



# Bulletin Épidémiologique

## Santé animale - alimentation

Mars 2016 trimestriel/numéro 73

### Page 2

Evaluation du coût global du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants en France en 2014

### Page 7

Analyse de quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements chez les bovins : évaluation de leurs performances et perspectives d'utilisation

### Page 11

Brève. Cas de rage chez un chiot importé illégalement en France, en mai 2015

### Page 12

Apport du séquençage à haut débit lors d'un épisode d'émergence de diarrhée épidémique porcine en France

### Page 14

Evaluation d'un protocole alternatif de mesure du pli de peau lors de tuberculination chez les bovins

### Page 16

La tuberculose bovine actuelle est-elle différente de celle qui sévissait autrefois ?

### Page 18

Brève. Le petit coléoptère des ruches *Aethina tumida* est encore présent en Italie en 2015

### Page 20

La maladie à virus Ebola : pathosystèmes forestiers et risques zoonotiques

### Page 23

Brève. Fièvre aphteuse au Maroc

## ÉDITORIAL

Ce numéro du *Bulletin Épidémiologique Anses-DGAL* est ciblé sur la surveillance des maladies animales.

Sont abordées la brucellose et la tuberculose, deux maladies historiquement présentes en France, mais pour lesquelles la situation sanitaire est désormais favorable à très favorable. L'évolution de la surveillance de la brucellose, pour laquelle la France est désormais indemne en élevages de ruminants, a tout intérêt à se baser sur des estimations des coûts de cette surveillance, et tenir compte des nouveaux outils disponibles, tels que la surveillance syndromique basée sur le suivi d'indicateurs non spécifiques. En matière de tuberculose, et malgré la situation sanitaire globalement favorable, l'un des enjeux est de maintenir une vigilance des acteurs. Il s'agit en particulier de contrecarrer certaines idées reçues ou éviter des adaptations du protocole au niveau local qui conduiraient à réduire la sensibilité du dispositif.

En parallèle, la surveillance est cruciale pour détecter et suivre de nouvelles introductions de maladies exotiques, des émergences, ou des ré-émergences. De nouveaux outils de diagnostic, tels que le séquençage à haut débit, peuvent s'avérer pertinents. Mais la surveillance permet également parfois de souligner l'épidémiologie complexe de ces maladies (comme *Aethina tumida* en Italie ou la maladie à virus Ebola en Afrique), les limites des mesures vaccinales mises en œuvre (la FCO en France ou la fièvre aphteuse au Maroc), et la difficulté de prendre en compte les comportements individuels dans la surveillance de la rage canine.

Bonne lecture.

Le comité de rédaction



Le *Bulletin épidémiologique* est une publication conjointe de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail et de la Direction générale de l'Alimentation du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

# Evaluation du coût global du dispositif de surveillance de la **brucellose des petits ruminants** en France en 2014

Lamoussa Diabaté (1), Didier Calavas (1), Anne Bronner (1), Anne Touratier (2), Jean-Baptiste Perrin (3), Viviane Hénaux (1) (viviane.henaux@anses.fr)

(1) Anses, Laboratoire de Lyon, Unité Épidémiologie, Lyon, France

(2) GDS France, Paris, France

(3) Direction générale de l'Alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France

## Résumé

Cette étude visait à quantifier le coût du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants en 2014, en intégrant les coûts engagés par l'État et les éleveurs. Le montant des honoraires vétérinaires a été extrait de la réglementation visant les investigations au titre de la police sanitaire (surveillance événementielle et gestion des suspicions) et des conventions départementales entre les professions agricole et vétérinaire pour les opérations techniques de surveillance programmée (« prophylaxie »). Les tarifs des analyses ont été obtenus via une enquête réalisée auprès des laboratoires d'analyses agréés. Les données enregistrées dans le système d'information de la DGAL, Sigal, ont été utilisées pour estimer le nombre d'interventions et d'analyses en France métropolitaine. Le coût du dispositif a été estimé à 5,6 millions (M) € HT pour 2014, dont 5,4 M€ HT (97 %) payés par les éleveurs pour les opérations de surveillance programmée, et environ 200 500 € HT pris en charge par l'État pour les investigations de police sanitaire. Il est à noter que ces montants sont sous-estimés car certaines interventions de terrain et analyses n'ont pas été enregistrées dans Sigal, et, par ailleurs, le coût lié à la gestion administrative et à l'animation du dispositif par les services de l'État ou par les organismes délégataires n'a pas été pris en compte. Enfin, il a été estimé que 59 500 € d'analyses de laboratoire correspondaient à des analyses non nécessaires, car réalisées en dehors du cadre réglementaire. Face à la nécessité croissante d'une gestion budgétaire rigoureuse, ces résultats apportent des éléments de discussion à la réflexion, dans le cadre de la Plateforme ESA, sur les perspectives d'amélioration de ce dispositif.

## Mots-clés

Brucellose, petits ruminants, coût, surveillance, maladie exotique

## Abstract

### **Evaluation of the cost of the surveillance system of sheep and goat brucellosis in France in 2014**

*This study aimed at quantifying the cost of the surveillance system of sheep and goat brucellosis in France in 2014, including the expenditures to the Government services and to farmers. Veterinary fees were extracted from animal health regulations (abortion surveillance and investigations of suspect cases) and from convention in each département between veterinary and farmer professions for programmed surveillance. The cost of brucellosis-screening analyses was obtained from a survey conducted among accredited departmental veterinary laboratories. Data recorded in the information system of the DGAL, SIGAL, were used to estimate the number of vet visits and analyses in metropolitan France. The cost of the system was estimated to be 5.6 million (M) € (excluding VAT) for 2014, including 5.4 M€ (97 %) for the operations of programmed surveillance supported by farmers and about 200,500 € for abortion surveillance and investigations of suspect cases, funded by the government. It should be noted that these amounts are under-estimated because some field interventions and analyses were not recorded in SIGAL and, in addition, the cost of administrative management and animation of the system by the Government services or delegated bodies were not taken into account. Besides, it was estimated that 59,500 € of laboratory expenses corresponded to unnecessary analyses, conducted outside the regulatory framework. In the context of growing budgetary constraints, these results provide some elements of discussion to the reflexion, within the French Platform for epidemiological surveillance in animal health, about the prospects for improvements of this system.*

## Keywords

Brucellosis, Sheep, Goat, Cost, Surveillance, Exotic disease

La situation sanitaire de la France vis-à-vis de la brucellose des petits ruminants, zoonose due à *Brucella melitensis*, a été reconnue comme très favorable en décembre 2014 avec l'extension, par la Commission européenne, du statut officiellement indemne à la quasi-totalité des départements. En métropole, seul le département des Pyrénées-Atlantiques n'a pas bénéficié de cette qualification en raison de son programme de vaccination utilisant le vaccin Rev 1 contre l'épididymite contagieuse du bélier (due à *Brucella ovis*). La brucellose des ruminants est désormais considérée comme une maladie exotique, mais le risque d'introduction de *Brucella* dans le cheptel ruminant français persiste, comme l'a démontré la détection de cas humains et/ou bovins dans deux départements en 2012 (Rautureau *et al.*, 2013).

Depuis 1965, date de mise en œuvre du dispositif de lutte vis-à-vis de la brucellose, les modalités de surveillance programmée ont régulièrement évolué pour s'adapter à la situation sanitaire. Chez les petits ruminants, le dispositif repose actuellement sur deux volets, révisés fin 2013 (Perrin *et al.*, 2014) : la surveillance événementielle des avortements, avec une notification obligatoire à partir de trois avortements sur une période de sept jours ou moins, et la surveillance programmée par dépistage sérologique obligatoire sur échantillon de sang (25 % des femelles ainsi que les mâles non castrés de plus de 6 mois) à un rythme variable (de 1 à 5 ans) selon les départements (avant l'entrée en vigueur de ces nouvelles modalités, un rythme décennal était autorisé dans les départements officiellement indemnes) (Anonyme, 2013b).

Les opérations techniques au titre de la police sanitaire, c'est-à-dire les opérations menées dans le cadre de la surveillance événementielle (déclaration d'avortement) et suite au placement d'une exploitation sous arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS), sont prises en charge par l'État (Anonyme, 2013a). Le coût engagé par l'État vis-à-vis de la brucellose des petits ruminants a été estimé à environ 590 000 euros pour 2014 (Perrin *et al.*, 2015). Toutefois, ce montant ne prend pas en compte les coûts liés à la surveillance programmée, qui sont pris en charge par la profession agricole (avec, dans certains départements, des aides des collectivités territoriales).

L'objectif de cette étude était de déterminer le coût total des opérations techniques de surveillance de la brucellose des petits ruminants en 2014, et d'évaluer la part respectivement payée par l'État et par les éleveurs.

## Matériels et méthodes

Les campagnes de dépistage de la brucellose des petits ruminants sont organisées en général d'octobre à septembre, mais les données de surveillance sont quant à elles collectées par année civile. L'analyse a donc porté sur les données collectées du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2014, et couvre donc la fin de la campagne 2013/2014 et le début de la campagne 2014/2015.

## Honoraires vétérinaires

La première étape a consisté à faire une synthèse des honoraires vétérinaires pour les différentes opérations techniques. Les données relevant de la police sanitaire proviennent de l'arrêté du 10 octobre 2013 fixant les mesures financières relatives à la lutte contre la brucellose ovine et caprine (Anonyme, 2013a). En ce qui concerne les opérations réalisées dans le cadre de la surveillance programmée, le montant des honoraires vétérinaires a été extrait des conventions bipartites entre les représentants de la profession vétérinaire et ceux des propriétaires ou détenteurs d'animaux. Les conventions ont été obtenues via la Direction générale de l'Alimentation (DGAL) pour 59 départements, via internet pour cinq départements, et lors d'une visite dans un groupement de défense sanitaire (GDS) pour un département, soit au total pour 69 % des départements de France métropolitaine. Les données collectées comprenaient les coûts unitaires de la visite et d'un prélèvement de sang. Quand il n'était pas déjà inclus dans le coût de la visite, le coût du déplacement a été ajouté en prenant le montant forfaitaire ou en considérant un trajet de 15 km, les indemnités forfaitaires de déplacement étant basées sur un trajet de 15 km dans certains départements.

## Tarifs des analyses de laboratoire

La seconde étape a consisté à faire une synthèse des tarifs des analyses de laboratoire, à partir des données d'une enquête menée auprès des laboratoires vétérinaires départementaux (LVD) agréés de France métropolitaine. Cette enquête visait à décrire les tarifs des analyses pratiquées dans les laboratoires agréés pour la recherche de la brucellose pour l'année 2013. L'enquête a été réalisée en collaboration avec l'Association française des directeurs et cadres de laboratoires vétérinaires publics d'analyses (Adilva). Elle a porté sur les tarifs pratiqués pour les méthodes de dépistage de la brucellose ovine et caprine, incluant l'Épreuve à l'antigène tamponné (EAT), la Fixation du complément (FC) et la bactériologie. Les tarifs ont été demandés en euros hors taxe (HT) et selon le contexte de surveillance (surveillance programmée, surveillance événementielle, gestion des suspicions).

## Nombre d'interventions et d'analyses

La troisième étape a consisté à déterminer le nombre d'interventions et d'analyses réalisées en 2014 dans le cadre de la surveillance programmée, de la surveillance événementielle et de la gestion des suspicions. Pour ce faire, les données ont été extraites de Sigal, la base de données sanitaires nationale renseignée par les agents des directions départementales en charge de la protection des populations (DDecPP) et/ou, par délégation, par les agents des GDS.

## Calcul du coût global du dispositif

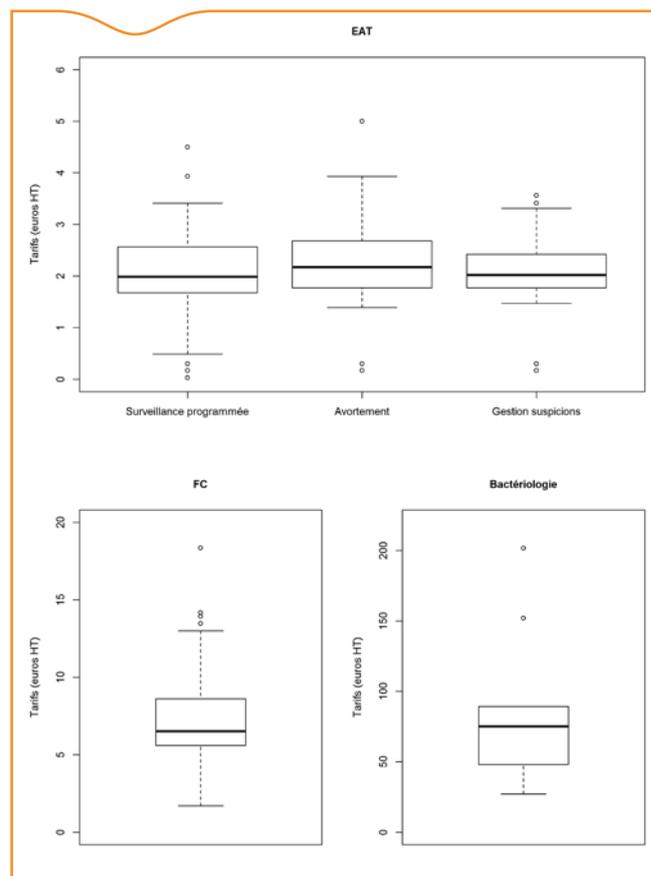
Le coût des opérations techniques par modalité de surveillance a été calculé en faisant la somme sur l'ensemble des départements du produit entre le nombre d'opérations ou d'analyses et le tarif unitaire correspondant. Pour les départements pour lesquels le tarif d'une des opérations techniques n'était pas disponible, le tarif moyen national a été utilisé.

Il a en outre été considéré que, conformément à la réglementation en vigueur, une enquête épidémiologique était menée dans chaque exploitation où au moins un animal avait obtenu un résultat positif à une épreuve de FC, et dans chaque exploitation où une analyse bactériologique avait donné un résultat positif. Pour la gestion des suspicions, les données enregistrées dans Sigal comprenaient les résultats d'analyses sérologiques mais pas les analyses bactériologiques qui doivent être réalisées après abattage diagnostique des animaux. Toutefois, conformément à la réglementation en vigueur, il a été supposé que des analyses bactériologiques avaient été systématiquement réalisées dans les exploitations sous APMS (où au moins un animal avait obtenu un résultat positif à une épreuve de FC).

**Tableau 1.** Honoraires vétérinaires (en AMV et € HT) au titre des opérations techniques de police sanitaire (surveillance événementielle et gestion des suspicions) de la brucellose des petits ruminants

Opérations	AMV*	Tarif (€ HT)
Visite d'exploitation	2	27,7
Prélèvements portant sur organes génitaux mâles ou femelles ou enveloppes fœtales en vue du diagnostic bactériologique (par animal prélevé)	1/2	6,93
Prélèvements destinés au diagnostic sérologique (par animal prélevé)	1/10	1,39
Prélèvements de lait destinés au diagnostic bactériologique (par animal prélevé)	1/10	1,39
Intradermobrucellination nécessaire au diagnostic allergique (comprenant la lecture) (par animal testé)	1/5	2,77
Actes d'identification des animaux que nécessite éventuellement l'application des mesures de police sanitaire (par animal identifié)	1/10	1,39
Actes de marquage des animaux (par animal marqué)	1/10	1,39
Frais de déplacement (par km)	–	0,32
Temps de déplacement (par km)	1/15	0,92
Enquêtes épidémiologiques destinées à repérer l'ensemble des animaux susceptibles d'être atteints ou de transmettre une infection	6	83,1

\*AMV = Acte médical vétérinaire; en 2014, la valeur de l'AMV était de 13,85 € HT



**Figure 1.** Tarifs des différentes méthodes de diagnostic de la brucellose des petits ruminants appliqués par les laboratoires selon le contexte de surveillance (surveillance programmée, avortement = surveillance événementielle, gestion des suspicions). Pour chaque boxplot (boîte à moustaches), les traits horizontaux représentent les premier et neuvième déciles, le bas et le haut de la « boîte » représentent respectivement le premier et le troisième quartile, le trait en gras représente la médiane et les points sont les valeurs extrêmes. Pour la FC, les tarifs étaient similaires quel que soit le contexte de surveillance

**Tableau 2. Honoraires vétérinaires (en AMV et € HT) au titre des opérations techniques de surveillance programmée, de contrôles à l'introduction et d'acquisition de dérogation dans les cheptels d'engraissement dans le cadre du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants**

	N <sup>(1)</sup>	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Intervalle interquartile <sup>(2)</sup>
<b>SURVEILLANCE PROGRAMMÉE</b>					
Visite d'exploitation <sup>(3)</sup>	36	23,02	3,90	22,62	21,72 - 25,29
Prélèvement de sang	63	1,37	0,45	1,27	1,10 - 1,46
Déplacement - par km	31	0,58	0,22	0,53	0,41 - 0,70
Déplacement - par forfait	16	10,64	4,98	8,62	6,15 - 14,34
Visite + déplacement	55	33,87	9,83	31,80	28,01 - 38,15
<b>CONTRÔLE INTRODUCTION</b>					
Visite d'introduction <sup>(4)</sup>	37	24,65	6,43	23,13	22,55 - 27,98
Prise de sang sur les animaux suivants	30	1,75		1,79	1,27 - 1,94
Déplacement (par km)	33	0,59	0,23	0,56	0,41 - 0,71
Déplacement (forfait)	15	10,30	4,95	6,15	6,15 - 13,85
Visite + déplacement	47	35,29	11,57	33,05	29,28 - 40,97
<b>CHEPTEL D'ENGRASSEMENT</b>					
Visite d'obtention de la dérogation <sup>(5)</sup>	24	67,54	21,41	81,03	55,02 - 81,37
Visite de maintien de la dérogation <sup>(5)</sup>	15	43,41	15,06	40,68	40,68 - 41,10
Déplacement - par km	16	0,49	0,22	0,41	0,41 - 0,47
Déplacement - par forfait	5	16,49	2,04	16,79	15,01 - 18,16
Visite + déplacement	24	75,91	19,93	86,40	66,72 - 87,52

(1) Nombre de départements pour lesquels l'information était disponible

(2) Paramètre de dispersion qui correspond à l'étendue de la distribution une fois que l'on a retiré les 25 % des valeurs les plus faibles et les 25 % des valeurs les plus fortes

(3) Ont été exclus les départements où les frais du transport et du prélèvement de sang étaient inclus dans le tarif de la visite

(4) Ont été exclus les départements où les frais du transport étaient inclus dans le tarif de la visite

(5) Tarif à l'heure ou à la visite selon les départements

## Résultats

### Honoraires vétérinaires

Les honoraires vétérinaires au titre des opérations techniques dans le cadre de la surveillance événementielle et de la gestion des suspicions sont présentés dans le **Tableau 1**. En ce qui concerne la surveillance programmée, le coût de la visite d'exploitation était en moyenne de 23,03 € HT (écart-type: 3,90). Ces frais s'élevaient en moyenne à 33,97 ± 9,83 € HT lorsque les frais de déplacement (au forfait ou basés sur un trajet de 15 km aller-retour) étaient ajoutés. Le prélèvement de sang était facturé en moyenne à 1,33 ± 0,45 € HT (**Tableau 2**). Les tarifs appliqués dans le cadre d'un contrôle à l'introduction ou, pour les cheptels d'engraissement, d'une visite d'obtention ou de maintien de la dérogation aux contrôles obligatoires sont également précisés dans le **Tableau 2**.

