

# Bulletin épidémiologique Santé animale - alimentation

Janvier 2018

## Représentativité et couverture du Résapath, le réseau d'épidémiosurveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales

Clémence Boireau (1, 2, 3), Nathalie Jarrige (2), Géraldine Cazeau (2), Eric Jouy (4), Marisa Haenni (5), Christelle Philippon (2), Didier Calavas (2), Jean-Yves Madec (5), Agnès Leblond (3), Emilie Gay (2)\*

\*Auteur correspondant: emilie.gay@anses.fr

(1) École nationale des services vétérinaires, VetAgroSup, Marcy l'Étoile, France

(2) Université de Lyon, Anses, Laboratoire de Lyon, Unité Épidémiologie, Lyon, France

(3) Inra, VetAgroSup, UMR EPIA, Epidémiologie des maladies animales et zoonotiques, Université de Lyon, Marcy L'Étoile, France

(4) Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, Unité Mycoplasmodologie-bactériologie, Université Bretagne Loire, Ploufragan, France

(5) Université de Lyon, Anses, Laboratoire de Lyon, Unité Antibiorésistance et virulence bactérienne, Lyon, France

### Résumé

Le Résapath joue un rôle majeur dans la surveillance de l'antibiorésistance en santé animale en France. Consolidé en plusieurs étapes depuis sa création en 1982, ce réseau de surveillance événementielle est basé sur la participation volontaire des laboratoires adhérents qui transmettent les résultats des antibiogrammes qu'ils réalisent pour leurs clients. L'objectif de cette étude était d'estimer la représentativité et la couverture du Résapath par filière animale en 2015. La proportion d'antibiogrammes collectés par le réseau par rapport à l'ensemble des antibiogrammes réalisés sur le territoire national était variable selon les espèces, s'échelonnant de 50 % pour les animaux de compagnie (chiens et chats) à 90 % pour la filière porcine. La couverture géographique du Résapath était globalement en accord avec la répartition géographique estimée des populations animales sur le territoire. Cette étude fournit les éléments pour un développement potentiel du Résapath afin d'assurer une meilleure représentativité des filières et du territoire.

### Mots-clés

Résapath, représentativité, couverture, dispositif de surveillance, antibiogramme, antibiorésistance, France

### Abstract

**Representativeness and coverage of the RESAPATH, the French surveillance network for antimicrobial resistance in pathogenic bacteria of animal origin**  
The RESAPATH plays a major role in antimicrobial resistance surveillance in animal health in France. Consolidated since its creation in 1982, the RESAPATH is a surveillance network based on the voluntary participation of diagnostic laboratories, which transmit the results of the antibiograms performed for their clients. The objective of this study was to assess the representativeness and the coverage of the RESAPATH by animal sector in 2015. The proportion of antibiograms collected by the network compared to all the antibiograms carried out in France varied according to the sector, ranging from 50% for pets (dogs and cats), to 90% for the swine sector. The geographical coverage of the RESAPATH was broadly consistent with the geographical distribution of the estimated animal populations over the territory. This study provides key elements for a potential development of the RESAPATH in order to achieve a better representativeness of the animal sectors as well as the whole territory.

### Keywords:

RESAPATH, Representativeness, Coverage, Surveillance network, Antibiogram, Antimicrobial resistance, France

À sa création en 1982, le réseau d'épidémiologie de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales était uniquement dédié au suivi des résistances chez les bovins et portait à cette époque le nom de Resabo, pour réseau bovin (Botrel et al. 2006). En 2001, le réseau a étendu son périmètre de surveillance aux volailles (poulet, dinde, canard principalement) et aux porcs et a pris alors le nom de Résapath. Six ans plus tard, en 2007, le Résapath s'est déployé encore davantage en incluant la surveillance des résistances chez l'ensemble des espèces animales (ovins, caprins, carnivores domestiques, équins, lapins, poissons, animaux de parcs zoologiques, etc.) (Madec et al. 2012).

À l'instar des dispositifs de suivi existant en santé humaine, le Résapath est un dispositif de surveillance événementielle, qui fonctionne sur la participation volontaire des acteurs de terrain (Toma et al. 2010). Les antibiogrammes proviennent à l'origine d'une demande d'analyse en contexte pathologique par les vétérinaires dans le cadre de leur activité de clientèle. Les résultats d'antibiogrammes anonymisés sont transférés par les laboratoires adhérents au Résapath.

