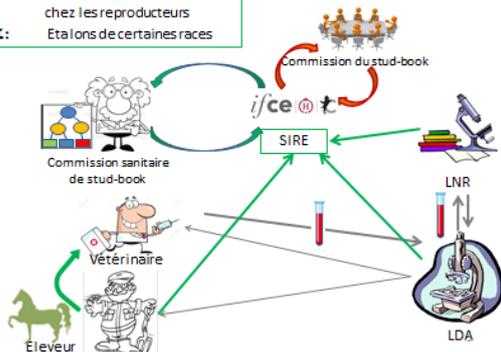
**OBJECTIF :** Détecter les cas cliniques (déclaration obligatoire)  
**POP. CIBLE :** Tous les équidés



## Surveillance AIE

### Surveillance des reproducteurs (IFCE)

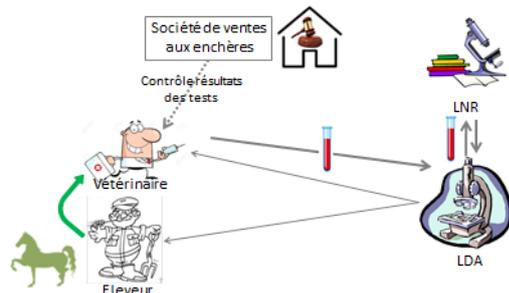
**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection chez les reproducteurs  
**POP. CIBLE :** Etalons de certaines races



## Surveillance AIE

### Surveillance des ventes

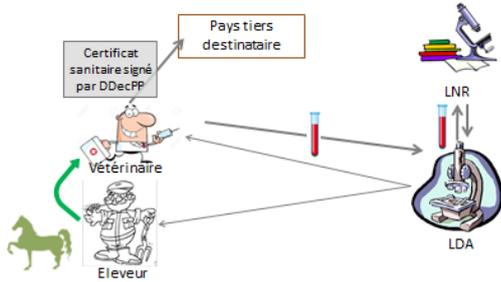
**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant la vente (vice rédhibitoire)  
**POP. CIBLE :** Tous les équidés présentés à la vente



## Surveillance AIE

### • Surveillance des équidés exportés

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant l'export (exigences pays tiers)  
**POP. CIBLE :** Equidés exportés vers certaines destinations

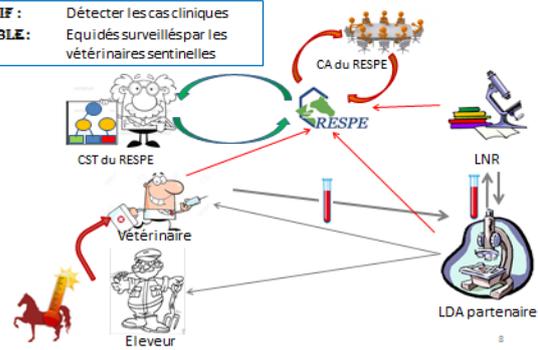


7

## Surveillance AIE

### • Surveillance événementielle volontaire RESPE sous-réseau Syndrome « Piro-like »

**OBJECTIF :** Détecter les cas cliniques  
**POP. CIBLE :** Equidés surveillés par les vétérinaires sentinelles

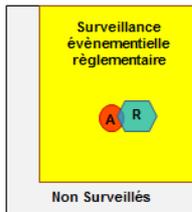


8

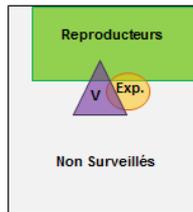
## Surveillance AIE

### Sous-populations d'équidés infectés susceptibles d'être détectés

Equidés **AVEC** signes cliniques d'AIE



Equidés **SANS** signes cliniques d'AIE



A : Surveillance par les autopsies. Exp. : Surveillance des équidés exportés.  
 R : Surveillance par le RESPE. V : Surveillance dans le cadre des ventes.