### Enquête auprès des laboratoires

Au total, le questionnaire a été renseigné par 68 % (55/81) des laboratoires agréés. Les tarifs appliqués par les laboratoires variaient entre départements (**Figure 1**). L'EAT était facturée en moyenne 2,08 ± 0,84 € HT [min-max: 0,03-4,50] dans le cadre de la surveillance programmée et 2,40 ± 1,37 € HT [0,17-10,00] dans le cadre de la surveillance événementielle (après exclusion – pour le calcul du coût moyen – d'un tarif unitaire de 50,60 € HT dans un département, considéré comme valeur extrême). Le coût de la FC était en moyenne de 7,54 ± 3,31 € HT [1,70-18,36] quel que soit le contexte de surveillance (seuls quelques départements appliquaient un tarif différent selon le contexte). L'analyse bactériologique était facturée en moyenne 86,03 ± 56,14 € HT [27,00-201,70].

### Coût global du dispositif de surveillance

La nature et le nombre d'opérations techniques et d'analyses réalisées en 2014 pour chaque modalité de surveillance sont décrits dans le **Tableau 3**.

Le coût total des opérations techniques réalisées dans le cadre du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants a été évalué à 5,6 M€ HT pour 2014, incluant 3,1 M€ HT (55 %) pour les

honoraires vétérinaires et près de 2,5 M€ HT pour les analyses de laboratoire.

Le coût de la surveillance programmée a été estimé à 5,4 M€ HT, dont 2,9 M€ HT (55 %) pour les honoraires vétérinaires et 2,4 M€ HT pour les analyses de laboratoire (**Tableau 4**). Ce coût est payé par la profession agricole, à l'exception des dépenses liées aux enquêtes épidémiologiques (environ 15 000 € HT) prises en charge par l'État.

Le coût de la surveillance événementielle a été estimé à 179 584 € HT, dont 129 275 € HT (72 %) pour les honoraires vétérinaires et 50 309 € HT pour les analyses de laboratoire. Le coût lié à la gestion des suspicions a été estimé à 5 674 € HT, dont 3 881 € HT (68 %) pour les honoraires vétérinaires et 1 793 € HT pour les analyses de laboratoire (**Tableau 4**). Pour l'État, le coût des investigations de police sanitaire (incluant la surveillance événementielle, la gestion des suspicions et également les enquêtes épidémiologiques réalisées suite à un dépistage programmé positif) a donc été estimé à 200 466 € HT. Il faut souligner que ce montant est sous-estimé et diffère de l'estimation financière faite par la DGAL (Perrin *et al.* 2015) pour les raisons exposées ci-après dans la partie discussion.

En 2014, le nombre de troupeaux des petits ruminants était de 118 421, comprenant environ 7 millions d'animaux reproducteurs. Le coût du dispositif de surveillance de la brucellose s'est donc élevé en moyenne à 47 € HT par troupeau et 0,79 € HT par animal.

**Tableau 3. Nombre d'opérations techniques et nombre d'analyses réalisées en 2014 dans le cadre du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants**

	Surveillance programmée	Surveillance événementielle	Gestion des suspicions
Visites	39 335	2 477	74
Prélèvements	1 277 350	4 584/1 090 <sup>(1)</sup>	327
EAT	1 276 106	4 562	327
FC	3 779	2 299	58
Bactériologie	-	288	9
Enquêtes épidémiologiques	183	8	-

(1) Nombre de prélèvements de sang/écouvillons

**Tableau 4. Honoraires vétérinaires et coûts des analyses de laboratoires (en € HT) engendrés par le dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants en 2014**

	Surveillance programmée	Surveillance événementielle	Gestion des suspicions	Total
<b>Honoraires vétérinaires</b>				
Visites	1 310 031	114 685	3 426	1 428 142
Prélèvements	1 619 234	13 925	455	1 633 614
Enquêtes épidémiologiques	15 207	665	-	15 872
Total	2 944 472	129 275	3 881	3 077 628
<b>Coûts des analyses de laboratoire</b>				
EAT	2 408 662	9 890	645	2 419 197
FC	25 830	15 879	374	42 082
Bactériologie	-	24 541	774	25 315
Total	2 434 492	50 309	1 793	2 486 594
<b>TOTAL</b>	<b>5 378 964</b>	<b>179 584</b>	<b>5 674</b>	<b>5 564 222</b>

## Discussion

Si le coût payé par l'État pour les opérations techniques réalisées dans le cadre de la surveillance des maladies animales est estimé et publié chaque année dans un *Bulletin épidémiologique* spécial Maladies réglementées et émergentes (Perrin *et al.*, 2015; Perrin *et al.*, 2014), le montant payé par la profession agricole (et les collectivités territoriales) n'avait jamais été calculé. En ce qui concerne le dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants, cette étude a estimé à environ 5,4 M€ HT le coût des opérations de surveillance programmée payée par les éleveurs et environ 200 500 € HT pour les opérations de police sanitaire prises en charge par l'État pour 2014.

Ce montant attribué à l'État est très inférieur à celui estimé par le biais de l'enquête Santé et protection animale (SPA) menée par la DGAL auprès des DDecPP. Selon cette enquête, l'État a engagé en 2014 environ 590 000 € HT pour la surveillance et la lutte contre la brucellose des petits ruminants, incluant 217 230 € HT d'honoraires vétérinaires, 186 500 € HT de frais de laboratoire, 181 000 € HT de subventions pour les troupeaux maintenus en dépistage sérologique annuel car jugés à risque, et 5 600 € HT d'indemnités relatives aux suspicions et frais divers (Perrin *et al.*, 2015). Plusieurs éléments peuvent expliquer cet écart. Tout d'abord, l'enquête annuelle SPA présente l'intérêt de reposer sur des données issues de Sigal consolidées par les DDecPP, tandis que cette étude est basée sur des données Sigal brutes. Il a été montré que les données Sigal sont de bonne qualité, avec toutefois une forte variabilité interdépartementale (Palussière, 2013). Ainsi, il est probable que le nombre d'opérations et de résultats d'analyses est sous-estimé dans Sigal, comme en témoignent les estimations légèrement inférieures du Tableau 3 par rapport à l'enquête SPA (Perrin *et al.*, 2015). Dans l'enquête SPA, le montant correspondant aux actes vétérinaires et analyses est disponible même pour les départements qui n'enregistrent pas du tout (quatre départements en 2014) ou pas exhaustivement leurs données dans Sigal. Par ailleurs, l'enquête SPA prend en compte d'autres coûts non estimés dans cette étude (car ces données ne sont pas enregistrées dans Sigal) : les épreuves cutanées allergiques à la brucelline, les indemnités relatives aux abattages diagnostiques dans le cadre de la gestion des suspicions et des frais complémentaires aux analyses de laboratoire (cf. paragraphe sur les coûts annexes ci après). La participation financière de l'État dans les troupeaux maintenus en surveillance programmée annuelle, estimée à 181 000 €, a été chiffrée dans notre étude mais a été intégrée dans les coûts payés par les éleveurs.

Le montant attribuable à la profession agricole (ou aux collectivités territoriales) est donc d'environ 5,2 M€ HT (après soustraction des 181 000 € payés par l'État pour la surveillance programmée annuelle dans certains élevages). Toutefois, en plus de la sous-estimation probable du nombre d'actes et analyses réellement effectués (cf. paragraphe précédent) et de la non prise en compte de certaines dépenses associées aux opérations de terrain et aux analyses (voir paragraphe sur les coûts annexes ci après), le coût de la surveillance programmée n'inclut ni les visites d'obtention et de maintien de dérogation pour les

cheptels d'engraissement, ni les contrôles à l'introduction effectués en dehors du cadre de la surveillance programmée (car ces données ne sont pas enregistrées dans Sigal).

Certains coûts annexes aux opérations de terrain et aux analyses de laboratoire n'ont pas été considérés du fait d'un manque d'informations concernant le nombre de cas ou le tarif unitaire. Ce sont les coûts du matériel de prélèvement (aiguilles, tubes), les frais de laboratoire concernant la préparation, la conservation (en particulier les écouvillons) et la reprise d'échantillons, les frais des transferts d'échantillons entre laboratoires, les frais administratifs appliqués par les laboratoires. Enfin, cette évaluation a porté uniquement sur les opérations techniques et n'a pas inclus les coûts liés à la gestion administrative et à l'animation du dispositif par les services vétérinaires et les organismes délégataires.

La réglementation précise les analyses à réaliser dans le cadre de la surveillance programmée et de l'investigation des avortements. Ainsi, les analyses de confirmation ne doivent être entreprises que lorsque les analyses sérologiques de première intention sont positives : les analyses en FC, par exemple, doivent être réalisées seulement pour les animaux ayant un résultat positif aux analyses en EAT ; il en est de même pour les analyses bactériologiques lorsque l'analyse à l'épreuve de FC est positive. Dans les faits, certains laboratoires réalisent de façon simultanée ces différentes analyses sans forcément attendre le résultat de l'une pour lancer l'analyse suivante. Ces dépenses de laboratoire non nécessaires ont ainsi été estimées à 59 500 € HT et ont concerné plus de 40 laboratoires.

Cette étude fait pendant à la récente évaluation du dispositif de surveillance de la brucellose bovine, dont le coût a été estimé à 17,0 M€ HT pour 2013 (pour environ 200 000 élevages et 10 millions de bovins de plus de 24 mois) (Hénaux *et al.*, 2015). Ce montant n'est toutefois pas exclusif à la brucellose bovine car d'autres maladies réglementées (rhinotrachéite infectieuse bovine (IBR), leucose enzootique et tuberculose) sont dépistées en parallèle. Par conséquent, les visites et prélèvements réalisés au titre de la surveillance programmée et des contrôles à l'introduction bénéficient à l'ensemble de ces maladies. Le coût attribuable uniquement à la surveillance de la brucellose bovine sans les autres maladies a ainsi été estimé à environ 11,7 M€ HT. Chez les petits ruminants, aucune autre maladie réglementée n'est dépistée de manière systématique en parallèle de la brucellose. En revanche, dans certaines régions, les visites de surveillance programmée de la brucellose dans les troupeaux ovins sont mises à profit pour le dépistage du visna maedi et de la border disease, mais ces cas ne représentent qu'une très faible fraction des élevages de petits ruminants. À titre de comparaison entre filières, en utilisant un indicateur simplifié de l'unité gros bétail (UGB), le coût de la brucellose bovine s'est élevé à 1,70 € HT par UGB (sachant qu'une vache laitière ou allaitante équivaut à un UGB) et celui de la brucellose des petits ruminants à 2,70 € HT par UGB (en considérant qu'un petit ruminant adulte est équivalent à 0,3 UGB).

Cette étude a permis d'estimer le coût global du dispositif de surveillance de la brucellose des petits ruminants pour l'année

2014, et en particulier le montant qui incombe aux éleveurs. Ainsi, en considérant le montant de 590 000 € HT pour les opérations de police sanitaire payées par l'État, estimé à partir de l'enquête SPA, et de 5,2 M€ HT pour la surveillance programmée, prise en charge par les éleveurs, le coût total du dispositif était d'environ 5,8 M€ HT. La reconnaissance par l'Europe de la situation épidémiologique satisfaisante va entraîner un allègement du dispositif dans les départements nouvellement classés comme officiellement indemnes, avec notamment une diminution du rythme de la surveillance programmée, passant de triennale à quinquennale (hors cheptels producteurs de lait cru et cheptels considérés à risque, dans lesquels le rythme reste annuel). À l'inverse, le rythme de contrôle passe de décennal à quinquennal dans les 64 départements qui étaient déjà reconnus officiellement indemnes. Le dispositif de surveillance assure le maintien de la qualification officiellement indemne des cheptels, toutefois le faible taux de déclaration des avortements (moins de 3 % des exploitations ont reporté des avortements en 2014) limite très certainement la capacité de détection précoce de toute introduction de la brucellose. La modification récente du dispositif de déclaration des avortements incitant les éleveurs à contacter leur vétérinaire sanitaire suite à la détection d'au moins trois avortements sur sept jours (et non plus suite à la détection de tout avortement) et la mise en place dans plusieurs départements d'un protocole de diagnostic différentiel des avortements devraient permettre d'améliorer la participation des acteurs à la déclaration des avortements. Face à la nécessité croissante d'une gestion budgétaire rigoureuse, la connaissance du coût de la surveillance représente une étape essentielle aux réflexions menées dans le cadre de la Plateforme ESA pour améliorer ces dispositifs afin de les rendre à la fois plus efficaces et plus efficaces.

## Remerciements

Les auteurs remercient Nathalie Jarrige (Anses – Laboratoire de Lyon), Bruno Garin-Bastuji (Anses – Direction des affaires européennes et internationales), Bruno Caroff et Pierre Charollais (Adilva) pour leur participation à l'élaboration et/ou à la diffusion du questionnaire aux LVD, ainsi que les personnes au sein des LVD qui ont renseigné ce questionnaire. Les auteurs remercient également Françoise Dion (Races de France) pour son expertise sur la surveillance des maladies des petits ruminants.

## Références bibliographiques

- Anonyme 2013a. Arrêté du 10 octobre 2013 fixant les mesures financières relatives à la lutte contre la brucellose ovine et caprine.
- Anonyme 2013b. Arrêté du 10 octobre 2013 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie collective et à la police sanitaire de la brucellose ovine et caprine.
- Hénaux, V., Bronner, A., Perrin, J.B., Touratier, A., Calavas, D., 2015. Evaluation du coût global du dispositif de surveillance de la brucellose bovine en France en 2013. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 69, 28-35.
- Perrin, J.B., Rautureau, S., Bronner, A., Hosteing, S., Jaÿ, M., Garin-Bastuji, B., Dufour, B., 2015. Brucellose des petits ruminants en 2014 : 95 départements de France métropolitaine sont désormais indemnes. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 71, 17-21.
- Perrin, J.B., Rautureau, S., Garin-Bastuji, B., Jay, M., Bronner, A., Dufour, B., 2014. Brucellose des petits ruminants en 2013 : situation épidémiologique et évolution des modalités de surveillance. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 64, 16-19.
- Rautureau, S., Dufour, B., Jay, M., Garin-Bastuji, B., 2013. Deux cas de brucellose bovine en 2012 appellent à la vigilance. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 59, 11-14.

# Analyse de quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements chez les bovins : évaluation de leurs performances et perspectives d'utilisation

Anne Bronner, Didier Calavas (didier.calavas@anses.fr)

Anses, Laboratoire de Lyon, Unité Épidémiologie, Lyon, France

## Résumé

Cet article présente quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements élaborés à partir des données démographiques (dates de vêlages) et de reproduction (dates d'insémination artificielle). Des études exploratoires ont été menées afin d'évaluer leurs performances en matière de surveillance syndromique et les perspectives de leur utilisation pour développer une surveillance complémentaire aux dispositifs actuellement en place. L'utilisation de l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) pourrait permettre d'identifier *a posteriori* les élevages ayant présenté des avortements multiples. En parallèle, la modélisation des variations temporelles et spatio-temporelles des trois autres indicateurs met en évidence la capacité d'outils de surveillance syndromique à identifier la survenue d'événements abortifs. Compte-tenu de ces résultats, l'utilisation des données démographiques et de reproduction permettrait d'améliorer la surveillance des maladies abortives chez les bovins. Il convient désormais que l'ensemble des acteurs impliqués dans la surveillance des avortements chez les bovins se positionne sur l'intérêt d'utiliser ces outils et d'engager éventuellement les réflexions approfondies nécessaires pour leur mise en œuvre pratique.

## Mots-clés

Surveillance syndromique, maladies abortives, bovins, brucellose

## Abstract

**Analysis of four indirect indicators for detecting abortions among cattle: performance assessment and perspectives for use**

*This paper presents four indirect indicators devised to detect bovine abortions using demographic (calving) and reproductive (artificial insemination) data, research studies we conducted to assess the performance of syndromic surveillance systems based on these indicators, and their use as a complementary tool for cattle abortion surveillance. The calving interval could be used to retrospectively identify farms with multiple abortions. In addition, by modeling the temporal and spatio-temporal variations of the three other indicators, we highlighted the ability for syndromic surveillance systems to identify abortive events. Based on these results, the use of demographic and reproductive data could help to improve the surveillance of aborting diseases among cattle. There is now a need for stakeholders involved in cattle abortion surveillance to express their views regarding the advantages of these tools, and state whether it is worth starting in-depth discussions on practical issues related to their implementation.*

## Keywords

Syndromic surveillance, Abortive diseases, Cattle, Brucellosis

La surveillance des maladies animales exotiques (*i.e.* actuellement absentes du territoire) abortives chez les bovins, parmi lesquelles figure la brucellose, constitue un cas emblématique de système<sup>(1)</sup> de surveillance à faire évoluer. La France est indemne de brucellose bovine depuis 2005, et la surveillance vis-à-vis de cette maladie a pour objectif premier de détecter tout nouveau foyer. Cette surveillance, qui repose principalement sur la surveillance événementielle restée inchangée depuis 1965, est basée sur le dispositif<sup>(2)</sup> de déclaration obligatoire des avortements (DA). Toutefois, ce dispositif manque d'efficacité : il présente une forte sous-déclaration, liée à une faible acceptabilité par les acteurs de terrain (Bronner *et al.*, 2014a; Bronner *et al.*, 2013), pour un coût annuel estimé de 3,7 M€ (Hénaux *et al.*, 2015). En outre, cette détection de nouveaux foyers reste spécifique de la brucellose, alors que les avortements peuvent être révélateurs d'autres maladies exotiques d'intérêt sanitaire majeur, telles que la fièvre de la vallée du Rift ou la fièvre catarrhale ovine (FCO).

Dans le cadre de la Plateforme ESA, le groupe de suivi « Déclaration des avortements chez les ruminants » réfléchit actuellement aux perspectives d'évolution de la surveillance de la brucellose chez les bovins, avec la révision du protocole de surveillance réglementé d'une part, et le développement d'un protocole national de diagnostic différentiel des avortements d'autre part. Ce protocole consiste à rechercher certaines maladies abortives enzootiques en cas d'avortements répétés (2 avortements en 30 jours dans le troupeau, ou 3 avortements au cours d'une saison de reproduction) (Touratier *et al.*, 2013). En répondant aux besoins directs des éleveurs, et faisant appel

à l'expertise technique des vétérinaires (que ce soit pour la recherche de l'étiologie abortive ou la mise en place de mesures de maîtrise qui en découle), ce dispositif devrait à terme contribuer à améliorer la DA.

En parallèle, les données relatives aux naissances d'animaux enregistrées depuis 2001 dans la Base de données nationale d'identification (BDNI) du ministère chargé de l'Agriculture, auxquelles s'ajoutent pour certains élevages des données d'insémination artificielle (IA) dans le Système national d'information génétique (Snig), constituent des sources d'informations fiables et robustes, pouvant être utilisées à des fins de surveillance syndromique (SSy)<sup>(3)</sup> (Triple-S. Project, 2011).

L'objectif de cet article est de présenter quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements, élaborés à partir des données démographiques et de reproduction, les études exploratoires qui ont été menées afin d'en évaluer les performances en matière de SSy, et les perspectives d'utilisation de la SSy en tant que modalité de surveillance complémentaire aux dispositifs actuellement en place.

## Définition de quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements

Nos hypothèses étaient qu'en cas de diffusion d'une maladie abortive dans la population bovine, le nombre de femelles ré-inséminées augmentait, le nombre de vêlages diminuait au moment où les femelles auraient dû vêler si elles n'avaient pas avorté, et l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) augmentait pour une partie des femelles.

(1) Un système de surveillance regroupe l'ensemble des dispositifs de surveillance ciblés sur la (ou les) même(s) maladie(s).

(2) Un dispositif de surveillance comprend une ou plusieurs activités de surveillance (collecte et centralisation des données, information des acteurs, animation...) conduites de manière continue selon des protocoles formalisés avec un certain niveau de coordination, pour une modalité de surveillance donnée (surveillance événementielle, programmée, syndromique...).

(3) La SSy peut être définie comme le suivi en continu d'un ou plusieurs indicateurs non spécifiques du danger surveillé, permettant d'assurer la détection précoce d'un risque infectieux ou non, déjà connu ou non, ou d'évaluer l'impact ou l'absence d'impact de ce risque sur la santé de cette population. Les méthodes utilisées pour identifier des variations anormales de ces indicateurs sont plus ou moins complexes : elles peuvent reposer sur le dépassement d'une valeur seuil prédéfinie (méthode déterministe), ou faire appel à la modélisation.