Bien qu'étant le seul dispositif de surveillance de l'antibiorésistance en santé animale en France, le Résapath ne regroupe pas tous les laboratoires français réalisant des antibiogrammes à partir de prélèvements d'animaux. Depuis sa création, le nombre de laboratoires adhérents et par conséquent le nombre d'antibiogrammes collectés par le Résapath ont constamment augmenté. En 2007, le Résapath comptait 51 laboratoires adhérents transmettant près de 13 000 antibiogrammes. En 2015, ce dispositif incluait 74 laboratoires transmettant plus de 40 000 antibiogrammes (Anses 2016).

Malgré cette montée en puissance du dispositif Résapath, il semble important de s'interroger sur la représentativité de la surveillance exercée par le réseau, par espèce et sur le plan géographique (German et al. 2001; Hendrikx et al. 2011; Hoinville et al. 2013). Afin de répondre à ses objectifs de caractérisation de la dynamique d'évolution de l'antibiorésistance, le Résapath devrait couvrir une proportion suffisante et représentative des antibiogrammes réalisés en France en médecine vétérinaire (Berger et al. 2016; Hoinville et al. 2013). La représentativité indique si un système de surveillance décrit avec justesse la survenue d'événements sous surveillance au fil du temps ou à l'échelle spatiale (Keusch et al. 2009). En sus, la couverture, qui indique la proportion de la population incluse dans le système de surveillance, permet d'évaluer l'efficacité et la précision (Berger et al. 2016; Chen et al. 2014; Ely et al. 2012). L'étude présentée vise à répondre à deux objectifs : estimer par filière le ratio entre le nombre d'antibiogrammes réalisés par les laboratoires du Résapath et le nombre total d'antibiogrammes réalisés en médecine vétérinaire en France d'une part et évaluer la couverture géographique du Résapath par rapport aux effectifs d'animaux d'autre part.

## Matériel et méthode

Le nombre d'antibiogrammes réalisés dans les laboratoires d'analyses par filière animale en France a été estimé par questionnement de l'ensemble des laboratoires susceptibles de réaliser des antibiogrammes en santé animale. La période d'étude retenue était l'année 2015 (1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2015), les données de l'année 2016 n'étant pas encore transférées au Résapath par tous les laboratoires adhérents au moment de l'enquête.

La première étape de recherche a consisté à faire l'inventaire des laboratoires d'analyses vétérinaires français en 2015. Les laboratoires ont été recherchés sur plusieurs moteurs de recherche (Yahoo®, Google®) sur internet (mots recherchés : « laboratoire », « analyses », « vétérinaire », « antibiogramme », « santé animale » ou « animaux », en faisant varier les espèces animales et les départements français), dans l'Annuaire Roy (<http://www.lepointveterinaire.fr/roy/consulter.html>), par des discussions avec des professionnels de laboratoires ainsi que des investigations auprès de vétérinaires praticiens. Les

laboratoires identifiés non-adhérents au Résapath ont ensuite été contactés individuellement par mail et/ou par téléphone pour identifier s'ils réalisaient ou non des antibiogrammes.

Pour les laboratoires d'analyses vétérinaires adhérents au réseau, le nombre d'antibiogrammes réalisés en 2015 pour chaque espèce animale a été calculé à partir des données collectées en routine par le réseau (conformément à la charte d'adhésion au Résapath, les laboratoires membres transmettent l'intégralité des résultats des antibiogrammes qu'ils réalisent en contexte pathologique). Parallèlement, les laboratoires d'analyses vétérinaires réalisant des antibiogrammes et non-adhérents au Résapath ont été sollicités pour transmettre ces mêmes informations. L'ensemble des antibiogrammes réalisés par les laboratoires ont été considérés, indépendamment de la méthode d'évaluation de la résistance utilisée.

*In fine*, pour chaque filière animale pour l'année 2015, le rapport entre le nombre d'antibiogrammes recensés par le Résapath et le nombre total estimé d'antibiogrammes réalisés en France métropolitaine a été calculé.