9

10

## Artérite virale équine (AVE)

### • Situation épidémiologique

Nombre de cas identifiés non parfaitement connu (notamment séroconversions) mais :

- < 5-10 étalons excréteurs/an
- quelques dizaines de séroconversions/an chez les juments reproductrices

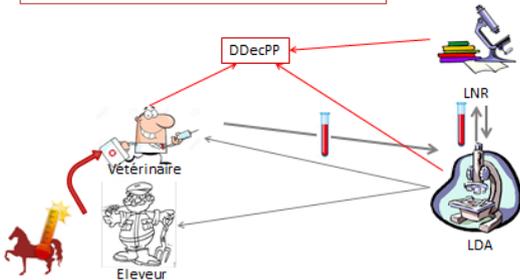
### • Nombre d'analyses effectuées (depuis 2008)

- ~20 000 analyses sérologiques/an, ~10% positives
- ~500-1000 analyses virologiques/an, <2% positives

## Surveillance AVE

### • Surveillance événementielle réglementaire

**OBJECTIF :** Détecter les cas cliniques (D.O.)  
**POP. CIBLE :** Tous les équidés

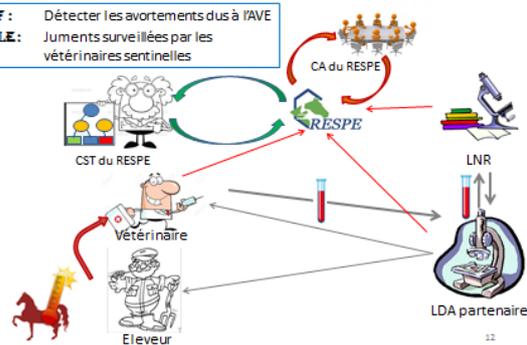


11

## Surveillance AVE

### • Surveillance événementielle volontaire RESPE sous-réseau « Avortement »

**OBJECTIF :** Détecter les avortements dus à l'AVE  
**POP. CIBLE :** Juments surveillées par les vétérinaires sentinelles



12

## Surveillance AVE

- Surveillance des reproducteurs (IFCE)

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection chez les reproducteurs  
**POP. CIBLE :** Equidés de certaines races

- Surveillance des ventes

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant la vente  
**POP. CIBLE :** Certains équidés présentés à la vente

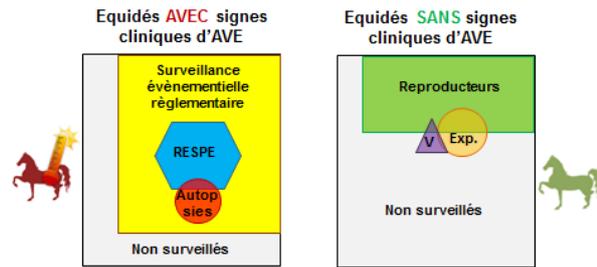
- Surveillance des équidés exportés

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant l'export (exigences pays tiers)  
**POP. CIBLE :** Equidés exportés vers certaines destinations

13

## Surveillance AVE

*Sous-populations d'équidés infectés susceptibles d'être détectés*



Exp. : Surveillance des équidés exportés. V : Surveillance dans le cadre des ventes.

14

## Mérite contagieuse équine (MCE)

- Situation épidémiologique

Faible nombre de cas sur la dernière décennie, après diminution dans les années 1990 et 2000

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cas de MCE ( <i>T. equigenitalis</i> )	9	2	10	7	12	3	2	2	0	0	0

- Nombre d'analyses effectuées

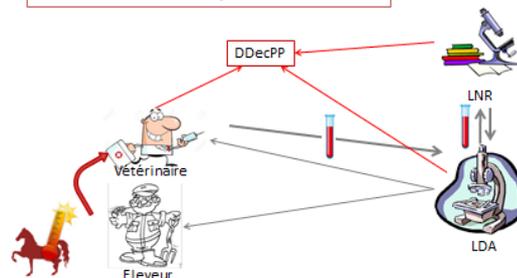
- ~10 000 reproducteurs testés / an
- Très peu de suspicions cliniques
- Ventes aux enchères : récent

15

## Surveillance MCE

- Surveillance événementielle réglementaire

**OBJECTIF :** Détecter les cas cliniques (D.O.)  
**POP. CIBLE :** Toutes les juments



16

## Surveillance MCE

- Surveillance des reproducteurs (IFCE)

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection chez les reproducteurs  
**POP. CIBLE :** Equidés de certaines races

- Surveillance des ventes

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant la vente  
**POP. CIBLE :** Certains équidés présentés à la vente

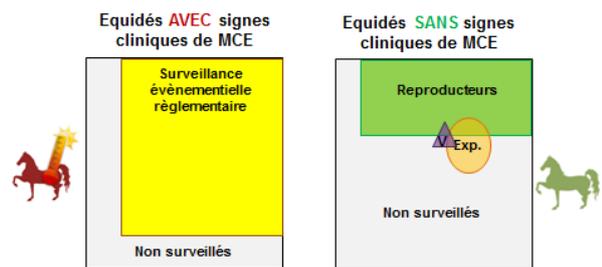
- Surveillance des équidés exportés

**OBJECTIF :** Détecter des cas d'infection avant l'export (exigences pays tiers)  
**POP. CIBLE :** Equidés exportés vers certaines destinations

17

## Surveillance MCE

*Sous-populations d'équidés infectés susceptibles d'être détectés*



Exp. : Surveillance des équidés importés et exportés.  
 V : Surveillance dans le cadre des ventes.