**Tableau 1. Présentation des quatre indicateurs indirects de survenue d'avortements**

Indicateur	Population couverte	Evènement visé (échelle d'étude)
Taux d'avortements précoces (TAP)	Femelles laitières mises à l'IA	Nombre de ré-inséminations 90 à 180 jours après une précédente IA (échelle populationnelle)
Taux d'avortements tardifs (TAT)		Nombre de ré-inséminations plus de 180 jours après une précédente IA (échelle populationnelle)
Taux de vêlages de veaux viables (TVV)	Femelles laitières et allaitantes	Nombre de vêlages de veaux viables (i.e. ne mourant pas dans les 7 jours) (échelle populationnelle)
Intervalle vêlage-vêlage (IVV)	Femelles paires, laitières ou allaitantes	Délai entre 2 vêlages (échelle individuelle)

**Tableau 2. Modalités de calcul des performances de l'IVVs**

		Elevages ayant fait face à des avortements multiples		
		Non	Oui	
Elevages suspectés d'avoir fait face à des avortements multiples (à partir de l'indicateur)	Non	Vrais négatifs (VN)	Faux négatifs (FN)	→ $VPN=VN/(VN+FN)$
	Oui	Faux positifs (FP)	Vrais positifs (VP)	→ $VPP=VP/(VP+FP)$
		↓	↓	
		$Sp=VN/(VN+FP)$	$Se=VP/(VP+FN)$	

Deux indicateurs ont été développés à partir des données d'IA : le taux d'avortements précoces (TAP) et le taux d'avortements tardifs (TAT) (Tableau 1). Ces deux indicateurs n'ont été calculés qu'au sein de la population de femelles laitières, pour laquelle la proportion élevée de femelles mises à l'IA garantissait une couverture suffisante à l'outil de SSy (contrairement aux femelles allaitantes). Deux autres indicateurs ont été développés à partir des données démographiques, pour l'ensemble des femelles laitières et allaitantes : l'IVV et le taux de vêlages de veaux viables (TVV) (Tableau 1). Les détails méthodologiques concernant le développement de ces indicateurs peuvent être trouvés dans différents articles (Bronner *et al.*, 2014b; Bronner *et al.*, submitted; Bronner *et al.*, 2015b).

## Développement et évaluation des performances des quatre indicateurs

### Capacité à identifier les élevages avec avortements multiples

Une approche déterministe simple a été employée, avec l'objectif de définir un IVV seuil (IVVs) permettant de distinguer les femelles ayant avorté tardivement – au-delà de 6 mois – (ces femelles ayant un IVV supérieur à l'IVVs) de celles identifiées comme n'ayant pas avorté tardivement (ces femelles ayant un IVV inférieur à l'IVVs). La période d'étude allait du 1<sup>er</sup> août 2009 au 31 juillet 2010. À l'image des méthodes habituellement utilisées pour les tests de diagnostic, un délai supérieur à 180 jours entre deux IA successives a été considéré comme la référence permettant d'identifier les femelles ayant avorté tardivement. Au sein de la population des femelles mises à l'IA, la distribution de l'IVV des femelles n'ayant pas avorté tardivement et des femelles ayant avorté tardivement a permis de définir l'IVVs qui maximisait le nombre de femelles *correctement* repérées. Cet IVVs a ensuite été utilisé pour identifier les élevages ayant présenté des avortements multiples (i.e. trois femelles ou plus ayant un IVV supérieur à l'IVVs au cours de la campagne) pour se caler sur la définition adoptée dans le protocole national de diagnostic différentiel des avortements. Les performances de l'IVVs (sensibilité Se, spécificité Sp, valeur prédictive positive VPP, et valeur prédictive négative VPN) ont été estimées à l'échelle de l'élevage (Tableaux 2 et 3).

L'IVVs a été estimé à 696 jours chez les vaches laitières et à 726 jours chez les vaches allaitantes. En effet, chez les allaitantes, la médiane de

l'IVV des femelles ayant avorté était plus élevée que chez les laitières (707 jours contre 672 jours), certainement lié à la saisonnalité des vêlages plus prononcée dans cette population.

L'application de l'IVVs à l'ensemble de la population bovine (données BDNI) conduisait à identifier, selon le type de production, entre 2 et 3 % de femelles susceptibles d'avoir avorté, et entre 10 % et 15 % d'élevages susceptibles d'avoir présenté des avortements multiples. En croisant les résultats obtenus à partir de l'IVV seuil avec les données de DA enregistrées dans Sigal, 44 % (n=1913) des femelles – laitières ou allaitantes – ayant fait l'objet d'une DA présentaient un IVV supérieur à l'IVV seuil; 99 % (n=131 111) des femelles présentant un IVV supérieur à l'IVV seuil n'avaient fait l'objet d'aucune DA. À l'échelle des élevages, 5 % (n=1 041) des élevages ayant fait l'objet d'une DA présentaient au moins trois femelles ayant eu un IVV supérieur à l'IVV seuil; et 93 % (n=13 328) des élevages présentant au moins trois femelles ayant eu un IVV supérieur à l'IVV seuil n'avaient fait l'objet d'aucune DA. Le fait que le dispositif de DA permette d'identifier des avortements non identifiés à partir de l'IVV seuil s'explique par le fait que l'IVV ne concerne que les femelles paires vêlant après avoir avorté d'une part, et d'autre part car ses performances imparfaites.

### Capacité de détection rétrospective d'évènements sanitaires

Pour évaluer cette capacité, nous avons modélisé de manière rétrospective les variations temporelles du TAP lors de l'épizootie de FCO due au sérotype 8 (FCO-8) survenue en 2007 et 2008. Plus précisément, il s'agissait d'étudier le lien entre le nombre de foyers cliniques de FCO-8 déclarés et les variations hebdomadaires du TAP entre le 1<sup>er</sup> août 2004 et le 31 juillet 2010. Un modèle a été sélectionné dans chaque département, en distinguant les femelles nullipares et les femelles paires.

Les résultats indiquent que l'épizootie de FCO-8 a conduit à une augmentation du TAP dans 44 % des départements retenus dans l'étude pour les nullipares, et dans 68 % des départements retenus pour les paires. Chez les nullipares, chaque foyer clinique de FCO-8 conduisait à une augmentation moyenne du TAP de 3,8 % (min-max: 0,2 % - 57,9 %) 8 à 13 semaines suivant sa déclaration. Chez les paires, chaque foyer clinique de FCO-8 conduisait à une augmentation moyenne de 1,7 % (min-max: 0,1 % - 14,4 %) 6 à 12 semaines suivant sa déclaration.

### Capacité de détection prospective d'évènements sanitaires à une échelle temporelle

Des modélisations de type prospectif ont permis de mimer, à une échelle hebdomadaire, le suivi en temps quasi-réel des TAP, TAT et TVV, et de rechercher des variations temporelles anormales de ces indicateurs au cours de l'épizootie de FCO-8. Le principe de ces analyses

**Tableau 3. Performances de l'IVVs pour les élevages bovins laitiers et les élevages bovins allaitants (en %)**

	Se	Sp	VPP	VPN
Elevages laitiers	56,1	96,4	33	98,6
Elevages allaitants	50	99	27,4	99,6

est de calibrer un modèle au cours d'une période sans évènement sanitaire notable (dans notre cas, avant l'arrivée de la FCO-8), puis de l'utiliser pour prédire les valeurs des indicateurs au cours de la période d'intérêt (dans notre cas, la période de circulation de la FCO-8), et de les comparer aux valeurs observées. Les variations temporelles des trois indicateurs ont été analysées de manière indépendante dans chaque département. Une alerte statistique était émise dès lors que l'écart entre les valeurs prédites et les valeurs observées était significatif.

Entre 45 % et 86 % des départements inclus dans l'étude ont présenté, au cours de la période de circulation de la FCO-8, une augmentation anormale du TAP ou du TAT, ou une diminution anormale du TVV. La proportion de départements ayant présenté des alertes était significativement plus élevée en période de circulation de la FCO-8 qu'en période d'absence de circulation de la FCO-8: par exemple, à partir de l'analyse du TVV chez les allaitantes paires, des alertes ont été identifiées en période de circulation de la FCO-8 dans 83 % des départements, contre 19 % des départements en période d'absence de circulation de la FCO-8. Le délai moyen de déclenchement d'une alerte, après la déclaration du premier foyer clinique de FCO-8, était de 16 à 45 semaines selon les indicateurs et les catégories de femelles étudiés.

### **Capacité de détection prospective d'évènements sanitaires à une échelle spatio-temporelle**

La modélisation temporelle à l'échelle de départements constituait une première approche, mais elle comportait deux biais méthodologiques: i) la taille de la population bovine est très variable entre départements, ce qui conduit à une puissance statistique hétérogène<sup>(4)</sup>, ii) les alertes liées à des évènements sanitaires notables sont corrélées les unes aux autres, dans le temps et dans l'espace. Pour pallier ces biais, une approche spatio-temporelle a été développée et appliquée à des unités géographiques « iso-populationnelles » (UIP), c'est-à-dire comportant approximativement le même nombre de bovins. En prenant en compte une corrélation spatiale entre unités, les évènements sanitaires localisés, qui auraient pu entraîner des variations isolées de l'indicateur dans le temps et dans l'espace, n'étaient donc pas identifiés comme des alertes, permettant un gain de spécificité. L'analyse à l'échelle d'UIP permettait d'homogénéiser la capacité à identifier les variations anormales de l'indicateur suivi (Altman and McDonald, 2011; Cirincione *et al.*, 2000). À titre d'exemple, cette approche a été appliquée au TVV chez les femelles allaitantes paires, une catégorie pour laquelle le besoin de renforcer la surveillance des avortements est particulièrement fort, compte-tenu de la faible capacité de détection des avortements et de la faible sensibilité de la DA.

Des regroupements (*clusters*) spatio-temporels de déficits de vêlages ont été recherchés au cours de l'épizootie de FCO sur l'ensemble du territoire. La capacité à identifier ces clusters en lien avec l'épizootie de FCO a été étudiée en calculant la proportion d'UIP intégrées dans un cluster au cours de leur saison de vêlages de primo-infection par la FCO (SVP, correspondant à la saison de vêlages pendant laquelle la FCO était arrivée dans chaque UIP). Cette proportion a été étudiée en fonction de la date d'arrivée de la FCO et de la prévalence des foyers cliniques de FCO dans cette unité. Les unités ont été distinguées en fonction de l'année au cours de laquelle elles avaient été primo-infectées par la FCO (2007 ou 2008).

Parmi les 84 UIP primo-infectées par la FCO en 2007, 28 % avaient été intégrées dans un cluster au cours de leur SVP, en moyenne 30 semaines après le premier cas de FCO déclaré. Cette proportion était de 87 % parmi les 211 UIP primo-infectées par la FCO en 2008, ces unités étant intégrées dans un cluster en moyenne 25 semaines après le premier cas de FCO déclaré. La probabilité qu'une UIP soit intégrée dans un cluster au cours de sa SVP était plus élevée lorsque, au cours de cette saison, la prévalence de la FCO était élevée dans cette unité (moyenne de 35 % dans les UIP primo-infectées au cours

de la vague de FCO de 2007), et lorsque le premier cas de FCO avait été déclaré précocement au cours de la saison de vêlages (moyenne de 10 semaines après le début de la saison de vêlages dans les UIP primo-infectées en 2007).

## **Perspectives d'utilisation d'outils de surveillance syndromique**

### **Analyse des biais d'interprétation et limites des indicateurs**

Les indicateurs élaborés à partir des données démographiques (IVV, TVV) permettent de couvrir l'ensemble de la population bovine, alors que les indicateurs élaborés à partir des données de reproduction (TAP et TAT) ciblent les femelles laitières mises à l'IA. Toutefois, pour ces quatre indicateurs, sont de fait exclues de cette surveillance les femelles envoyées à l'abattoir ou mortes: i) juste après leur avortement ou avant d'avoir été ré-inséminées (pour les TAP et TAT), ii) avant le moment où elles auraient dû vêler (pour le TVV), iii) avant d'avoir vêlé à nouveau (pour l'IVV). Ainsi, si au cours d'un évènement sanitaire abortif, les éleveurs ont davantage tendance à réformer les femelles ayant avorté, cet évènement pourrait être non détecté ou difficilement détectable.

L'IVV et le TVV permettent de détecter des avortements quel que soit le stade de gestation. Mais certains évènements sans rapport avec des maladies abortives peuvent également faire varier ces indicateurs, en particulier à l'échelle de l'élevage: par exemple, l'IVV peut être allongé si l'éleveur retarde la mise à la reproduction pour allonger la durée de lactation des femelles de son troupeau.

Les TAP et TAT permettent de cibler certains avortements. Mais selon les délais de ré-insémination, le TAP peut également identifier des femelles ayant eu des troubles de la fertilité. Le TAT permet quant à lui de détecter la survenue d'avortements au-delà de six mois de gestation, mais il englobe également une part d'avortements plus précoces, qui n'auraient pas été détectés par le TAP en raison de délais de ré-insémination longs.

### **Utilisation de l'IVV seuil**

Le suivi de l'IVV au niveau populationnel, sans être un outil de contrôle, permettrait de suivre la mise en œuvre de la DA. Certes, les performances de l'IVVs ne sont pas parfaites, et les élevages ayant présenté des avortements multiples ne pourront être identifiés que plusieurs mois après ces avortements, le temps pour les femelles ayant avorté d'être remises à la reproduction et de vêler à nouveau. Mais la faible valeur prédictive positive est en particulier à relativiser, car une forte proportion d'élevages suspectés à tort d'avoir fait face à des avortements multiples ont néanmoins fait face à un ou deux avortements au cours de la campagne. En outre, le suivi de l'IVV représente un outil généraliste et aisément applicable à l'ensemble des élevages pour identifier ceux qui auraient dû participer au dispositif de DA. Ces élevages pourraient faire l'objet d'un rappel à la réglementation, d'investigations vis-à-vis de la brucellose en tant que de besoin, et d'une incitation à mettre en œuvre à l'avenir le protocole de diagnostic différentiel s'ils ne l'avaient déjà fait.

### **Utilisation des TAP, TAT et TVV**

Le recours à ces trois indicateurs pourrait permettre d'évaluer rétrospectivement l'impact d'un évènement sanitaire, à l'exemple de l'étude rétrospective conduite avec le TAP pour la FCO, laquelle pourrait être reproduite, selon les besoins, avec les deux autres indicateurs. Ces trois indicateurs pourraient également être utilisés pour identifier de manière prospective un évènement sanitaire abortif. L'analyse prospective des variations spatio-temporelles d'un indicateur à l'échelle d'unités iso-populationnelles peut être considérée comme l'approche la plus aboutie, et correspond au type d'analyse qu'il conviendrait de mettre en place en situation réelle. L'étude menée pour le TVV pourrait être appliquée aux deux autres indicateurs, TAP et TAT.

(4) La puissance statistique correspond à la capacité d'identifier une association entre deux variables (ex entre le nombre de foyers de FCO-8 et le TAP), si cet effet existe. Elle dépend de la taille de la population sous-jacente et de la force du lien entre les deux variables.

D'après les études conduites, la détection de la FCO n'aurait été possible que plusieurs semaines après son arrivée, et uniquement dans le cas d'une prévalence élevée (35 % des troupeaux touchés dans les unités primo-infectées en 2007). Les délais de détection s'expliquent par le recours à des indicateurs indirects de la survenue d'avortements. En effet, le délai entre la survenue de l'avortement et l'augmentation des ré-inséminations ne peut être inférieur à 21 jours, délai de retour en chaleur (pour les TAP et TAT), et le délai entre la survenue de l'avortement et l'absence de vêlage au moment prévu si la femelle n'avait pas avorté peut aller jusqu'à neuf mois (pour le TVV). Dans certaines conditions, la détection pourrait être plus rapide, et après un niveau d'exposition plus faible à l'évènement sanitaire que dans le cas de l'épizootie de FCO (Bronner *et al.*, 2015a) : cas d'une maladie à risque abortif élevé, introduite alors que la taille de la population surveillée est maximale (*i.e.*, pour le TVV, proche du pic de vêlages), et conduisant à des avortements avant six mois de gestation (pour le TAP) ou tardifs (pour les TAT et TVV). Par ailleurs, ces délais sont à confronter avec ceux nécessaires pour détecter un foyer de brucellose à partir du dispositif actuel de DA, qui peuvent aller jusqu'à plusieurs mois compte-tenu de la sous-déclaration (Yamamoto *et al.*, 2008).

## Vers un système de surveillance intégrée des maladies abortives chez les bovins ?

Au vu des travaux réalisés, il apparaît que l'utilisation des données démographiques et de reproduction permettrait d'améliorer la surveillance des avortements chez les bovins. Plus globalement, dans un contexte où les risques d'apparition de maladies exotiques ou émergentes et des formes épidémiocliniques qu'elles revêtiraient sont très difficilement prévisibles, il semble nécessaire de travailler à la conception d'un système de *surveillance intégrée* des maladies abortives chez les bovins, qui associerait plusieurs modalités de surveillance (Calavas *et al.*, 2015) : une surveillance événementielle renforcée (basée sur une DA « revisitée » et incluant l'articulation avec le protocole de diagnostic différentiel des maladies abortives enzootiques), une SSy (à partir des indicateurs étudiés), une surveillance programmée (dont il conviendrait d'étudier les améliorations possibles), et une surveillance clinique non ciblée du cheptel pour couvrir les manifestations cliniques non couvertes par les trois autres dispositifs.

Un tel système permettrait de couvrir différents dangers sanitaires (connus – comme la brucellose ou la fièvre de la vallée du Rift – ou non), se manifestant sous forme clinique ou asymptomatique, et d'un point de vue épidémiologique sous forme sporadique, épizootique ou diffuse (*i.e.* touchant plusieurs élevages mais avec une faible prévalence intra-élevage). La surveillance des formes cliniques de dangers sanitaires connus reposerait sur la surveillance événementielle et la SSy. Pour les maladies pouvant circuler sous forme latente dans la population (par ex. brucellose), cette surveillance serait complétée par une surveillance programmée ciblée (si possible basée sur le risque). En parallèle, les dangers sanitaires émergents pourraient être détectés à partir de la SSy et d'une surveillance clinique non ciblée. La surveillance des formes latentes de ces dangers émergents, inconnus *a priori*, ne serait par définition pas possible. Enfin, d'autres dangers

sanitaires pourraient être détectés au travers de la SSy : même si en temps normal, aucune surveillance ne se justifie à leur égard, le fait qu'ils puissent entraîner une augmentation anormale d'un indicateur justifierait des investigations et, si besoin, la mise en œuvre de mesures de maîtrise ou de lutte.

\*\*\*\*\*

Les éléments présentés dans le cadre de cet article sont issus de travaux de recherche et aboutissent à une « preuve de concept » sur l'intérêt d'utiliser des indicateurs indirects de survenue des avortements chez les bovins. Les résultats de ces recherches sont désormais dans les mains de l'ensemble des acteurs impliqués dans la surveillance des avortements chez les bovins, qui pourront se positionner en connaissance de cause sur l'intérêt de ces outils et engager éventuellement les réflexions approfondies nécessaires pour leur mise en œuvre pratique.