La représentativité s'approche en étudiant la couverture de la population cible par le dispositif de surveillance. La population cible, lorsque l'on s'intéresse à la proportion de souches résistantes, est constituée par la population d'animaux malades présentant une infection bactérienne. Cette population n'étant pas connue, l'hypothèse est faite que les fractions d'animaux malades et de ceux qui font l'objet d'un prélèvement pour antibiogramme parmi ceux-ci sont homogènes par espèce animale sur le territoire national. Sous cette hypothèse, la distribution géographique des animaux par filière a été confrontée à la répartition des lieux des prélèvements ayant fait l'objet des antibiogrammes collectés par le Résapath (ou de la localisation du laboratoire d'analyse par imputation quand le lieu de prélèvement n'était pas disponible). Les données relatives aux populations animales ont été recherchées dans des bases de données publiques et parapubliques (Agreste, Base de Données Nationale d'Identification (BDNI), Institut français du cheval et de l'équitation, France AgriMer) et privées (Chambre syndicale des fabricants d'aliments préparés pour animaux familiaux (Facco), Comité interprofessionnel du canard à rôtir). Les données disponibles les plus récentes ont été utilisées. L'échelle spatiale disponible la plus petite a été retenue pour cartographier ces effectifs. Le nombre d'antibiogrammes collectés par espèce par le Résapath a été calculé pour l'année 2015 à une échelle en concordance avec celle des effectifs populationnels. Les données ont été traitées à l'aide des logiciels Toad for MySQL et Excel. Les cartes ont été construites à l'aide du logiciel R (R Core Team 2016).

## Résultats

Au total, 125 laboratoires d'analyses vétérinaires réalisant potentiellement des antibiogrammes ont été identifiés en France métropolitaine pour l'année 2015. Parmi ces laboratoires, 74 étaient adhérents au Résapath et 51 ne l'étaient pas. Au sein des 74 laboratoires adhérents au Résapath, deux laboratoires n'ont pas transmis de résultats d'antibiogrammes pour l'année 2015. Parmi les 51 laboratoires non-adhérents, 38 réalisaient des antibiogrammes en médecine vétérinaire. Parmi ces 38 laboratoires, 37 ont accepté de communiquer le nombre d'antibiogrammes réalisés par espèce animale en 2015. En définitive, nous disposons des statistiques de 109 laboratoires sur les 112 réalisant des antibiogrammes en France en 2015. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Au total en 2015, la proportion estimée d'antibiogrammes réalisés en médecine vétérinaire et collectés par le Résapath était très élevée en filière porcine (90 %) et plus faible en filières équine (60 %) et avicole (62 %). La proportion calculée la plus faible concernait les animaux de compagnie, chiens et chats : 50 % des antibiogrammes réalisés en France étaient collectés par le Résapath en 2015.

La couverture géographique du Résapath a été mise en regard des effectifs de la population animale pour évaluer sa représentativité (Figure 1). L'imputation des données manquantes concernant les lieux de prélèvements des antibiogrammes a concerné majoritairement les filières porcine (imputation nécessaire pour 50 % des données disponibles) et bovine (imputation pour 14 % des données). La couverture géographique du Résapath était très bonne chez les bovins et les porcs. Chez les chevaux, la couverture était satisfaisante, malgré une sous-représentation dans le Nord, en Auvergne et en Languedoc-Roussillon. Concernant la couverture géographique pour les volailles, elle était bonne avec néanmoins une sous-représentation pour le Centre et la Bourgogne chez l'espèce *Gallus gallus* et une surreprésentation du Sud-Ouest pour les canards. Pour les chiens et les chats (cartes non fournies pour des raisons de confidentialité), la représentativité était également bonne, en dépit d'une surreprésentation en Provence-Alpes-Côte-d'Azur et en région parisienne.

## Discussion

Il s'agit de la première estimation de la représentativité et de la couverture du Résapath, le dispositif de surveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales en France. Cette étude basée sur l'année 2015 a montré que le Résapath couvrait pour toutes les filières considérées au moins la moitié des antibiogrammes réalisés en France, avec des variations de 50 à 90 % selon les différentes filières et espèces animales.