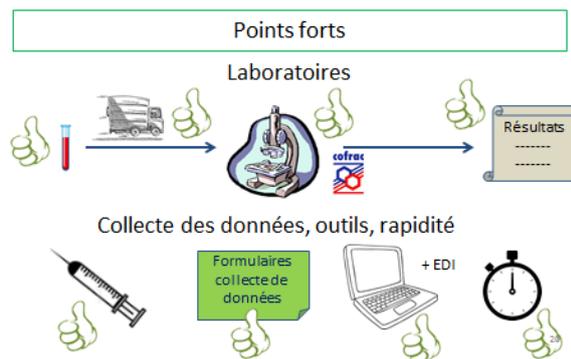
18

## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE - étude OASIS en 2014 -

- Evaluation semi-quantitative de 78 critères (organisation, fonctionnement)
- Evaluation collégiale : DGAL, IFCE, RESPE, LNR + épidémiologistes externes
- Recueil de données, puis 3 Journées de notation des critères, commentaires et recommandations

19

## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE - étude OASIS en 2014 -



## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE

### Points faibles

#### Interconnexion



Ex: Pas de vision générale de la situation sanitaire, Formulaires de collecte de données disponibles pour seulement certains dispositifs, Investigations menées indépendamment

#### Organisation institutionnelle centrale



Ex: Pas de surveillance de certaines sous-populations d'équidés → statut sanitaire inconnu, Objectifs pas toujours clairs ou formalisés, Attentes de certains acteurs non connues (producteurs de semence, particuliers, laboratoires...)

#### Coordination, Flexibilité, Acceptabilité



Ex: Pas d'instance commune pour adapter l'ensemble de la surveillance en fonction de l'évolution sanitaire

21

## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE

### Points faibles

#### Gestion des données



Ex: Pas de centralisation des données, Nombre total d'équidés testés non connu, pas de vision globale de la situation sanitaire, Equidés potentiellement testés plusieurs fois « inutilement »

#### Analyse épidémiologique des données et diffusion



Ex: Pas de bilan annuel général pour AVE et MCE (voire AIE), Communication « morcelée », Retour partiel aux acteurs de terrain (impact sur leur sensibilisation et implication), Communication aux partenaires externes existante mais non coordonnée

22

## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE

### Bilan

Dispositifs plutôt bien rodés, se complètent en partie / se recoupent un peu

Forces et faiblesses, missions-clés +/- bien assurées pour remplir les objectifs de la surveillance

Des « trous dans la raquette » demeurent : pourraient être comblés par une meilleure interconnexion ?

### Pistes d'amélioration

→ Dans le sens d'une **interconnexion** entre les dispositifs et systèmes de surveillance existants pour AIE, AVE et MCE

23

## Evaluation de la surveillance AIE-AVE-MCE

### Pistes d'amélioration

**Interconnexion** : « intégration d'un ensemble par des connexions »

**Interconnecter** : « se connecter mutuellement »

= mutualiser des compétences, équipes, outils, moyens techniques et financiers... ?

Pour une surveillance :

→ plus **efficace** (détecte plus)

→ et plus « **rentable** » ou « **efficiente** » (détecte plus pour un même coût / détecte autant pour un coût moindre...)

→ En vue d'une meilleure situation sanitaire des équidés en France

24

## Conclusions (1/2)

Temps à venir : travail en groupe

*A partir des forces et faiblesses constatées, de vos connaissances et expériences :*

*Quelles pistes peut-on envisager pour une surveillance interconnectée / plus intégrée, plus efficace, qui atteigne mieux ses objectifs ?*

→ Imaginons une surveillance idéale dans laquelle les modalités existantes sont interconnectées

25

## Conclusions (2/2)

Temps à venir : travail en groupe

Pause-café, puis échanges en groupes autour de trois thèmes :

- Objectifs et gouvernance
- Outils / modalités de surveillance, laboratoires, investigation
- Données (gestion/analyse), communication

Echanges sur les pistes, leurs avantages/inconvénients, faisabilité, acceptabilité, niveau de priorité...