## Références bibliographiques

- Altman, M., McDonald, M., 2011. BARD: Better automated redistricting. *J Stat Softw* 42.
- Bronner, A., Dupuy, C., Sala, C., Calavas, D., Perrin, J.-B., 2015a. La surveillance syndromique peut-elle renforcer la détection précoce des maladies exotiques et émergentes ? *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 66, 55-59.
- Bronner, A., Hénaux, V., Fortané, N., Hendriks, P., Calavas, D., 2014a. Why do farmers and veterinarians not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France? *BMC Vet Res* 10.
- 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, e63246.
- Bronner, A., Morignat, E., Madouasse, A., Calavas, D., 2014b. Surveiller les avortements chez les bovins à partir des données démographiques et de reproduction : un complément à la déclaration obligatoire ? *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 65, 6-11.
- Bronner, A., Morignat, E., Madouasse, A., Gasqui, P., Gay, E., Calavas, D., submitted. Utilisation des données d'insémination artificielle afin d'identifier l'impact d'un évènement abortif dans les élevages de bovins laitiers. *Inra Prod. Anim.* 2015, 28 (3), 243-250.
- Bronner, A., Morignat, E., Madouasse, A., Gay, E., Calavas, D., 2015b. Devising an indicator to detect mid-term abortions in dairy cattle: a first step towards syndromic surveillance of abortive diseases. *PLoS One* 10, e0119012.
- Calavas, D., Bronner, A., Marcé, C., Fédiaevsky, A., Hendriks, P., 2015. Vers une approche intégrée de la surveillance épidémiologique des dangers sanitaires exotiques. *Epid et santé anim* 67, 109-118.
- Cirincione, C., Darling, T., O'Rourke, T., 2000. Assessing south Carolina's 1990s congressional districting. *Polit Geogr* 19, 189-211.
- Hénaux, V., Bronner, A., Perrin, J.-B., Touratier, A., Calavas, D., 2015. Evaluation du coût global du dispositif de surveillance de la brucellose bovine. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 69, 28-35.
- Touratier, A., Lars, F., Rautureau, S., Bronner, A., Portejoie, Y., Audeval, C., Guatteo, R., Joly, A., 2013. Elaboration d'un protocole national de diagnostic différentiel des avortements chez les bovins. *Bull des GTV Hors Série* 2013, 75-82.
- Triple-S. Project, 2011. Assessment of syndromic surveillance in Europe. *Lancet* 378, 1833-1834.
- Yamamoto, T., Tsutsui, T., Nishiguchi, A., Kobayashi, S., 2008. Evaluation of surveillance strategies for bovine brucellosis in Japan using a simulation model. *Prev Vet Med* 86, 57-74.

## Brève. Cas de rage chez un chiot importé illégalement en France, en mai 2015

### Short item. Rabies case in an illegally imported puppy in France, in May 2015

Estelle Hamelin (estelle.hamelin@agriculture.gouv.fr) (1), Maurice Desfonds (2), Philippe Gay (3), Florence Cliquet (4), Hervé Bourhy (5)

(1) Direction générale de l'Alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris, France

(2) Direction départementale de la protection des populations de la Loire, Saint-Etienne, France

(3) Direction générale de l'Alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France

(4) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Nancy, France

(5) Centre national de référence pour la rage, Institut Pasteur, France

**Mots clés:** Rage, chiot, importation illégale/**Keywords:** Rabies, Puppy, Illegal import

Le 21 mai 2015, le Centre national de référence pour la rage à l'Institut Pasteur de Paris, informait la DGAL d'un cas de rage chez un chiot non vacciné, vivant dans le département de la Loire. Le typage du virus effectué par séquençage a démontré qu'il s'agissait d'un *Lyssavirus*, de l'espèce virus de la rage (c'est-à-dire la rage dite classique) et de type Africa 1. Le chiot était connu de la Direction départementale de la protection des populations (DDecPP) de la Loire puisqu'il avait été placé sous surveillance par arrêté préfectoral (APMS) pendant six mois suite à son introduction illégale de Hongrie fin décembre 2014. Cet APMS impliquait quatre visites chez le vétérinaire sanitaire, un isolement de l'animal, une déclaration en cas de disparition, de mort ou de maladie, et une vaccination contre la rage à la fin des six mois.

#### Reconstitution du parcours de l'animal

Les enquêtes réalisées pour retrouver l'origine de la contamination du chiot et identifier les contacts dans le quartier où vivait le chiot, ont permis de reconstituer rapidement son parcours et de mettre en évidence qu'il avait séjourné en Algérie du 21 avril au 7 mai 2015 alors qu'il était sous APMS et que le propriétaire avait été informé que son chien ne devait pas quitter sa commune de résidence.

Au cours de ce séjour, le chiot était à Alger et dans la région de Sétif. L'analyse phylogénétique de la souche virale a confirmé la provenance d'Algérie et plus précisément de la région d'Alger.

Lors du transport par bateau, l'animal était enfermé dans une cage. Aucun contrôle documentaire n'a été réalisé dans les ports, aussi bien à l'aller qu'au retour.

Le 14 mai, le chiot a mordu le cousin du propriétaire. Le 16 mai, après avoir mordu le chien d'un voisin, il a été amené chez le vétérinaire où il a à nouveau mordu le cousin du propriétaire. Le vétérinaire a immédiatement informé la DDecPP de la Loire qui a alors mis le chiot en quarantaine. Le chiot meurt dans la nuit du 17 au 18 mai. Son cadavre est ensuite acheminé à l'Institut Pasteur pour analyse.

#### Mesures de gestion mises en œuvre (basées sur les arrêtés du 9 août 2011)

Dès la réception du résultat de diagnostic positif pour la rage le 21 mai 2015, une cellule interministérielle a été mise en place par le ministère de la Santé, avec des réunions téléphoniques régulières entre les différents acteurs afin de définir et de coordonner l'ensemble des actions. À l'examen des premières données, seule une action locale au niveau du département de la Loire a été retenue. Le centre opérationnel départemental (COD) de la préfecture de la Loire a été activé.

Le COD avait trois objectifs à atteindre impérativement :

- information des populations concernées,
- établissement d'une traçabilité complète des contacts avec le chiot, qu'ils soient d'origine humaine ou animale,
- mise en place des mesures sanitaires appropriées.

Au niveau local, un arrêté préfectoral portant déclaration d'un cas de rage a été pris le 21 mai afin de mettre en place des mesures de surveillance et de restriction des mouvements des carnivores domestiques dans la zone de vie du chiot. Deux communiqués de presse ont également été diffusés le 21 mai dans le but d'identifier les personnes et animaux contacts, et d'expliquer les mesures à prendre vis-à-vis des animaux domestiques dans la zone de restriction. Un centre d'appel a été mis en place à la préfecture pour collecter les informations sur le chiot, les personnes et animaux contacts et répondre aux questions sur la maladie. En complément, des messages d'information ont été délivrés, sur place, dans le quartier où vivaient le chiot et son propriétaire.

Les informations recueillies auprès du propriétaire et de sa famille, ou via les mesures citées précédemment ont permis à la DDecPP de la Loire de recenser l'ensemble des lieux où le chien aurait pu séjourner depuis son retour d'Algérie et permettre ainsi l'identification de tous les animaux et personnes contacts. Au total, 24 personnes contacts (dont 13 enfants) et 23 animaux (chiens et chats) potentiellement contacts ont ainsi été recensés. Les 24 personnes ont été placées sous traitement antirabique. Pour les animaux, l'évaluation du risque de contamination a été effectuée selon la probabilité de contact pour les classer dans les catégories suivantes telles que définies par la réglementation :

- contaminé : contact ou probabilité de contact élevée avec le chiot enrégé,

- éventuellement contaminé : faible probabilité de contact ou contact ne pouvant pas être exclu,
- non contaminé.

En fonction de la catégorie, les mesures prévues par la réglementation ont été appliquées, respectivement : euthanasie, dérogation à l'euthanasie, surveillance ou absence de mesure.

Une opération de piégeage de chats errants a été organisée dans le quartier où le chiot résidait entre le 23 et le 26 mai, elle a permis de capturer treize chats.

Au total, deux chats et un chien ont été euthanasiés, un chat a été trouvé mort et dix-neuf autres chiens et chats ont été placés sous surveillance pendant une période de six mois au cours de laquelle chaque animal fera l'objet de quatre visites sanitaires.

Au niveau national, un appui technique a été apporté à la DDecPP de la Loire par la DGAL et les laboratoires de référence, et des échanges au niveau international ont eu lieu avec l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), la Commission européenne, les autorités algériennes et hongroises. Le même type d'actions a été mis en place pour le volet santé humaine.

À ce jour (plus de 6 mois après la mort de l'animal), aucun cas secondaire humain ou animal n'est à déplorer.

#### Discussion

La gestion de ce cas a nécessité une forte mobilisation des services de l'État, travail rendu difficile par le contexte social local. Ce cas illustre, une fois de plus, les conséquences du non-respect des conditions d'introduction de carnivores domestiques en provenance d'un pays endémique de rage. Il s'agit du troisième cas de rage introduit en France depuis 2011.

Comme dans les deux cas de rage cités ci-dessus, des contrôles aux frontières auraient pu permettre de prévenir cet événement. Il est important de travailler avec les services de contrôle aux frontières, et notamment avec le personnel des douanes, afin de les sensibiliser au danger que représente la rage et améliorer les contrôles aux départs et aux arrivées, particulièrement des pays à risque.

En revanche, ce cas se distingue des cas précédents du fait que l'animal faisait l'objet de mesures de surveillance avant son départ pour l'Algérie. Le propriétaire était donc au courant de la réglementation concernant les mouvements des carnivores domestiques, contrairement au cas général d'importation illégale d'animaux dû à une méconnaissance de la réglementation. Une procédure judiciaire est en cours à l'encontre du propriétaire du chiot.

Cet épisode, aujourd'hui clos, rappelle que le risque de voir apparaître sur le territoire national un cas de rage importé est réel. La sensibilisation doit s'appliquer à toutes les étapes des voyages et avec tous les intervenants, des compagnies de transports aux vétérinaires, ainsi que par la sensibilisation des propriétaires d'animaux de compagnie et un rappel des sanctions en cas de violation de la législation en vigueur.

Rappelons qu'il est interdit d'importer des chiens et des chats dans l'Union européenne, excepté sous les conditions sanitaires suivantes (certains pays ayant une situation favorable au regard de la rage font l'objet de conditions assouplies) : identification de l'animal (depuis juillet 2011, l'identification par puce électronique est le seul mode d'identification permettant à un animal de passer une frontière), vaccination antirabique en cours de validité, réalisation d'une prise de sang pour vérifier sa protection contre la rage réalisée au moins trois mois avant son arrivée dans l'Union européenne et un certificat sanitaire établi par un vétérinaire officiel du pays de provenance (le plus souvent vétérinaire de l'État).

Par ailleurs, il est interdit d'introduire des chiens et des chats en France provenant d'un autre pays de l'Union européenne excepté sous les conditions sanitaires suivantes : identification de l'animal (depuis juillet 2011, l'identification par puce électronique est le seul mode d'identification permettant à un animal de passer une frontière), vaccination antirabique en cours de validité et possession d'un passeport européen (délivré par le vétérinaire sanitaire lors de l'identification de l'animal).

# Apport du séquençage à haut débit lors d'un épisode d'émergence de **diarrhée épidémique porcine** en France

Béatrice Grasland (1) (beatrice.grasland@anses.fr), Nicolas Rose (2), Fabrice Touzain (1), Yannick Blanchard (1)

(1) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, Unité de génétique virale et biosécurité, Ploufragan, France

(2) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, Unité d'épidémiologie et bien-être porcin, Ploufragan, France

## Résumé

La diarrhée épidémique porcine (DEP) a provoqué des épizooties sévères en Asie et aux États-Unis récemment. En mai 2014, de nouveaux foyers de DEP ont été décrits en Europe après une longue période d'absence de la maladie, le dernier foyer datant de 2006 en Italie. La DEP a été classée en danger sanitaire émergent de première catégorie rendant obligatoire la déclaration de tout cas en France en se basant sur les signes cliniques. Le séquençage haut débit ou NGS (Next Generation Sequencing) a été utilisé en parallèle des outils moléculaires de diagnostic lors d'un foyer de DEP en France en décembre 2014. L'apport du séquençage NGS dans un contexte d'émergence, est ici décrit, notamment sa contribution à l'épidémiologie moléculaire grâce au séquençage du génome viral complet.

## Mots-clés

Emergence, porc, séquençage NGS

## Abstract

**Contribution of Next-Generation Sequencing during an emergent outbreak of porcine epidemic diarrhoea in France**

Recently, severe outbreaks of porcine epidemic diarrhoea (PED) have struck Asia and the U.S. After a long period of absence dating back to an Italian outbreak in 2006, new European outbreaks were reported in May 2014. Since PED has been classified as a category 1 emerging health hazard in France, the notification of all cases based on clinical signs is compulsory. Next-generation sequencing (NGS) was used in addition to conventional biomolecular diagnostic tools during a December 2014 PED outbreak in France. The contribution of NGS to molecular epidemiology using full-genome virus sequencing during disease emergence is discussed.

## Keywords

Emergence, Pig, NGS

L'agent étiologique de la diarrhée épidémique porcine (DEP) est un alpha-coronavirus, le virus de la DEP (vDEP), virus enveloppé à ARN simple brin positif de 28 kilobases. Ce virus n'affecte pas l'Homme. La DEP affecte particulièrement les porcelets sous la mère qui présentent des vomissements et une diarrhée profuse. Après une première description en Europe à la fin des années 1970 avec des épizooties jusqu'aux années 1990, la DEP a touché l'Asie dont la Chine dans les années 1980 et la Corée en 1993. À partir de 2010, une nouvelle épizootie sévère a été rapportée en Chine. La maladie a émergé aux États-Unis à partir d'avril 2013 et a occasionné la perte de plus de huit millions d'animaux dans 33 États et est toujours d'actualité plus de deux ans après son introduction. Dès avril 2013, différentes souches de vDEP ont été caractérisées. Certaines souches qualifiées de hautement pathogènes entraînent jusqu'à 95-100 % de mortalité chez les porcelets sous la mère. D'autres souches, dénommées « InDel », présentent à la fois une insertion et une délétion dans le gène S codant pour la protéine de spicule (responsable de l'attachement à la cellule). La première souche « InDel » décrite aux États-Unis, USA/OH851/2014, n'entraînait aucune mortalité de porcelets sous la mère et affectait davantage les truies que les jeunes porcelets (Vlasova *et al.*, 2014). Dans ce contexte, au regard du risque de propagation du virus en France, la DEP a été catégorisée, à titre provisoire, en tant que danger émergent de première catégorie (AM du 12 mai 2014), ce qui rend obligatoire, sur le sol français, la déclaration de tout cas présentant un ou plusieurs groupes d'âge atteint d'une diarrhée sévère, contagieuse et aqueuse, et dont le taux de morbidité chez les porcs en croissance est supérieur à 80 % et/ou le taux de mortalité chez les porcelets sous la mère est supérieur à 30 % (note de service DGAL/SDSPA/2014-708 du 02/09/2014).

Dans le cadre du dispositif de surveillance événementielle de la DEP en France, une suspicion a été notifiée dans le département du Nord le 1<sup>er</sup> décembre 2014. Le lendemain de la réception des échantillons, l'analyse en RT-PCR quantitative spécifique du vDEP confirmait la présence d'un virus de DEP. L'amplification et le séquençage par la méthode Sanger des gènes N et S ont permis de caractériser, 67 heures après réception des échantillons, la souche (FR/01/2014) présente dans l'élevage comme une souche « InDel » phylogénétiquement proche de deux souches de vDEP isolées en Allemagne en Mai 2014 (Hanke *et al.*, 2015). En parallèle des tests de confirmation du diagnostic DEP,

le séquençage haut débit (NGS pour next generation sequencing) a été entrepris afin d'obtenir la séquence complète du génome de la souche FR/001/2014 (Figure 1). Le séquençage NGS présente plusieurs avantages que n'apporte pas le séquençage Sanger utilisé en première intention pour le séquençage des gènes N et S. Dans le cadre d'une émergence virale, le séquençage NGS permet d'obtenir rapidement des informations sur la séquence d'un agent pathogène (viral ou non) sans connaissance préalable de la nature de cet agent, et en particulier sans disposer d'outils moléculaires spécifiques de cet agent (par exemple des amorces PCR). Connaître la séquence génomique complète de l'agent pathogène permet d'étudier l'épidémiologie moléculaire à partir de l'ensemble de la séquence du virus et ainsi de pouvoir émettre des hypothèses sur l'origine de la souche. Ce point est particulièrement important pour les virus à ARN qui possèdent, le plus souvent, deux caractéristiques entraînant des évolutions rapides et significatives des génomes: i) un taux de mutation généralement élevé du fait d'une absence d'activité de relecture de la RNA polymérase entraînant des erreurs et ii) une propension importante à la recombinaison. Par exemple, en Italie, un événement de recombinaison entraînant une permutation complète du gène S entre un coronavirus de gastro-entérite transmissible et un vDEP a été décrit (Sozzi *et al.*, 2014). Dans le cadre du foyer de DEP en France, le séquençage NGS a été réalisé à partir des échantillons prélevés dans l'élevage affecté et la séquence du génome complet a été obtenue 73 heures après réception des échantillons. Ce résultat montre qu'en absence d'outils moléculaires spécifiques de l'agent incriminé, seulement six heures supplémentaires auront été nécessaires pour avoir l'identification et la séquence complète du génome. Les résultats du séquençage NGS a permis de confirmer que la souche présente dans l'élevage du Nord affecté présentait sur le génome complet 99,9 % d'identité avec la souche « InDel » isolée en Allemagne en mai 2014, 99,8 % avec une souche « InDel » américaine isolée en juin 2013 (USA/Indiana12.83/2013) et 99,4 % avec la souche « InDel » américaine USA/OH851/2014 (Grasland *et al.*, 2015). Le séquençage NGS permet également de savoir si plusieurs souches du même virus circulent dans l'élevage affecté et également si d'autres agents viraux connus ou non sont présents (co-infections), situation fréquemment décrite dans les cas de DEP. En séquençage NGS, les séquences obtenues appelées « reads » peuvent être comparées à une référence et une séquence continue (contig) peut être ainsi obtenue. Si le génome du virus est inconnu et qu'aucune

référence n'existe, les séquences individuelles sont assemblées *de novo* pour obtenir une ou des séquences continues. Dans le cadre de cette suspicion de DEP, le NGS a permis de démontrer qu'aucun autre virus à ARN n'était présent dans les prélèvements et d'identifier un seul variant de vDEP.

Le séquençage NGS permet, dans le cadre d'une émergence, d'identifier rapidement un (des) agent(s) étiologique(s) potentiel(s) sans avoir recours à des méthodes diagnostiques spécifiques pour cet agent. Il permet aussi (dans la plupart des cas) d'obtenir suffisamment d'information sur la séquence de l'agent infectieux pour réaliser des travaux d'épidémiologie moléculaire, retracer son histoire et donc potentiellement son origine. Il permet également de s'assurer que d'autres virus non-suspectés en premier lieu (connus ou non) peuvent être présents ou pas. Ceci est un point très important afin de fournir tous les éléments nécessaires au gestionnaire du risque concernant le choix des mesures de lutte pouvant être mises en œuvre pour limiter la diffusion du ou des agents viraux pathogènes concernés.

## Remerciements

Les auteurs remercient la Direction générale de l'Alimentation (DGAL) et le projet CoVetLab sur les coronavirus porcins pour le support financier ainsi que la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) pour l'élaboration du dispositif de surveillance en France sur la base des objectifs définis par la DGAL.

## Références bibliographiques

- Grasland, B., Bigault, L., Bernard, C., Quenault, H., Toulouse, O., Fablet, C., Rose, N., Touzain, F., Blanchard, Y., 2015. Complete genome sequence of a porcine epidemic diarrhea s gene indel strain isolated in France in December 2014. *Genome Announc.* 3(3).
- Hanke, D., Jenckel, M., Petrov, A., Ritzmann, M., Stadler, J., Akimkin, V., Blome, S., Pohlmann, A., Schirrmeyer, H., Beer, M., Hoper, D., 2015. Comparison of porcine epidemic diarrhea viruses from Germany and the United States, 2014. *Emerg. Inf. Dis.* 21(3), 493-496.
- Sozzi, E., Papetti, A., Lelli, D., Boniotti, B., Moreno, A., Brocchi, E., Alborali, L., Lavazza, A., Cordioli, P. 2014. Diagnosis and investigations on porcine epidemic diarrhoea (PED) in north Italy. In: 8th Annual meeting of Epizone, Copenhagen, Denmark, 23-24/09/2014.
- Vlasova, A.N., Marthaler, D., Wang, Q., Culhane, M.R., Rossow, K.D., Rovira, A., Collins, J., Saif, L.J., 2014. Distinct characteristics and complex evolution of PEDV strains, North America, May 2013-February 2014. *Emerg. Inf. Dis.* 20(10), 1620-1628.