Ces résultats doivent néanmoins être nuancés. La comptabilisation du nombre d'antibiogrammes réalisés par les laboratoires adhérents du Résapath est faite à l'antibiogramme près, grâce au système d'information du réseau. En revanche, les résultats transmis par les laboratoires non-adhérents étaient d'une précision variable, certains transmettant des données à l'antibiogramme près, d'autres fournissant un chiffre approximatif à la dizaine ou à la centaine près. De fait, une incertitude existe autour du nombre d'antibiogrammes réalisés par les laboratoires non-adhérents. En faisant l'hypothèse que tous ces laboratoires ont sous-représenté leurs données de 10 %, la couverture du Résapath varierait entre 48 et 89 %, tandis qu'en supposant une surestimation générale de 10 %, la couverture du réseau s'échelonnerait de 53 à 91 %. En définitive, malgré un biais potentiel imputable à la précision, l'incertitude sur la couverture du réseau reste limitée, d'autant plus que l'hypothèse selon laquelle l'ensemble des laboratoires non-adhérents ait tous systématiquement sur ou sous-estimé les données est peu vraisemblable.

Cette étude s'est intéressée au nombre d'antibiogrammes réalisés par des laboratoires d'analyses vétérinaires, identifiés comme tels. Mais il existe éventuellement d'autres structures réalisant des antibiogrammes en santé animale : les laboratoires de biologie médicale (ils ne sont légalement plus habilités à réaliser des analyses sur des prélèvements d'origine animale depuis 2013, mais le Résapath en comptait toutefois encore un en 2015), certains cabinets et cliniques vétérinaires. Toutefois, le nombre d'antibiogrammes réalisés par ces différentes structures est vraisemblablement marginal voire anecdotique pour la plupart des espèces.

**Tableau 1.** Nombre d'antibiogrammes réalisés par les 72 laboratoires adhérents au Résapath et par les 37 laboratoires vétérinaires non-adhérents ayant fourni leurs nombres d'antibiogrammes réalisés en 2015

	Nombre d'antibiogrammes réalisés (proportion par rapport au total, en %)							
	Total	Bovin	Porc	Volaille	Equin	Chien-Chat	Ovin-Caprin	NAC*
Soumis au Résapath	43 972 (62)	10 402 (70)	3 309 (90)	13 210 (62)	3 480 (60)	9 733 (50)	1 407 (70)	2 431 (67)
Non soumis au Résapath	26 593 (38)	4 534 (30)	361 (10)	8 072 (38)	2 291 (40)	9 557 (50)	588 (30)	1 190 (33)
<b>Total</b>	<b>70 565</b>	<b>14 936</b>	<b>3 670</b>	<b>21 282</b>	<b>5 771</b>	<b>19 290</b>	<b>1 995</b>	<b>3 621</b>

\* Nouveaux animaux de compagnie

La mise en perspective de la couverture géographique du Résapath avec la distribution estimée des populations animales a permis d'approcher la représentativité du Résapath, qui peut être considérée globalement bonne en 2015. Notons toutefois que pour certains laboratoires adhérents au Résapath les lieux de prélèvements des antibiogrammes réalisés n'étaient pas connus et ont dû être imputés à la localisation du laboratoire d'analyse (département ou région). Bien que très vraisemblable en raison des pratiques d'analyse généralement locales et de l'échelle d'étude large choisie (département ou région), cette hypothèse constitue néanmoins une source d'incertitude sur la répartition des antibiogrammes réalisés par le réseau. En sus, pour certaines filières, les données d'effectifs et de répartition des populations animales ont une fiabilité relative pouvant être à l'origine de biais dans l'estimation de la représentativité. La population d'équidés, par exemple, est vraisemblablement surestimée dans les régions à effectifs élevés où toutes les mortalités ne sont pas comptabilisées et le nombre exact de chevaux et leur localisation géographique ne sont pas connus (approximation à partir de la localisation du détenteur). En production de volailles, la distribution des animaux est basée sur des estimations d'effectifs (capacité des bâtiments) et pour les animaux de compagnie la répartition régionale est approchée par sondage.