Puis synthèse sur un des thèmes par groupe pour restitution en début d'après-midi



26



**Titre :** Contribution à l'amélioration des systèmes de surveillance par l'interconnexion : application à trois maladies de la filière équine

**Mots clés :** épidémiologie, surveillance, évaluation, interconnexion, maladies infectieuses équines

**Résumé :** De nombreuses maladies infectieuses animales et zoonotiques font l'objet d'une surveillance chez l'animal. Dans certaines filières animales, plusieurs réseaux ou dispositifs sont mis en place sans qu'ils ne soient reliés ni coordonnés. De plus dans certains cas, plusieurs dispositifs surveillent les mêmes maladies mais de manière indépendante. Cette absence d'articulation peut conduire à un défaut d'efficacité des efforts de surveillance et à un coût global plus élevé. Notre travail s'est fixé pour objectif d'étudier en quoi l'interconnexion entre des dispositifs de surveillance déjà existants pourrait améliorer la surveillance des maladies infectieuses et comment mettre en œuvre une telle interconnexion.

Pour tenter de répondre à cet objectif, nous avons pris comme support d'application trois systèmes de surveillance présents en France ayant pour objet des maladies infectieuses équines : l'anémie infectieuse des équidés, l'artérite virale équine et la métrite contagieuse équine. Nous avons adopté une démarche en trois étapes. Tout d'abord, une évaluation quantitative de la sensibilité de la surveillance a été menée à l'aide d'une méthode de capture-recapture. Deuxièmement nous avons évalué de manière semi-

quantitative et comparative l'organisation et le fonctionnement général des trois systèmes de surveillance en identifiant les pistes d'interconnexion les plus pertinentes. Troisièmement, un atelier participatif réunissant une trentaine d'acteurs sanitaires et professionnels a été conduit afin d'évaluer et de hiérarchiser les solutions d'interconnexion. Ces travaux ont permis de fournir une vision claire et détaillée des qualités et des défauts des systèmes de surveillance. Ils ont aussi abouti à des recommandations d'interconnexion concrètes, ayant recueilli une adhésion large de la part des acteurs de la surveillance et de la filière, et pour lesquelles les bénéfices attendus et les niveaux de faisabilité, d'acceptabilité et de priorité ont été évalués. Ces travaux successifs ont également permis d'impliquer progressivement dans le processus un grand nombre d'acteurs et de bénéficiaires de la surveillance sanitaire équine. Afin d'enrichir cette démarche de préparation et d'accompagnement à la mise en œuvre d'une interconnexion, nous proposons d'y intégrer à l'avenir des travaux complémentaires éventuellement à conduire selon les besoins recensés, tels que des évaluations économiques, sociales ou multicritères.

**Title :** Contribution to the improvement of surveillance systems using interconnection: application in three equine diseases

**Keywords :** epidemiology, surveillance, evaluation, interconnection, equine infectious diseases

**Abstract:** Numerous animal and zoonotic infectious diseases are monitored in animals. In many animal industries, several epidemiological surveillance systems or components are implemented but neither connected nor coordinated. Furthermore, in some cases, several components monitor the same diseases in an independent way. This lack of coordination may impair the efficiency of the surveillance and increase the global costs. Our objective was to investigate how the interconnection between existing surveillance systems could improve the infectious diseases surveillance and how to implement such an interconnection.

To address this question, we studied three French surveillance systems of equine infectious diseases: equine infectious anaemia, equine viral arteritis and equine contagious metritis. We used a three-step approach. First, we evaluated quantitatively the surveillance sensibility by using a capture-recapture method. Secondly, we assessed in a semi-quantitative and comparative way the organization and operation of the three systems and we identi-

fied the most relevant ways for interconnection. Thirdly, we organized a participative workshop gathering thirty stakeholders involved in equine healthcare and/or equine industry to estimate and prioritize the ways of interconnection. These studies have accurately underlined the strengths and weaknesses of the surveillance systems and they have resulted in practical recommendations of interconnection. The professionals from equine industry and the specialists in epidemiological surveillance involved in this work have approved and supported these recommendations. Feasibility, acceptability, priority and expected benefits of the recommendations were estimated. Our successive works have allowed to gradually involve numerous actors and beneficiaries of the surveillance in the interconnection process. In order to improve and enhance this approach -designed to help the preparation and the implementation of an interconnection- we propose to include optional complementary studies, such as economic, social and/or multicriteria evaluations.