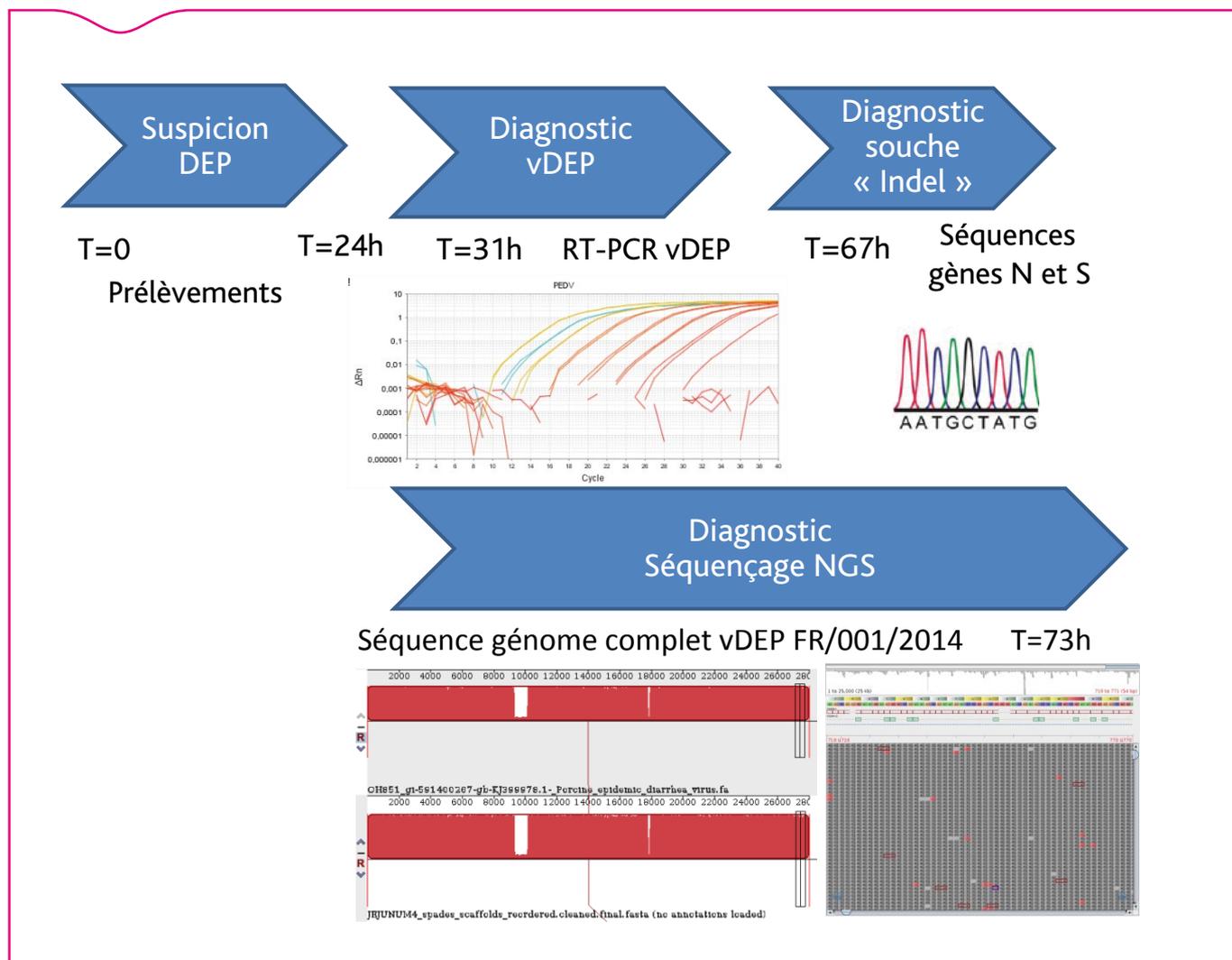


Figure 1. Étapes réalisées pour établir le diagnostic de DEP lors de son émergence en France en décembre 2014

# Evaluation d'un protocole alternatif de mesure du pli de peau lors de tuberculination chez les bovins

Oriane Lambert, Jean-Jacques Bénét (jean-jacques.benet@vet-alfort.fr)

Université Paris Est, École nationale vétérinaire d'Alfort, USC ENVA-Anses EpiMAI, Maisons-Alfort, France

## Résumé

Lors du dépistage de la tuberculose bovine par intradermo-tuberculination, certains vétérinaires, au lieu de procéder systématiquement à la mesure réglementaire du pli de peau, n'y recourent que lorsqu'ils constatent, par palpation une réaction le jour de la lecture; ils utilisent alors comme valeur de référence une mesure effectuée, soit en avant du site d'injection (site « témoin »), soit sur un point symétrique au point d'injection sur l'autre face de l'encolure. Les épaisseurs de pli de peau ont été mesurées sur 475 bovins de race allaitante et 500 bovins de race laitière, sur les trois sites, injection, témoin et symétrique, le jour de l'injection et le jour de la lecture des résultats. L'utilisation d'un site de référence autre que celui de l'injection introduit une variabilité responsable de différences de résultats, plus importante avec le site témoin, le plus couramment utilisé dans ce protocole alternatif. Par ailleurs, la simulation de ce protocole sur les données réelles mesurées en Côte-d'Or a montré des proportions d'erreurs par excès et par défaut incompatibles avec les exigences de la lutte.

## Mots-clés

Tuberculose bovine, tuberculination, mesure de pli de peau

## Abstract

**Evaluation of an alternative protocol for skin thickness measurement when testing cattle for tuberculosis**  
When screening cattle for tuberculosis, instead of systematically measuring skinfold thickness in keeping with regulations, some veterinarians only measure it if they notice a reaction on the day of the reading. They then use as a reference value a measurement taken either slightly ahead of the injection site ("control site"), or at a symmetric point on the other side of the neck. Skinfold thickness was measured on 475 beef cattle and 500 dairy cattle at three sites— injection, control and symmetric sites—on the day of injection and the day the results were read. The use of a reference site other than the injection site is a source of variability leading to differences in results. The greatest differences were found with the control site, most commonly used in this alternative protocol. The simulation of this protocol with real data from the Côte-d'Or area revealed over- or under-diagnosis errors incompatible with the requirements of the tuberculosis eradication programme.

## Keywords

Bovine tuberculosis, Intradermal test, Skinfold thickness measurement

Lors du dépistage de la tuberculose bovine par intradermo-tuberculination, certains vétérinaires, au lieu de procéder systématiquement à la mesure réglementaire du pli de peau, n'y recourent que lorsqu'ils constatent par palpation une réaction le jour de la lecture; ils utilisent alors comme valeur de référence une mesure effectuée, ce même jour, soit en avant du site d'injection (site « témoin »), soit sur un point symétrique au point d'injection sur l'autre face de l'encolure.

Cette étude (Lambert et Bénét, 2015) a été réalisée pour évaluer la validité de ce protocole alternatif.

## Matériel et méthode

Les épaisseurs de pli de peau ont été mesurées sur 475 bovins de race allaitante (neuf vétérinaires) et 500 bovins de race laitière (cinq vétérinaires), sur les trois sites, injection (I), témoin (T), et symétrique (S), le jour de l'injection ( $J_0$ ) et le jour de la lecture des résultats ( $J_3$ ).

Les données de surveillance programmée de la tuberculose réalisée en Côte-d'Or d'avril 2010 à décembre 2013, limitée aux élevages allaitants (1 260) en raison du plus faible nombre d'élevages laitiers (309), ont été utilisées pour comparer les résultats de cette étude aux données du terrain.

## Résultats

L'épaisseur de la peau d'un bovin n'est pas la même selon le site mesuré: si, lors de mesures effectuées à  $J_0$ , le site symétrique ne montre pas de différence moyenne notable par rapport au site d'injection, le site témoin est significativement plus épais (moyenne de 0,7 mm + écart-type de 1 mm pour les races allaitantes, et moyenne de 0,3 mm + écart-type de 0,6 mm pour les races laitières). Dès lors, la différence calculée entre la mesure effectuée à  $J_3$  sur le site d'injection et le site témoin sera systématiquement diminuée d'autant par rapport à la différence obtenue avec la mesure de référence effectuée à  $J_0$  sur le site d'injection.

Ces écarts de mesure ont une répercussion sur le classement des animaux par rapport à la grille de lecture réglementaire (note de service DGAL/SDSPA/2015-803 du 23 septembre 2015): négatif jusqu'à 2 mm; positif à partir de 4 mm; douteux entre les deux. La concordance entre la méthode de référence et l'une ou l'autre des méthodes alternatives n'est pas bonne (coefficient kappa de l'ordre de 0,6 à 0,7). Globalement, sur dix bovins à résultat positif au test de référence, deux ou trois sont classés douteux selon la méthode alternative (Tableau 1); sur 37 bovins à résultat douteux, certains peuvent être classés positifs (méthode S), mais un bien plus grand nombre sont classés négatifs par chacune des deux méthodes alternatives.

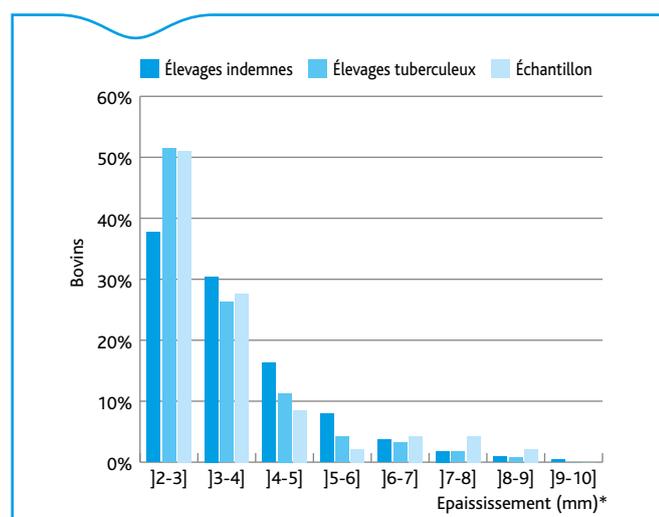
**Tableau 1.** Distribution des résultats en utilisant une mesure alternative par rapport au test de référence: a) site symétrique (S); b) site témoin (T) (N=975)

a)	Référence				
	Méthode S	Positif	Douteux	Négatif	Total
Positif (%)		8 (80)	3 (8,1)	1 (0,1)	12
Douteux (%)		2 (20)	21 (56,8)	19 (2)	42
Négatif (%)		0	13 (35,1)	908 (97,8)	921
Total		10	37	928	975
Coefficient Kappa [IC95 %]: 0,61 [0,50; 0,72]					

b)	Référence				
	Méthode T	Positif	Douteux	Négatif	Total
Positif (%)		7 (70)	0	0	7
Douteux (%)		3 (30)	20 (45,1)	7 (0,8)	30
Négatif (%)		0	17 (45,9)	921 (99,2)	938
Total		10	37	928	975
Coefficient Kappa [IC95 %]: 0,67 [0,55; 0,78]					

**Tableau 2.** Distributions des résultats de la méthode alternative de mesure au site témoin T par rapport à ceux de la méthode de référence simulées avec 5000 itérations portant sur les 1260 élevages allaitants de Côte-d'Or (les chiffres en gras correspondent aux discordances entre les deux méthodes)

		RESULTAT DU TEST DE REFERENCE		
		Moyenne ± écart-type Médiane [min ; max]		
		Positif	Douteux	Négatif
RÉSULTAT DU TEST T	Positif	0,09 % ± 0,16 % 0 % [0 % ; 1,5 %]	-	-
	Douteux	<b>99,91 % ± 0,16 %</b> <b>100 %</b> <b>[98,5 % ; 100 %]</b>	86,1 % ± 9,6 % 89,8 % [50 % ; 98,4 %]	<b>55 % ± 18,9 %</b> <b>61,1 %</b> <b>[0 % ; 79,2 %]</b>
	Négatif	-	13,9 % ± 9,6 % <b>10,2 %</b> <b>[1,6 % ; 50 %]</b>	45 % ± 18,9 % 38,9 % [20,8 % ; 100 %]



**Figure 1.** Comparaison des distributions des épaissements de plis de peau, supérieurs à 2 mm (mesurés selon la méthode de référence), de bovins provenant d'élevages de Côte-d'Or indemnes (n = 2281\*), infectés de tuberculose (n = 567\*) et des bovins de l'échantillon étudié (n = 47)

\* Valeurs > 10 mm non représentées (19 pour les élevages indemnes et 6 pour les élevages infectés de tuberculose)

Bien que les bovins appartiennent à des élevages indemnes de tuberculose, les épaissements mesurés selon la méthode de référence pour les réactions non négatives de cet échantillon ne sont pas statistiquement différents ( $p = 0,24$ ) de ceux des bovins d'élevages tuberculeux ou indemnes de Côte-d'Or, pris comme exemple (Figure 1). Une majorité importante des bovins tuberculeux (près de 80 %) ont une réaction douteuse à la tuberculine bovine.

La simulation du protocole T sur les données réelles mesurées en Côte-d'Or lors des opérations de surveillance programmée d'avril 2010 à décembre 2013 a montré des proportions d'erreur par excès et par défaut incompatibles avec les exigences de la lutte (Tableau 2).

## Discussion

Les élevages ont été sélectionnés pour l'étude par les vétérinaires praticiens en fonction d'un risque présumé de réactions non spécifiques plus élevé que dans d'autres élevages indemnes de tuberculose : c'est sans doute la raison pour laquelle la distribution des épaissements dans notre échantillon semble légèrement différente de celle d'une population de bovins indemnes, et, paradoxalement, non différente de celle des bovins d'élevages tuberculeux.

Cette similitude de distribution des épaissements entre les bovins indemnes de notre échantillon et ceux des bovins appartenant à des élevages tuberculeux a rendu possible l'extrapolation de nos résultats à des bovins infectés de tuberculose.

De fait, il apparaît que l'utilisation d'un protocole alternatif (site témoin ou symétrique) est manifestement incompatible avec les exigences de la lutte, en raison de la grande fréquence aussi bien d'erreurs par défaut que par excès par rapport au protocole réglementaire (Note de Service DGAL/SDSPA/2015-803 du 23 septembre 2015). Les erreurs constatées au plan individuel (Tableau 1) sont amplifiées à l'échelle du troupeau (Tableau 2), tout particulièrement avec la mesure effectuée à  $J_3$  sur le site témoin en avant du site d'injection de tuberculine, méthode retenue le plus souvent par les vétérinaires pour des raisons de commodité.

Compte tenu de la forte proportion (près de 80 %) de bovins tuberculeux ayant une réaction douteuse à la tuberculine bovine, seul le respect de l'obligation réglementaire de mesure du pli de peau paraît approprié : les praticiens ne peuvent pas se servir de la taille des réactions pour décider, sur ce critère subjectif, si la réaction est suspecte et justifierait la mesure du pli selon un protocole alternatif.

Malgré le faible nombre de vétérinaires, un effet vétérinaire a été constaté avec la méthode T, et non avec les autres méthodes, ce qui conforte la nécessité du respect d'une méthode réglementaire.

Les résultats de simulations n'ayant porté que sur les élevages de bovins allaitants, ils devraient être confirmés sur d'autres données (élevages laitiers, et départements autres que la Côte-d'Or).

## Conclusion

Le protocole alternatif de mesure du pli de peau ne peut être retenu, en raison de la proportion trop élevée d'erreurs par défaut et par excès.

Par conséquent, seul le procédé de mesure préalable du pli de peau avant injection, conformément à la réglementation, permet de répondre aux exigences de la lutte. Ce qui devrait conduire à une révision de la rémunération des vétérinaires praticiens permettant de fournir une information dont la fiabilité sera à la hauteur des besoins, dans les cas où cette exigence est rendue nécessaire (dépistage ciblé dans le cadre d'une enquête épidémiologique ou d'un contrôle sur une zone à risque).

## Remerciements

FRGTV de Bourgogne (Dr Vet. S. Phillizot) ; GTV des Ardennes (Dr Vet. A. Mayer), DDecPP21. Ce travail a été financé par la DGAL (convention n° 2013-178).

## Références bibliographiques

Lambert O. et Bénet JJ., 2015. Évaluation d'un protocole alternatif de mesure du pli de peau lors de tuberculination chez les bovins. *Épidémiol. et Santé Anim.*, 68, 129-138.

# La tuberculose bovine actuelle est-elle différente de celle qui sévissait autrefois ?

Marianne Bernard, Jean-Jacques Bénét (jean-jacques.benet@vet-alfort.fr)  
Université Paris Est, École nationale vétérinaire d'Alfort, USC ENVA-Anses EpiMAI, Maisons-Alfort, France

## Résumé

L'objectif de ce travail était d'établir des éléments objectifs permettant de comparer la situation actuelle de la tuberculose bovine et celle des années 1980, afin de vérifier la perception des vétérinaires praticiens. Nous avons comparé des données datant des années 1980 conservées en archives à celles d'une enquête nationale (2008) portant sur les foyers de tuberculose bovine déclarés en France entre 2005 et 2007, et à celles de la base de données du département de la Côte-d'Or. Les manifestations de tuberculose standardisées sur la première tuberculination réalisée dans les élevages infectés sont comparables entre les deux époques : faible nombre d'animaux réagissants. La perception des praticiens proviendrait du fait qu'ils ont conservé le souvenir du cumul des bovins détectés au fil des tuberculinations successives.

La comparaison de la taille des réactions entre les deux périodes étudiées montre une nette réduction (médiane passant de 9,6 mm à 3,0 mm). Différentes hypothèses sont avancées pour tenter d'en expliquer la raison. Du fait de la modicité des réactions tuberculiques de nombreux bovins tuberculeux, il est fortement recommandé de respecter l'obligation réglementaire de mesure systématique du pli de peau.

## Mots-clés

Tuberculose bovine, lutte, intradermo-tuberculination, prévalence intra-cheptel

## Abstract

*Is today's bovine tuberculosis different from that in the past?*

*Our objective was to compare present and past situations of bovine tuberculosis in order to verify assertions by veterinary practitioners. We compared archived data from the 1980s to a national survey conducted in 2008 on the outbreaks of bovine tuberculosis (TB) between 2005 and 2007 and to those of TB-infected herds recorded since 2009 in the Côte-d'Or departmental database.*

*Standardised signs of tuberculosis during the first tuberculin test carried out on infected farms are comparable between the two periods, with few reactions. The perception of veterinary practitioners is probably biased by their memory of accumulated detections over successive tuberculin tests.*

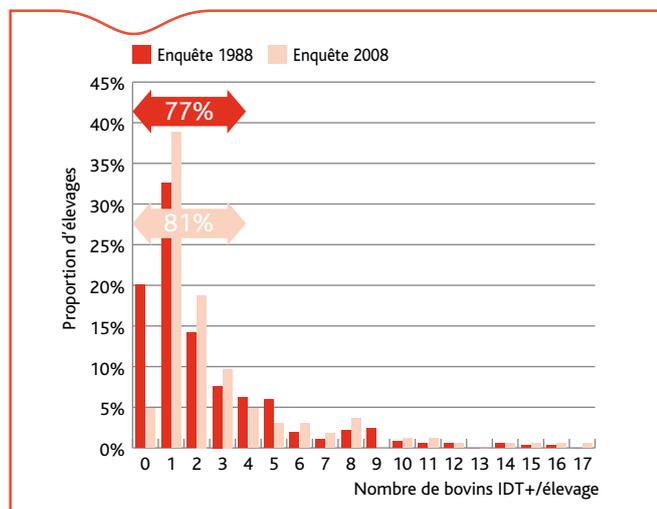
*The size of skin reactions has significantly decreased (the median having dropped from 9.6 mm to 3.0 mm). Various hypotheses are put forward to explain this finding. Due to such mild skin test reactions, it is strongly recommended to measure the skinfold with a calliper, in keeping with European and French regulations.*

## Keywords

*Bovine tuberculosis, Health plan, Skin test, Animal herd prevalence*

De l'avis de nombreux vétérinaires praticiens, la tuberculose bovine sévissant aujourd'hui est bien différente de celle qui sévissait il y a plus de vingt ans : le nombre d'animaux atteints par élevage serait beaucoup plus faible et la taille des réactions aux intradermo-tuberculination (IDT) moins importante.