Il est également vraisemblable que le recours à l'antibiogramme soit hétérogène par filière selon les régions en raison de pratiques vétérinaires ou de spécificités de clientèles ou d'élevage, biaisant potentiellement l'indicateur de représentativité utilisé (rapport entre le nombre d'antibiogrammes et la taille estimée de la population). Par ailleurs, pour les équidés, les chiens et les chats, le lieu de prélèvement pour l'antibiogramme ne correspond pas forcément au lieu de vie de l'animal, les clients se déplaçant potentiellement pour rencontrer des spécialistes (ceci pourrait expliquer la surreprésentation de la région parisienne pour les chiens et les chats par exemple). En outre, la présence d'élevages de volailles de valeur à fort potentiel pourrait influencer sur le recours aux analyses dans les zones géographiques où ils se situent. Il est également envisageable que dans les zones de forte densité animale (en Bretagne pour le porc par exemple) le recours à l'antibiogramme soit plus fréquent en raison d'une densité plus élevée de laboratoires d'analyses.

Dans la littérature, la proportion adéquate de couverture d'un dispositif de surveillance événementielle n'est pas documentée par un seuil fixe et précis, surtout qu'elle est relative à la prévalence de l'événement surveillé. Néanmoins, un taux de couverture proche de 75 % est généralement considéré comme satisfaisant (Berger et al. 2016; Lowndes et Fenton 2004). Aussi pour certaines filières, la couverture du Résapath pourrait-elle être encore étendue.

Menée pour l'année 2015, cette étude mériterait d'être réitérée de façon régulière pour suivre la couverture du Résapath dans un contexte réglementaire et sociétal changeant, pouvant favoriser le développement de nouveaux laboratoires ou bien amener les laboratoires existants à se spécialiser (segmentation d'activités) ou à se regrouper (fusion d'activités). Idéalement, la couverture d'un dispositif de surveillance événementielle devrait être la plus constante possible pour permettre de caractériser les évolutions, détecter les émergences ou les spécificités régionales, et stable au fil du temps