L'objectif de ce travail (Bernard et Bénét, 2015) était d'établir des éléments objectifs permettant de comparer la situation actuelle et celle dans les années 1980 afin de vérifier l'opinion des vétérinaires praticiens.



**Figure 1.** Distributions des élevages infectés (en %) selon le nombre de bovins ayant donné un résultat positif à une première IDT, en France pour les enquêtes de 1988 (n = 373) et 2008 (n = 165), avec indication de la proportion d'élevages ayant moins de quatre bovins réagissants

## Source de données

Nous avons utilisé les données d'une enquête réalisée en 1988 dans différentes directions départementales des services vétérinaires (Ain, Gers, Haute-Marne, Nord, Puy-de-Dôme, Rhône) et portant sur les élevages infectés de tuberculose bovine l'année précédente (1987), leur historique (1981-1987), les observations éventuelles faites en 1988, leurs antécédents avant 1981, les dates (mois et année) des événements enregistrés. Nous les avons comparées à celles d'une enquête nationale portant sur les foyers de tuberculose bovine déclarés en France entre 2005 et 2007 (du Breil, 2009).

Nous avons comparé les tailles des réactions tuberculiques provenant d'élevages infectés sélectionnés parmi des dossiers soumis à expertise au début des années 1980 ou conservés dans nos archives à celles enregistrées entre 2009 et 2012 dans la base de données du département de la Côte-d'Or pour les cheptels infectés.

## Résultats

La comparaison des manifestations de la tuberculose bovine entre les deux époques montre des différences statistiquement significatives. Mais, si on limite l'observation à la première IDT réalisée dans un élevage afin d'en standardiser les conditions (une seule IDT de nos jours du fait de l'abattage total obligatoire depuis 1999), cette différence disparaît (Figure 1) : les manifestations de tuberculose sont comparables entre les deux époques, la majorité des élevages (de l'ordre de 80 %) ayant un faible nombre d'animaux (de un à trois) réagissant à la tuberculination.

Par conséquent, la perception d'une diminution du nombre de bovins tuberculeux par élevage infecté, que peuvent avoir les praticiens, proviendrait simplement du fait qu'ils ont conservé le souvenir du cumul des bovins détectés au fil des IDT successives. D'un point de vue épidémiologique, on ne peut pas dire qu'il y ait une différence

notable dans les manifestations de la tuberculose dans un élevage, à conditions d'observation comparables.

La comparaison de la taille des réactions allergiques à la tuberculine (Figure 2) montre une nette réduction (médiane passant de 9,6 mm à 3,0 mm), alors que la taille des réactions à la tuberculine aviaire n'a pas changé (Figure 3), ce qui permet d'écartier un biais d'échantillonnage ou de mesure.

## Discussion

Il est difficile d'assurer la comparabilité des données entre deux époques différentes, en raison des nombreux facteurs de changement, par exemple d'ordre démographique et du fait que les dossiers conservés en archives constituent un échantillon de convenance réduisant les possibilités de maîtrise de l'échantillonnage.

En ce qui concerne le nombre de bovins atteints par élevage, le choix de conditions d'observation comparables (première tuberculination) faisant disparaître l'écart constaté sur les données brutes, notre observation de l'absence de différence notable peut être considérée comme valide.

Pour la mesure des plis de peau, on pourrait craindre une sélection qui aurait pu être faite par les vétérinaires des années 1980 en ne rapportant que les réactions qu'ils auraient jugées suffisantes. Mais, le protocole exigeait la mesure systématique de tous les plis de peau: le constat, sur les documents archivés, de résultats négatifs mesurés permet de minimiser ce type de biais.

Si l'on ne peut garantir la valeur exacte de la taille des réactions constatées autrefois, il est certain que les valeurs actuelles sont très faibles, puisque la majorité des bovins (près de 80 %) présentent une réaction douteuse.

La dose de tuberculine injectée à l'époque était plus élevée (5000 UI) qu'actuellement (2000 UI) du fait du volume plus élevé (respectivement 0,2 ml contre 0,1 ml), ainsi que de son titre (resp. 25000 unités internationales, UI, contre 20000 UI). Mais, ces différences ne peuvent suffire à expliquer l'écart observé. En effet, la taille de la réaction suit une loi dose-effet, de la forme (Lucas et Gayot, 1967):

$$y = 1,7_x + 0,81,$$

où y est l'épaississement du pli cutané en mm et x le logarithme du nombre d'UI injecté. Selon cette formule, l'épaississement moyen estimé serait de 7,1 mm pour une dose de 5000 UI et de 6,4 mm pour une dose de 2000 UI, soit un écart de 0,7 mm ou encore une réduction de 10 %, ce qui est très inférieur à l'écart constaté.

Différentes hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer la diminution constatée: inadaptation au terrain du choix de la souche AN 5 pour la préparation de la tuberculine (Smith *et al.*, 2006); inadéquation de la méthode de titrage sur cobaye, espèce dont la typologie des caractéristiques immunologiques, si elle convient à l'espèce humaine, n'est pas adaptée aux bovins (Buddle *et al.*, 2008); dérive antigénique propre aux souches de référence conservées par les laboratoires producteurs de tuberculine (Dufrene *et al.*, 1981); différences significatives d'activité selon les sources de tuberculine (Schiller *et al.*, 2010); sélection sur le terrain de souches de *M. Bovis* donnant de faibles réactions et moins facilement détectables, par élimination des souches plus fortement réactogènes.

## Conclusion

On ne peut pas dire que la tuberculose bovine a changé de visage épidémiologique pour ce qui concerne le nombre de bovins atteints par élevage, qui a été et est toujours faible (un à trois à un instant donné). En revanche, la taille des réactions semble avoir fortement diminué.

Du fait de la modicité actuelle des réactions tuberculiniques de nombreux bovins infectés, il est fortement recommandé de respecter l'obligation réglementaire (note de service DGAL/SDSPA/2015-803 du 23 septembre 2015) de mesure systématique du pli de peau, afin d'éviter tous les biais pouvant résulter d'une lecture subjective préalable à une mesure éventuelle d'un pli de peau.

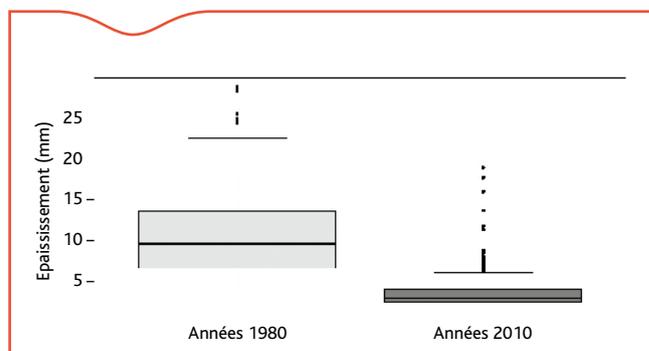


Figure 2. Boîtes à moustaches des épaissements de pli de peau de bovins suite à l'injection de tuberculine bovine normale dans les échantillons historique (1983-1984; n = 177) et récent (Côte-d'Or, 2009-2012, n = 578)

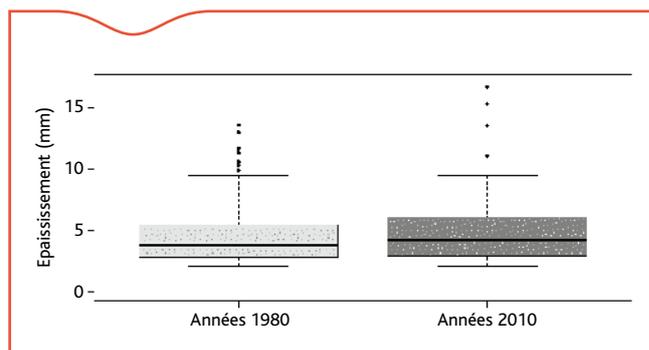


Figure 3. Boîtes à moustaches des épaissements de pli de peau suite à l'injection de tuberculine aviaire pour les bovins à réaction non négative à la tuberculine bovine en élevages tuberculeux, dans les années 1980 (n = 86) et 2009-2012 (n = 76)

## Remerciements

Aux nombreux agents des directions départementales des services vétérinaires (tout particulièrement le Docteur vétérinaire Jean Ruinet, ancien adjoint santé animale du département du Nord) ou des directions départementales en charge de la protection des populations, aux vétérinaires praticiens, aux étudiants vétérinaires français et tunisiens qui ont collecté les données qui ont permis ce travail.

## Références bibliographiques

- Bernard M. et Bénet J.J., 2015. La tuberculose actuelle est-elle différente de celle qui sévissait autrefois? *Épidémiol. et santé anim.*, 68, 77-92.
- Buddle B.M., Denis M., Aldwell F.E., Martin Vordermeier H., Glyn Hewinson R., Neil Wedlock D., 2008. Vaccination of cattle with *Mycobacterium bovis* BCG by a combination of systemic and oral routes. *Tuberculosis*, 88, 595-600.
- du Breil M., 2009. Enquête nationale tuberculose bovine 2005, 2006 et 2007. Rapport de stage de M2 Santé Publique Paris XI et Sciences de la Santé Paris XII, spécialité Surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales, 54 pp.
- Dufrene M., Versmisse V., Augier-Gibory S., Gayot G. et Augier J., 1981. Activité relative de deux dérivés protéiques purifiés de tuberculine bovine - souche AN5 - selon l'état vivant ou inactivé de la souche de sensibilisation des cobayes. *Ann. Rech. Vét.*, 12(4), 397-401.
- Lucas A. et Gayot G., 1967. Pathologie de la production du lait. III. Procédés actuels de dépistage de la tuberculose bovine. Centre national de la recherche scientifique Ed., Paris, 63 pp.
- Note de Service DGAL/SDSPA/2015-803 du 23 septembre 2015 - Tuberculose bovine: Dispositions techniques relatives au dépistage sur animaux vivants [en application de l'arrêté du 15/09/2003, modifié], 27 pp.
- Schiller I., Vordermeier H.M., Waters W.R., Kyburz A., Cagiola M., Whelan A., Palmer M.V., Thacker T.C., Meijlis J., Carter C., Gordon S., Egnuni T., Hardegger R., Marg-Haufe B., Raebler A., Oesch B., 2010. Comparison of tuberculin activity using the interferon- $\gamma$  assay for the diagnosis of bovine tuberculosis. *Vet. Rec.*, 167, 322-326.
- Smith N.H., Gordon S.V., de la Rua-Domenech R., Clifton-Hadley R.S., Hewinson R.G., 2006. Bottlenecks and broomsticks: the molecular evolution of *Mycobacterium bovis*. *Nat. Rev. Microbiol.*, 9, 670-681.

## Brève. Le petit coléoptère des ruches *Aethina tumida* est encore présent en Italie en 2015 *The small hive beetle (Aethina tumida) is still present in Italy in 2015*

Marie-Pierre Chauzat (1,2) (marie-pierre.chauzat@anses.fr), Véronique Duquesne (1), Stéphanie Franco (1), Pascal Hendrikx (2), Magali Ribière-Chabert (1)

(1) Anses, Unité de pathologie de l'abeille, Laboratoire européen de référence pour la santé de l'abeille, Sophia Antipolis, France

(2) Anses, Unité de coordination et d'assistance à la surveillance, Maisons-Alfort, France

**Mots-clés:** Abeille, *Aethina tumida*, Italie, surveillance/**Keywords:** Bee, *Aethina tumida*, Italy, Surveillance

Jusqu'à présent absent sur le territoire européen, la présence d'*Aethina tumida* (petit coléoptère des ruches) a été notifiée dans le Sud de l'Italie en Calabre en septembre 2014 (Palmeri *et al.*, 2014). Ce coléoptère peut se multiplier abondamment dans les colonies infestées où il se nourrit du couvain, du miel et du pain d'abeille. Dans les cas de forte infestation, les cadres des ruches peuvent être très endommagés, entraînant la fermentation et la dégradation complète du miel par les excréments des coléoptères. *A. tumida* peut donner plusieurs générations par an (1 à 6), selon les conditions environnementales (le climat et la composition des sols). La dissémination du petit coléoptère des ruches est favorisée par les mouvements d'abeilles, de colonies, d'essaims, de cire ou de matériel apicole.

Ce premier cas d'infestation en Europe (présence de larves et d'adultes) a été découvert en septembre 2014 dans un rucher de trois colonies situé à proximité d'un important port maritime. Le diagnostic morphologique a été réalisé localement puis confirmé par le Laboratoire national de référence (LNR) italien pour la santé des abeilles et par le Laboratoire de référence de l'Union européenne (LRUE) de l'Anses Sophia-Antipolis au moyen de méthodes moléculaires (Mutinelli *et al.*, 2014a).

Entre le 5 septembre, date de la suspicion et le 23 décembre 2014, 60 foyers d'*A. tumida* ont été détectés en Calabre (57 dans la province de Reggio di Calabria et 3 dans la province avoisinante de Vibo Valentia) ainsi que dans un rucher en Sicile (province de Siracusa) (Figure 1). Des larves ont été observées dans six foyers. Plus de 3 500 colonies ont été détruites par le feu pour tenter d'éradiquer l'infestation.

Début décembre 2014 et début janvier 2015, le LNR et les services vétérinaires italiens ont récolté en Calabre des oranges, des citrons et des kiwis pourris (approximativement 15 kg), des études ayant en effet montré qu'ils pouvaient constituer une ressource alimentaire alternative permettant à *A. tumida* d'accomplir son cycle biologique. Chaque fruit a été examiné attentivement au laboratoire afin de détecter la présence du petit coléoptère des ruches. Aucun adulte et aucune larve d'*A. tumida* n'ont été mis en évidence dans ces fruits. En revanche, des adultes et des larves d'autres coléoptères ont été observés et identifiés morphologiquement. Certaines de ces espèces appartiennent, comme *A. tumida*, à la famille des Nitidulidae, et sont habituellement détectées sur les fruits (Mutellini *et al.*, 2015b in EFSA 2015).

De nombreuses divisions de colonies ont été réalisées au printemps 2015 dans la zone de protection en Calabre (20 km de rayon) pour éviter l'essaimage naturel des colonies, pouvant constituer des réservoirs sauvages de l'agent et faciliter la diffusion du parasite. Dans le cadre de la surveillance, tous les essaims artificiels ont été examinés pour rechercher *A. tumida* et aucun coléoptère n'a été observé. Entre avril et mai 2015, environ 300 essaims sauvages (naturels) ont été collectés en Calabre et examinés. Aucun *A. tumida* n'a été détecté dans ces essaims. Les autorités sanitaires italiennes ont par ailleurs imposé la destruction des colonies de bourdons (*Bombus* spp.) immédiatement après leur utilisation en pollinisation dans les serres de culture fruitière ou maraichère, ces dernières pouvant également jouer le rôle de réservoir pour *A. tumida*. De nombreuses inspections ont également été conduites dans les ruches en Calabre et en Sicile (EFSA, 2015).

En septembre 2015, neuf nouveaux foyers d'infestation par *A. tumida* ont été mis en évidence en Calabre, tous situés à proximité de la zone où le premier cas avait été observé en 2014. Entre le 16 septembre et le 1<sup>er</sup> décembre 2015, 29 foyers ont été détectés, tous localisés en Calabre dans la province de Reggio di Calabria (Figure 2). Le stade larvaire n'a été observé que dans le premier foyer. Cette particularité épidémiologique soulève des questions auxquelles il est difficile de répondre en l'état des connaissances. Toutes les colonies des ruchers atteints ont été détruites par le feu et des opérations de dépistage de l'infestation ont été conduites dans 27 ruchers des zones de protection et de surveillance. Des ruchers sentinelles ont également été mis en

place en Calabre et en Sicile afin d'améliorer la surveillance (EFSA, 2015); quatre *nuclei* sentinelles, présents sur deux sites distincts, se sont révélés infestés dans la zone de protection (Figure 2).

Au total, sur l'ensemble de l'année 2015, 913 ruchers ont été inspectés en Calabre et 442 en Sicile. Entre le 1<sup>er</sup> décembre 2015 et le 29 décembre 2015, aucun nouveau foyer n'a été mis en évidence. Les informations officielles provenant du LNR italien stipulent que dans tous les cas où le petit coléoptère des ruches a été détecté, les mesures de police sanitaire ont été appliquées, à savoir la destruction des colonies par le feu conformément à la réglementation européenne.

Le LNR italien a procédé à un retour d'expérience sur l'utilisation des pièges pour capturer les coléoptères adultes dans les conditions de terrain en Calabre. Après ces deux années de suivi, on constate que les pièges en plastique ondulé placés sur le plancher des ruches (« pièges Schaefer ») n'ont pas permis de capturer efficacement les individus adultes d'*A. tumida*. Les pièges placés entre les cadres se sont révélés plus efficaces. En conséquence, le LRUE pour la santé des abeilles avec le LNR italien et d'autres partenaires européens vont prochainement actualiser le document guide portant sur la surveillance et la détection des cas de petit coléoptère des ruches en Europe.

Si l'absence de détection d'*A. tumida* au cours du premier semestre 2015 en Italie avait permis de nourrir certains espoirs quant au succès de son éradication, l'apparition de nouveaux foyers en septembre 2015 laisse penser que cette éradication ne sera sans doute pas facile et alimente les recherches en matière de saisonnalité et d'épidémiologie sur cette infestation en Europe. Particulièrement, il est nécessaire de conduire des études afin de mieux connaître la dynamique de population du petit coléoptère des ruches dans les conditions italiennes.

### Références bibliographiques

EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), 2015. Scientific opinion on the survival, spread and establishment of the small hive beetle (*Aethina tumida*). EFSA Journal 2015;13(12):4328, 77 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4328.

Mutinelli, F., Montarsi, F., Federico, G., Granato, A., Maroni Ponti, A., Grandinetti, G., Ferry, R., Franco, S., Duquesne, V., Rivière, M-P., Thiéry, R., Hendrikx, P., Ribière-Chabert, M. and M-P. Chauzat. 2015a. Detection of *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae) in Italy: outbreaks and early reaction measures. J Api Res 53, 569-575.

Mutinelli F, Federico G, Carlin S, Montarsi F and Audisio P, 2015b. Preliminary investigation on other Nitidulidae beetles species occurring on rotten fruits in Reggio Calabria province (South west of Italy) infested with Small hive beetle (*Aethina tumida*). J Api Res, 54, in press.

Palmeri, V., Scirto, G., Malacrino, A., Laudani, F. and O. Campolo. 2014. A new pest for European honey bees: first report of *Aethina tumida* Murray (Coleoptera Nitidulidae) in Europe. Apidologie. <http://dx.doi.org/10.1007/s13592-014-0343-9>.

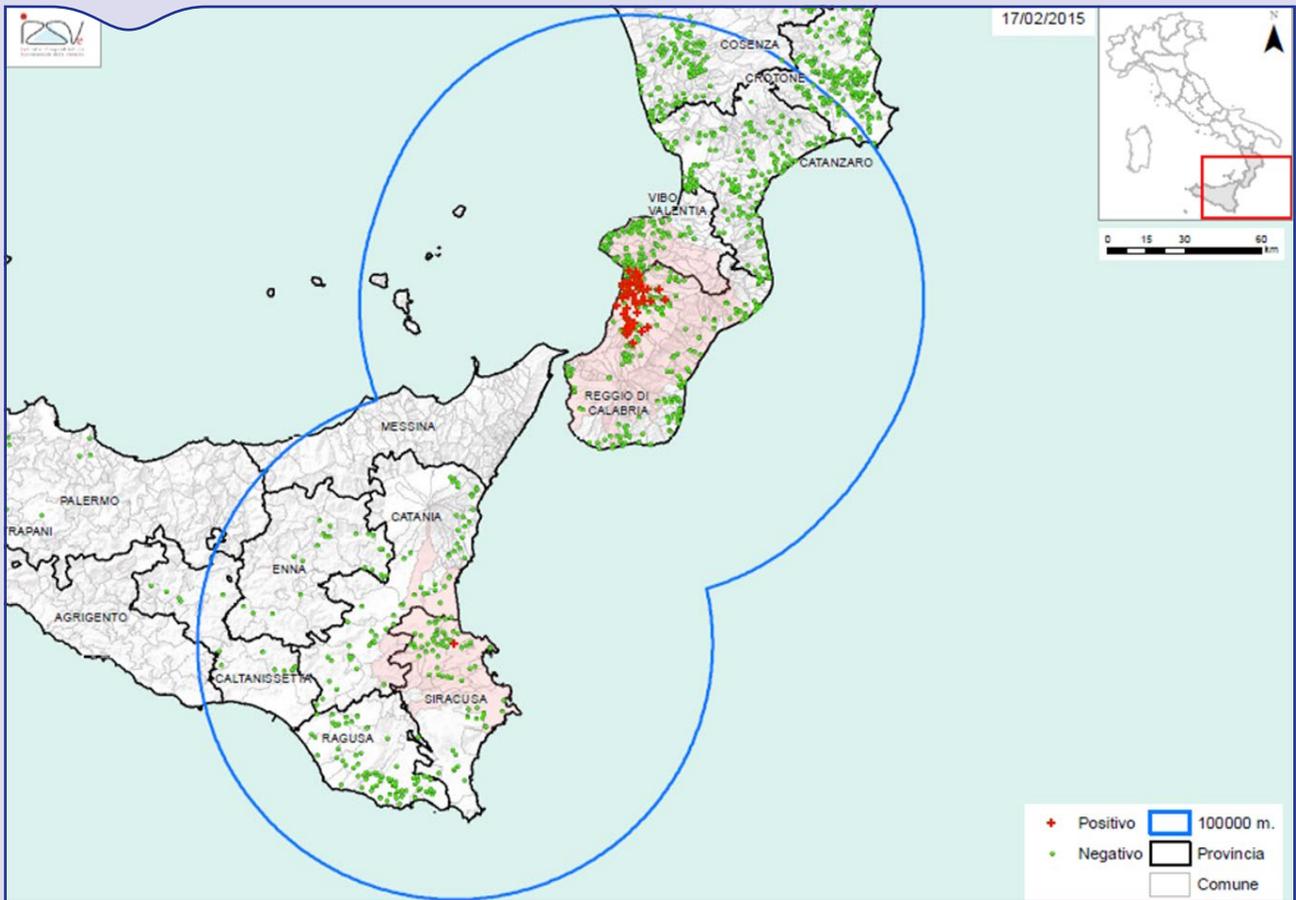


Figure 1. Bilan des foyers d'infestation par *A. tumida* en Italie en 2014 (tous détectés entre le 12 septembre et le 23 décembre 2014) (source IZSve; <http://www.izsvenezie.it/aethina-tumida-in-italia/>)

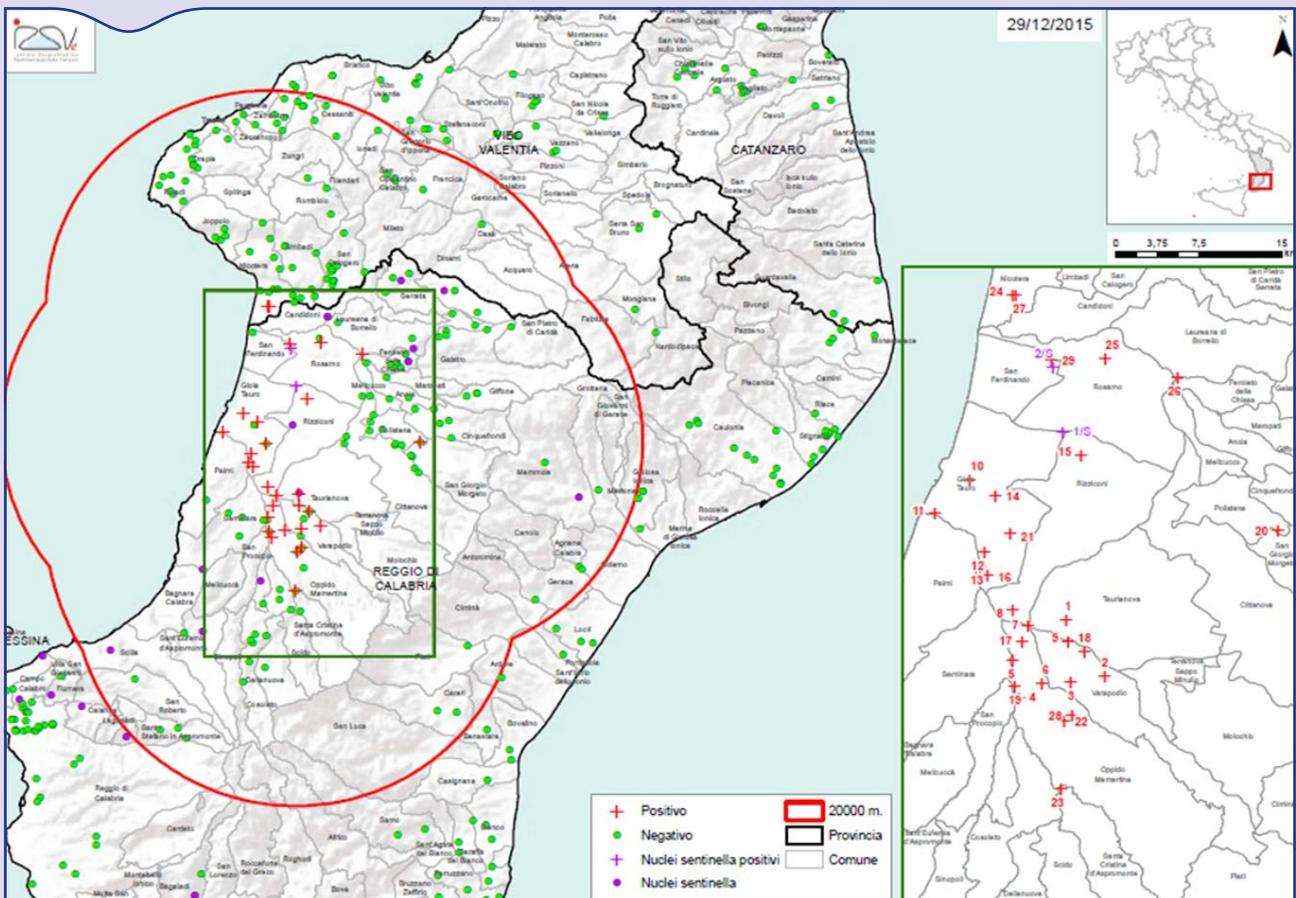


Figure 2. Bilan des foyers d'infestation par *A. tumida* en Italie en 2015 (tous détectés entre le 16 septembre et le 1<sup>er</sup> décembre 2015) (source IZSve; <http://www.izsvenezie.it/aethina-tumida-in-italia/>)

# La maladie à virus Ebola : pathosystèmes forestiers et risques zoonotiques

François Roger (1)(francois.roger@cirad.fr), Martine Peeters (2), Ludovic Plée (3), Mathieu Bourgarel (1,4)

(1) Cirad, Unité de recherche AGIRs, Montpellier, France

(2) Unité mixte internationale UMI233 TransVIHMI, IRD-Inserm U1175, Université de Montpellier, Montpellier, France

(3) FAO, Crisis Management Center - Animal Health, Rome, Italie

(4) Plateforme de recherche RP-PCP, Harare, Zimbabwe

## Résumé

La récente (2014-2016) épidémie de maladie à virus Ebola en Afrique de l'Ouest conduit la communauté scientifique à accentuer ses recherches sur les origines et les probabilités de transmission entre animaux et populations humaines. De nombreuses inconnues subsistent quant aux modes et voies de circulation sylvatique et zoonotique du virus Ebola. Le rôle des chauves-souris et d'autres espèces de mammifères sauvages et domestiques doit être analysé plus précisément dans les divers écosystèmes forestiers africains. Des systèmes de surveillance adaptés au suivi de la faune sauvage sont nécessaires. Enfin, la répartition géographique des différents virus Ebola, les risques de diffusion au niveau régional et international et les modalités de transmission à l'Homme sont à étudier.

## Mots-clés

Ebola, réservoirs sauvages, épidémiologie, écologie, surveillance

## Abstract

### ***Ebola virus disease: forest pathosystems and zoonotic risks***

*The recent Ebola virus epidemic in West Africa (2014-2016) has led the scientific community to focus research on the origins and likelihood of transmission between animals and human populations. Many unknowns remain as to how and by which sylvatic and zoonotic routes the Ebola virus is disseminated. The role of bats and other wild or domestic mammals in the various African forest ecosystems needs to be more precisely analysed. Surveillance systems must be tailored to the monitoring of wildlife. Finally, the geographical distribution of the different Ebola viruses, the risk of the disease spreading at regional and international scales and the transmission route to humans need to be further explored.*

## Keywords

*Ebola, Wildlife reservoirs, Epidemiology, Ecology, Surveillance*

La maladie à virus Ebola (genre *Ebolavirus*, famille *Filoviridae*), auparavant appelée la fièvre hémorragique à virus Ebola, est une zoonose complexe, dont l'histoire naturelle comporte de nombreuses inconnues.

En Afrique centrale des foyers et épidémies très localisées sont régulièrement déclarés depuis 1976, année des deux premiers foyers reconnus au Zaïre (actuellement République démocratique du Congo) et au Soudan. L'épidémie récente en Afrique de l'Ouest a été causée par l'espèce *Zaire* (EBOV). Elle a débuté en Guinée fin 2013 - le cas primaire serait un enfant ayant eu un contact indirect avec des chauves-souris dans le tronc d'un arbre (Marí Saéz *et al.*, 2014) - et s'est ensuite propagée aux pays voisins, le Libéria et la Sierra Leone. Entre le début de l'épidémie et le 18 octobre 2015, 28638 cas confirmés, probables et suspects et 11316 décès ont été recensés (OMS, 17/01/16) dans les trois pays. Actuellement, seule la Sierra Leone est considérée comme infectée avec deux cas déclarés en janvier 2016 (à la date du présent article, 25/01/16). La Guinée et le Liberia ont été déclarés « exempt de transmission du virus Ebola dans la population humaine » respectivement le 29 décembre 2015 et le 14 janvier 2016 (42 jours après le dernier cas déclaré). Des systèmes de surveillance et d'intervention renforcés sont cependant indispensables : des résurgences et réémergences, dues à la persistance du virus chez des survivants même après la guérison sont toujours possibles. La fin de l'épidémie en Afrique de l'Ouest sera déclarée 90 jours après l'arrêt de la transmission dans les pays concernés. Une réémergence à partir d'un réservoir sauvage est également toujours possible.

## Virus et espèces hôtes

Le virus *Zaire* qui a émergé récemment en Afrique de l'Ouest a divergé génétiquement de celui d'Afrique Centrale il y a dix ans seulement et s'est donc retrouvé éloigné de ses points d'émergence recensés au Gabon, en République démocratique du Congo et en République du Congo.

Parmi les cinq virus Ebola connus actuellement – *Zaire*, *Bundunguyo*, *Reston*, *Soudan*, *Tai forest* - seul *Reston*, dont la répartition géographique reste incertaine hors Philippines (Asie du Sud-est insulaire) ne serait pas pathogène pour l'Homme. Les virus *Bundunguyo* et *Soudan* sont

associés à des foyers et épidémies en Afrique centrale et de l'Est, alors que *Tai forest* circule en Afrique de l'Ouest et a eu un impact important sur les populations de chimpanzés (*Pan troglodytes*). De même le virus *Zaire* au Gabon et dans la République du Congo qui est aussi responsable d'épidémies importantes chez les gorilles (*Gorilla gorilla*) et les chimpanzés (*Pan troglodytes*). Hors des régions africaines, un virus proche d'EBOV a été trouvé chez des chauve-souris insectivores en Espagne (Negredo *et al.*, 2011).

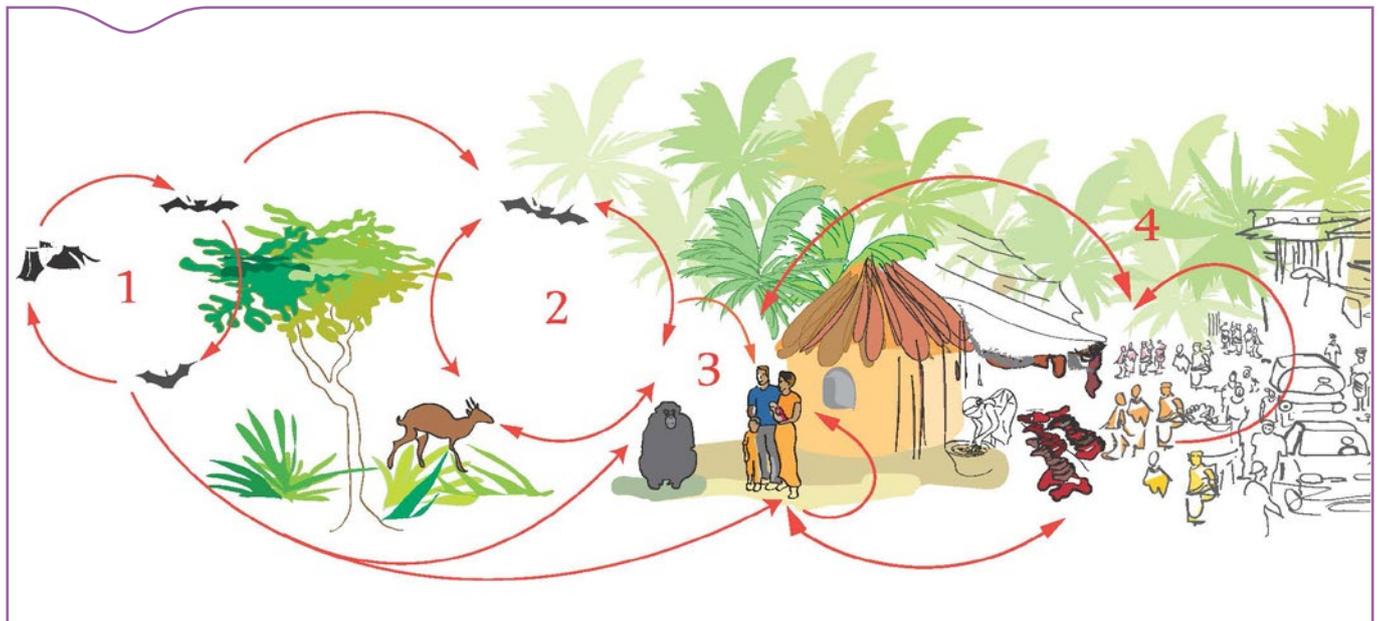
Certaines espèces de chauves-souris frugivores joueraient un rôle dans la circulation à bas bruit du virus (Leroy *et al.*, 2005). On les suspecte d'être les réservoirs naturels (primaires), bien que cela n'ait toujours pas été formellement démontré, et certaines études suspectent aussi l'intervention de chiroptères insectivores. Les primates non humains jouent un rôle d'espèces relais ou amplificatrices assurant une « interface » entre chauve-souris et Homme. D'autres espèces comme certains artiodactyles et carnivores sauvages et domestiques (Weingartl *et al.*, 2013) pourraient également jouer ce rôle.

## Modalités de transmission à l'Homme

Il est actuellement considéré que l'infection primaire humaine par EBOV résulterait de l'exposition à du matériel biologique infecté (sang, tissus, organes; quant aux fèces, trouvés infectés chez certaines espèces de chauves-souris, leur rôle dans la contamination humaine n'a pas été démontré) au moment de la manipulation d'animaux chassés et de la préparation de viandes d'animaux sauvages (primates non humains, chauves-souris ou autres espèces non encore identifiées). La transmission pourrait potentiellement aussi se faire par contact indirect en particulier *via* des fruits souillés par les fluides biologiques de chauves-souris et contaminés par EBOV (Marí Saéz *et al.*, 2014).

Ces risques doivent être si possible quantifiés. La FAO<sup>(1)</sup> (FAO, 2015) a ainsi établi à partir des connaissances actuelles, donc avec beaucoup d'inconnues et d'incertitudes, que les risques de transmission aux populations humaines à partir d'animaux vivants, de produits animaux

(1) Food and Agriculture Organization of the United Nations.



**Figure 1.** Circulation et transmission des virus Ebola dans un socio-écosystème forestier : (1) chauves-souris (2) espèces sauvages (3) contacts entre l'Homme et la faune sauvage (4) communautés humaines.

© D. Guard-Lavastre/Cirad, d'après CDC : <http://www.cdc.gov/vhf/ebola/resources/virus-ecology.html>

(viande), ou d'animaux morts étaient faibles voire très faibles, que ce soit à partir de chauves-souris (*Hypsignathus* spp., *Epomops* spp., *Mops* spp., *Micropteris* spp., *Rousettus* spp. et *Myonycteris* spp.), de primates non humains tels que les gorilles et les chimpanzés ou encore d'autres espèces de mammifères tels que les céphalophes à bande dorsale (*Cephalophus dorsalis*), petite antilope vivant en milieu forestier.

Les hypothèses sur le rôle des espèces domestiques dans la transmission zoonotique restent à vérifier ou infirmer (ECDC-EFSA, 2014; EFSA, 2015a), en particulier pour les porcs (Atherstone *et al.*, 2015) et les carnivores domestiques (Han *et al.*, 2016). Dans son évaluation de janvier 2015, au vu des connaissances actuelles, la FAO considère que dans les zones épidémiques, les animaux domestiques joueraient potentiellement un rôle de vecteurs passifs du virus plutôt que d'excréteurs actifs. La probabilité de transmission à l'Homme à partir d'animaux domestiques serait de très faible à faible pour les chiens, et serait très faible pour les porcs.

La viande de brousse représente jusqu'à 80 % de l'apport en protéines de populations en Afrique centrale. Jusqu'à six millions de tonnes de viande de brousse sont extraites du bassin du Congo chaque année - presque l'équivalent de la production annuelle de viande bovine du Brésil. Globalement, la probabilité de transmission à l'Homme via la manipulation ou la consommation de la viande de brousse est considérée comme très faible. Cependant, sur 25 épidémies de maladie à virus Ebola documentées en 40 ans, neuf sont imputables à la viande de brousse (manipulée, préparée et/ou consommée fraîche). Par ailleurs, si la cuisson à 100°C détruit le virus, les effets stérilisants du salage, du séchage et du fumage de la viande ne sont pas connus même s'ils doivent probablement avoir un effet négatif sur la survie du virus.

## Perspectives

Quel que soit le type de virus Ebola, plusieurs questions sont toujours sans réponse :

- quels sont les mécanismes de transmission inter-espèces et quels rôles jouent les différentes espèces animales impliquées dans l'histoire naturelle de la maladie ?
- comment EBOV est maintenu et transmis chez les chauves-souris et « voyage » à travers le continent africain ?
- quelles sont les voies et fréquences de transmission à l'Homme à partir d'animaux ou de produits d'origine animale ?
- quels sont les poids respectifs des facteurs environnementaux par

rapport aux facteurs sociaux dans les mécanismes d'émergence (EFSA, 2015b) ?