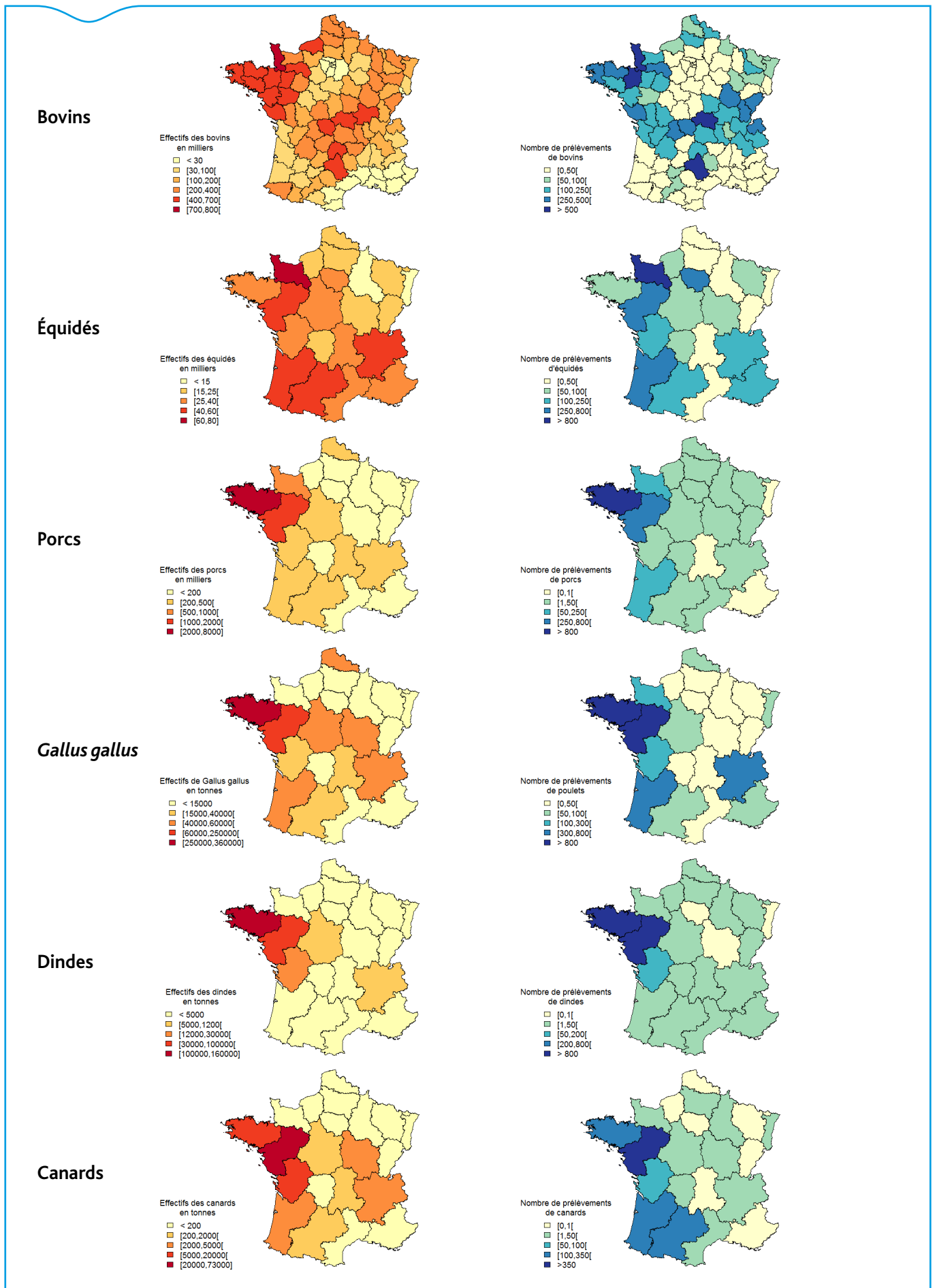


Figure 1. Effectifs d'animaux et nombre d'antibiogrammes collectés par le Résapath en 2015, par filière animale et par département ou région (découpage administratif avant 2015)



pour permettre une interprétation des séries chronologiques (Berger et al. 2016; Chen et al. 2014). Dans cette optique, il serait également nécessaire de compléter la présente étude par une enquête permettant d'identifier les déterminants du recours à l'antibiogramme en France. Elle permettrait de mettre en évidence d'éventuelles différences de pratiques entre secteurs d'activité et régions, mais aussi de confirmer ou d'infirmer la présence de biais dans nos estimations.

## Perspectives

En France, le Résapath a un positionnement central sur les enjeux liés à la résistance aux antibiotiques des principales bactéries pathogènes des animaux et permet de suivre la dynamique d'évolution des résistances, mais l'exhaustivité de la collecte des antibiogrammes réalisés en France n'est pas un objectif. La couverture de ce réseau, qui influe sur sa représentativité, doit être suffisamment large pour permettre d'approcher correctement l'évolution des résistances en santé animale en France. Depuis 2016, le Résapath n'a pas intégré de nouveaux laboratoires en raison de limites matérielles, financières et de personnels. Cette étude met en évidence le potentiel de développement du Résapath et permet d'envisager l'évolution du réseau pour couvrir de manière plus homogène les différentes filières et les différentes régions. Parmi les laboratoires non-adhérents identifiés réalisant des antibiogrammes, plus de la moitié sont sur liste d'attente pour intégrer le réseau. Ainsi, l'expansion du Résapath doit nécessairement être raisonnée en fonction des objectifs propres du réseau et des aides qui pourront être allouées pour soutenir son développement.

## Remerciements

Les auteurs remercient vivement tous les laboratoires d'analyses vétérinaires non-adhérents au Résapath ayant fourni des données pour permettre d'évaluer la couverture du dispositif de surveillance. Nous remercions également les laboratoires adhérents du Résapath pour la transmission de données régulières et leur engagement dans le réseau. Nous remercions enfin les responsables de la Facco et le personnel en charge de la BDNI au Laboratoire de Lyon de l'Anses pour le partage d'information concernant la distribution de la population animale.

## Références bibliographiques

Anonymous. 2016a. Décret n°2016-317 du 16 mars 2016 relatif à la prescription et à la délivrance des médicaments utilisés en médecine vétérinaire contenant une ou plusieurs substances antibiotiques d'importance critique. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/3/16/AGR1515288D/jo/texte>.

Anonymous. 2016b. Arrêté du 18 mars 2016 fixant la liste des antibiotiques d'importance critique.