Ainsi, des études sont nécessaires pour mieux comprendre les réservoirs et les vecteurs animaux pour l'EBOV et la circulation de l'EBOV à travers l'Afrique, identifier les zones potentielles d'émergence liées à divers déterminants anthropiques comme la déforestation, la chasse, les exploitations forestières et minières, la croissance démographique, les politiques de conservation, etc. et le changement climatique qui pourrait avoir des impacts indirects: bouleversements écologiques, changement des aires de distribution des espèces animales sauvages, modifications des interfaces animal-Homme, recherche alternative de nourriture par les populations humaines, etc. Ces études peuvent également servir à étudier les risques liés à d'autres *Filoviridae* et virus d'autres familles présents dans les écosystèmes forestiers africains.

Pour pallier les méconnaissances et incertitudes encore majeures sur les cycles et les patrons épidémiologiques de la maladie à virus Ebola, il s'agira plus précisément de :

- mettre en œuvre des projets de recherche en virologie et en éco-épidémiologie en Afrique subsaharienne sur les espèces « conventionnelles » (chauve-souris, primates non-humains, et autres animaux chassés) et non conventionnelles (ruminants, porcs, chiens, etc.). Plus largement, il apparaît nécessaire de renforcer les études virologiques, écologiques et épidémiologiques sur les communautés de chauves-souris en Afrique (Maganga *et al.*, 2014), en Asie du Sud-est (Gay *et al.*, 2014) mais également en Europe à partir d'espèces exotiques (Picard-Meyer *et al.*, 2015) ou endémiques (Negredo *et al.*, 2011); pour cela il est aussi nécessaire de développer des tests sérologiques adaptés aux espèces étudiées, mammifères sauvages et domestiques de différents ordres taxonomiques,
- comprendre d'une part le rôle des déplacements naturels, en particulier les migrations des chauves-souris, et d'autre part assurer le suivi des populations sauvages dans les zones forestières reculées, afin de permettre une détection précoce des phénomènes sanitaires irréguliers chez les primates non humains ou autres espèces sensibles et identifier au plus tôt toute mortalité anormale de ces populations sauvages. La nécessité d'adopter une approche concertée – avec les populations locales – et multidisciplinaire de la surveillance de la santé de la faune est de plus en plus reconnue comme nécessaire (Lawson *et al.*, 2015; FAO, 2015),
- développer les projets sur la viande de brousse en Afrique subsaharienne: l'organisation des filières, les impacts sur la

conservation, l'économie et la sécurité alimentaire, mais également en termes sanitaires et zoonotiques. Ainsi il est nécessaire de réaliser des criblages de virus pathogènes (viromes) sur la viande de brousse. Les analyses rapportées aujourd'hui sur les produits saisis sont essentiellement bactériologiques (Schoder *et al.*, 2015). Un programme international financé par l'Union Européenne - et qui intégrerait un volet sanitaire - est actuellement à l'étude,

- développer la surveillance des échanges internationaux illicites de viandes de brousse (Chaber *et al.*, 2010; Sonricker Hansen *et al.*, 2012) et d'animaux vivants (Rosen and Smith, 2010). Il est ainsi suggéré de renforcer les moyens des douanes, des compagnies aériennes et des autorités aéroportuaires (saisies) pour réduire le commerce légal et illégal, en mettant l'accent sur la sensibilisation en termes de réglementation et d'amélioration de la surveillance et la dissuasion, en particulier lorsque les espèces inscrites à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) sont concernées.

Pour aborder ces questions, des projets sont actuellement mis en œuvre en Afrique subsaharienne par : des institutions de recherche françaises et des consortiums franco-africains (le Centre international de recherches médicales de Franceville (CIRMF) au Gabon, un consortium IRD-Inserm/Cirad avec des partenaires guinéens, camerounais et congolais (République démocratique du Congo)) ; des agences internationales (FAO, OIE<sup>(2)</sup>) et américaines (Emerging Pandemic Threats - Phase 2 (EPT-2) du programme de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID)) ; d'autres instituts européens (Allemagne notamment).

## Conclusion

Même si nous pouvons considérer les transmissions animal-Homme comme des événements rares (Pigott *et al.*, 2014; FAO, 2015), leurs conséquences peuvent néanmoins être désastreuses, étant donné le potentiel de transmission secondaire et le fort taux de létalité. En effet, les transmissions interhumaines, en raison de pratiques sociales à risque, de systèmes de santé inadaptés et inefficaces, peuvent conduire à des épidémies comme celle survenue en 2014-2016 en Afrique de l'Ouest. Dans les pays ayant un système de santé développé, les risques de diffusion interhumaine à partir d'une transmission primaire zoonotique (viande de brousse, animal vivant importés) sont très faibles : les patients infectés par le virus Ebola en Europe (Stephens *et al.*, 2015) sont en effet plus rapidement identifiés et isolés à un stade précoce de la maladie.

## Références bibliographiques

Atherstone, C., Smith, E., Ochungo, P., Roesel, K. and Grace, D., 2015. Assessing the Potential Role of Pigs in the Epidemiology of Ebola Virus in Uganda. *Transbound. Emerg. Dis.* doi: 10.1111/tbed.12394

Chaber, A.L., Allebone-Webb, S., Lignereux, Y., Cunningham, A.A., Marcus Rowcliffe, J., 2010. The scale of illegal meat importation from Africa to Europe via Paris. *Conserv. Letters.* 3(5), 317-321.

ECDC-EFSA, 2014. Risk related to household pets in contact with Ebola cases in humans. *EFSA Journal* 2014;12(12):3930 [12 pp.]. doi: 10.2903/j.efs.2014.3930.

EFSA, 2015a. An update on the risk of transmission of Ebola virus (EBOV) via the food chain – Part 2. *EFSA Journal* 2015;13(3):4042 [17 pp.]. doi: 10.2903/j.efs.2015.4042.

EFSA, 2015b. Drivers for occasional spillover event of Ebola virus *EFSA Journal* 2015;13(6):4161 [46 pp.]. doi: 10.2903/j.efs.2015.4161.

Gay, N., Olival, K. J., Bumrungsri, S., Siriaronrat, B., Bourguarel, M., & Morand, S., 2014. Parasite and viral species richness of Southeast Asian bats: fragmentation of area distribution matters. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 3(2), 161-170.

Han, Z., Bart, S. M., Ruthel, G., Vande Burgt, N.H., Haines, K.M., Volk, S.W., Vite, C.H., Freedman, B.D., Bates, P., Harty, R.N. 2016. Ebola Virus Mediated Infectivity is Restricted in Canine and Feline Cells. *Vet. Microbiol.* 182, 102-106 <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.11.011>

FAO, 2015. Addressing Zaire Ebola virus (EBV) outbreaks. *Rapid Qualitative Exposure and Release Assessment.* Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4364e.pdf>

Lawson, B., Petrovan, S.O., Cunningham, A.A., 2015. Citizen Science and Wildlife Disease Surveillance. *EcoHealth*, 1-10.

Leroy, E.M., Kumulungui, B., Pourrut, X., Rouquet, P., Hassanin, A., Yaba, P., Delicat, A., Paweska, J.T., Gonzalez, J.-P., Swanepoel, R., 2005. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature.* 438: 575–576.

Maganga, G.D., Bourguarel, M., Vallo, P., Dallo, T.D., Ngoagouni, C., Drexler, J.F., Drosten, C., Nakouné, E.R., Leroy, E.M., Morand, S., 2014. Bat Distribution Size or Shape as Determinant of Viral Richness in African Bats. *PLoS One.* 9(6): e100172. doi:10.1371/journal.pone.0100172.

Marí Saéz A, Weiss S, Nowak K, Lapeyre V, Zimmermann F, Dux A, Kühl HS, Kaba M, Regnaut S, Merkel K, Sachse A, Thiesen U, Villányi L, Boesch C, Dabrowski PW, Radonić A, Nitsche A, Leendertz SA, Petterson S, Becker S, Krähling V, Couacy-Hymann E, Akoua-Koffi C, Weber N, Schaade L, Fahr J, Borchert M, Gogarten JF, Calvignac-Spencer S, Leendertz FH., 2014 Investigating the zoonotic origin of the West African Ebola epidemic. *EMBO Mol. Med.* 2014 Dec 30;7(1):17-23. doi: 10.15252/emmm.201404792.

Negredo, A., Palacios, G., Vázquez-Morón, S., González, F., Dopazo, H., Molero, F., Juste, J., Quetglas, J., Savji, N., de la Cruz Martínez, M., Herrera, J.E., Pizarro, M., Hutchison, S.K., Echevarría, J.E., Lipkin, W.I., Tenorio, A., 2011. Discovery of an ebolavirus-like filovirus in Europe. *PLoS Pathog.* 7(10), e1002304.

Picard-Meyer, E., Moutou, F., Croyère, A., Rosières, X., Cliquet, F., 2015. Risques d'introduction de maladies exotiques liés à l'importation de chauves-souris et de leurs produits. *Bull. Epid. Santé Anim. Alim.* 66, 40-43.

Pigott, D.M., Golding, N., Mylne, A., Huang, Z., Henry, A.J., Weiss, D.J., Brady, O.J., Kraemer, M.U., Smith, D.L., Moyes, C.L., Bhatt, S., Gething, P.W., Horby, P.W., Bogoch, I.I., Brownstein, J.S., Mearns, S.R., Tatem, A.J., Khan, K., Hay, S.I., 2014. Mapping the zoonotic niche of Ebola virus disease in Africa. *Elife.* 3, e04395.

Rosen, G. E., Smith, K. F., 2010. Summarizing the evidence on the international trade in illegal wildlife. *EcoHealth.* 7(1), 24-32.

Schoder, D., Strauß, A., Szakmary-Brändle, K., Stessl, B., Schlager, S., Wagner, M., 2015. Prevalence of major foodborne pathogens in food confiscated from air passenger luggage. *Int. J. Food Microbiol.* 209: 3–12.

Sonricker Hansen, A.L., Li, A., Joly, D., Mearns, S., Brownstein, J.S., 2012. Digital Surveillance: A Novel Approach to Monitoring the Illegal Wildlife Trade. *PLoS One.* 7(12): e51156. doi:10.1371/journal.pone.0051156

Stephens, D.S., Ribner, B.S., Gartland, B. D., Feistritzer, N. R., Farley, M.M., Larsen, C.P., Fox, J. T., 2015 Ebola Virus Disease: Experience and Decision Making for the First Patients outside of Africa. *PLoS Med* 12(7): e1001857. doi:10.1371/journal.pmed.1001857

Weingartl, H.M., Nfon, C., Kobinger, G., 2013. Review of Ebola virus infections in domestic animals. *Dev. Biol. (Basel).* 135:211-8. doi: 10.1159/000178495

(2) Organisation mondiale de la santé animale.

## Brève. Fièvre aphteuse au Maroc *Short item. Foot-and-mouth disease in Morocco*

Gina Zanella (gina.zanella@anses.fr), Stéphan Zientara, Labib Bakkali-Kassimi  
Anses, Laboratoire de santé animale, LNR fièvre aphteuse, Maisons-Alfort, France

**Mots-clés: fièvre aphteuse, sérotype O, Maroc/Keywords: Foot-and-mouth disease, Serotype O, Morocco**

Six foyers de fièvre aphteuse ont été détectés au Maroc entre le 23 octobre 2015 et le 21 novembre 2015 dans la région du Centre, dans les provinces de Sidi Bennour (3 foyers), Settât (1 foyer), El Jadida (1 foyer) et Berrechid (1 foyer) (Figure 1). Sur un total de 65 bovins, dix-sept ont présenté des signes cliniques. L'ensemble des bovins ainsi que 101 ovins présents dans les foyers ont été abattus et détruits.

Le génotypage du virus isolé effectué à l'Institut de Pirbright (Laboratoire de référence de l'OIE) a permis d'établir qu'il s'agissait du sérotype O lignage ME-SA/Ind-2001d et qu'il était étroitement lié aux virus responsables des foyers en Algérie et en Tunisie. Le test de concordance vaccinale indiquait que les souches vaccinales O Manisa, O 3039 et O/TUR/5/2009 protégeaient contre la souche isolée au Maroc.

Les mesures de contrôle suivantes ont été appliquées: désinfection des bâtiments, quarantaine, surveillance à l'extérieur de la zone de confinement ou de protection, abattage sanitaire, destruction officielle de tous les produits d'origine animale, destruction officielle des cadavres, des produits dérivés et des déchets, surveillance à l'intérieur de la zone de confinement ou de protection. Une vaccination a eu lieu chez 38917 bovins dans la région du Centre avec un vaccin préparé à partir des souches O Manisa et O 3039.

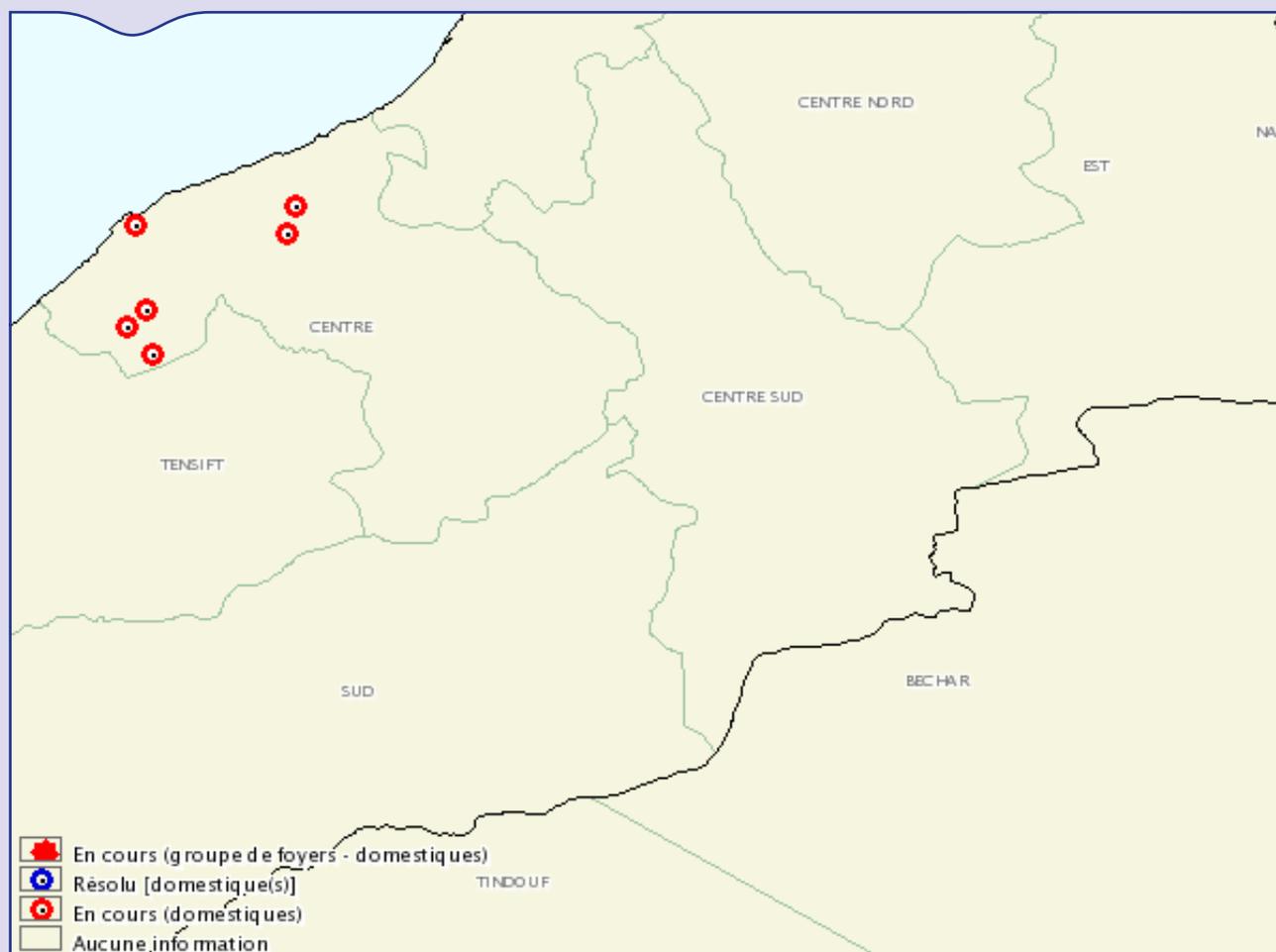
Cet épisode de fièvre aphteuse a été considéré résolu d'après le dernier rapport envoyé à l'OIE le 7 janvier 2016.

Le Maroc n'avait pas connu de foyers de fièvre aphteuse depuis 1999 lorsque la maladie avait également touché l'Algérie et la Tunisie.

L'éradication de la maladie avait alors reposé sur un programme de vaccination des bovins. En 2007, le Maroc avait opté pour l'arrêt de la vaccination et en 2012, il avait obtenu le statut de pays ayant un programme officiel de contrôle de la fièvre aphteuse sans vaccination, validé par l'OIE.

Suite à la réapparition de la fièvre aphteuse en Tunisie (avril-octobre 2014) puis en Algérie (juillet 2014 – avril 2015), le Maroc avait renforcé sa vigilance au niveau national, notamment au niveau des zones frontalières (sensibilisation sur la clinique, renforcement des contrôles aux frontières...). De plus, le Maroc avait relancé en 2014 une campagne de vaccination généralisée des bovins (cheptel estimé à 2,7 millions de têtes) d'août à septembre 2014 en deux étapes (la zone frontalière de l'Algérie puis le reste du territoire). Un rappel de vaccination avait eu lieu en février 2015 et devait être à nouveau mis en place en fin d'année. L'apparition des foyers pourrait être imputée à une insuffisance de la couverture vaccinale ou à l'utilisation d'un vaccin non protecteur. Si le vaccin utilisé lors des campagnes généralisées a été le même que celui utilisé après l'introduction de la maladie (protecteur d'après les essais de laboratoire), l'explication serait plutôt à chercher du côté de l'efficacité de la vaccination: nombre d'animaux effectivement vaccinés, respect des conditions de la chaîne du froid sur le terrain...

L'apparition de la fièvre aphteuse au Maroc nous rappelle une fois de plus le risque réel qu'elle représente. La vigilance accrue de la présence de signes cliniques évocateurs de cette maladie s'impose au niveau national.



**Figure 1. Localisation des six foyers de fièvre aphteuse notifiés par le Maroc en octobre et novembre 2015**

Source: OIE, WAHID interface / Informations hebdomadaires: [http://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page\\_refer=MapFullEventReport&reportid=19472](http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page_refer=MapFullEventReport&reportid=19472) WRLFMD Quarterly Report October to December 2015

**Directeur de publication:** Caroline Gardette  
**Directeur associé:** Patrick Dehaumont  
**Comité de rédaction:** Didier Boisseleau, Anne Brisabois, Corinne Danan, Benoît Durand, Françoise Gauchard, Pascal Hendrikx, Paul Martin, Elisabeth Repérant, Sylvain Traynard  
**Rédacteur en chef:** Didier Calavas  
**Rédactrice en chef adjointe:** Anne Bronner  
**Editeur scientifique:** Julien Cauchard

**Secrétaire de rédaction:** Vera Vavilova-Kant  
**Responsable d'édition:** Fabrice Coutureau  
**Assistante d'édition:** Céline Leterq  
**Webmaster du site du BE:** Julien Vigneron  
**Anses** - [www.anses.fr](http://www.anses.fr)  
14 rue Pierre et Marie Curie  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
**Courriel:** [bulletin.epidemie@anses.fr](mailto:bulletin.epidemie@anses.fr)

**Conception et réalisation:** Parimage  
**Crédits photos:** Anses, Parimage  
**Impression:** Bialec  
65 boulevard d'Austrasie - 54000 Nancy  
**Tirage:** 3 500 exemplaires  
**Dépôt légal à parution/ISSN 1630-8018**