Anses. 2016. « Résapath Réseau d'épidémiologie de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales - Bilan 2015 » [<https://www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ra-Resapath2015.pdf>]

Belkum, Alex van, et W. Michael Dunne. 2013. « Next-Generation Antimicrobial Susceptibility Testing ». *Journal of Clinical Microbiology* 51 (7): 2018-24. doi:10.1128/JCM.00313-13.

Berger, Nicolas, Gaetan Muyldermans, Yves Dupont, et Sophie Quoilin. 2016. « Assessing the sensitivity and representativeness of the Belgian Sentinel Network of Laboratories using test reimbursement data ». *Archives of Public Health* 74 (août). doi:10.1186/s13690-016-0145-9.

Botrel, Marie-Anne, Myriam Chazel, Danièle Meunier, Eric Jouy, Marylène Kobisch, Jean-Yves Madec, et Didier Calavas. 2006. « Le Résapath : analyse critique et propositions d'amélioration ». *Epidémiologie et Santé Animale* 50: 157-68.

Chen, Hong, David Hailey, Ning Wang, et Ping Yu. 2014. « A Review of Data Quality Assessment Methods for Public Health Information Systems ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11 (5): 5170-5207. doi:10.3390/ijerph110505170.

Ely, E. R., R. E. Nicholson, Snow L. C., B. W. Strugnell, S. M. Williamson, A. S. Milnes, E. N. Watson et L. J. Hoinville. 2012. « Evaluation of methods for measuring coverage and representativeness of an early-warning disease surveillance system ». *Veterinary Record* 171 (17), 423.

German, R. R., L. M. Lee, J. M. Horan, R. L. Milstein, C. A. Pertowski, M. N. Waller, et Guidelines Working Group Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2001. « Updated Guidelines for Evaluating Public Health Surveillance Systems: Recommendations from the Guidelines Working Group ». *MMWR. Recommendations and Reports: Morbidity and Mortality Weekly Report. Recommendations and Reports* 50 (RR-13): 1-35; quiz CE1-7.

Hendriks, P., E. Gay, M. Chazel, F. Moutou, C. Danan, C. Richomme, F. Boue, R. Souillard, F. Gauchard, et B. Dufour. 2011. « OASIS: An Assessment Tool of Epidemiological Surveillance Systems in Animal Health and Food Safety ». *Epidemiology and Infection* 139 (10): 1486-96. doi:10.1017/S0950268811000161.

Hoinville, L. J., L. Alban, J. A. Drewe, J. C. Gibbens, L. Gustafson, B. Häslar, C. Saegerman, M. Salman, et K. D. C. Stärk. 2013. « Proposed Terms and Concepts for Describing and Evaluating Animal-Health Surveillance Systems ». *Preventive Veterinary Medicine* 112 (1-2): 1-12. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.06.006.

Keusch, Gerald T., Marguerite Pappaioanou, Mila C. Gonzalez, Kimberly A. Scott, et Peggy Tsai. 2009. « Achieving an Effective Zoonotic Disease Surveillance System ». In *Achieving an Effective Zoonotic Disease Surveillance System*, 115-64. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK215315/>.

Lowndes, C. M., et K. A. Fenton. 2004. « Surveillance Systems for STIs in the European Union: Facing a Changing Epidemiology ». *Sexually Transmitted Infections* 80 (4): 264-71. doi:10.1136/sti.2004.010389.

Madec, J.-Y., Eric Jouy, Marisa Haenni, Didier Calavas, et E. Gay. 2012. « Le réseau Résapath de surveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes chez les animaux : évolution du réseau et des résistances depuis dix ans ». *Bulletin épidémiologique santé animale et alimentation*, n° 53: 16-20.

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Schwarz, Stefan, Peter Silley, Shabbir Simjee, Neil Woodford, Engeline van Duijkeren, Alan P. Johnson, et Wim Gaastra. 2010. « Assessing the antimicrobial susceptibility of bacteria obtained from animals ». *Veterinary Microbiology* 141 (1-2): 1-4. doi:10.1016/j.vetmic.2009.12.013.

Toma, Bernard, Dufour, Bénét, Sanaa, Shaw, et Moutou. 2010. *Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures*. (3<sup>e</sup> éd.). <http://bibliotheque.vet-alfort.fr/Record.htm?idlist=3&record=19490065124912182479>.