



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



anses





Bulletin épidémiologique


Santé animale - alimentation


2024 / numéro 101


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 et de la Souveraineté alimentaire.


 **ARTICLE 1**
Bilan du diagnostic du botulisme bovin en laboratoire en France en 2022 : 35 foyers confirmés

 **ARTICLE 2**
Émergence de la maladie hémorragique épizootique en France en 2023

 **ARTICLE 3**
Comment l'organisation des acteurs locaux influence-t-elle la surveillance sanitaire ? Modèle pro-curatif vs. modèle pro-préventif

 **ARTICLE 4**
Estimation de la date présumée d'une mortalité massive aiguë d'abeilles à partir de la masse d'un échantillon de cadavres d'abeilles adultes : étude pilote

 **ARTICLE 5**
Évaluation du Plan de surveillance des oléoprotéagineux (PSO) par la méthode OASIS

 **ARTICLE 6**
Filière laitière caprine et ovine dans le Puy-de-Dôme et l'Ain : des caractéristiques favorisant potentiellement la transmission alimentaire du virus de l'encéphalite à tique

Bilan du diagnostic du botulisme bovin en laboratoire en France en 2022 : 35 foyers confirmés

Caroline Le Maréchal¹, Laure Diancourt², Maryvonne Le Men³, Léa Jambou¹, Marie-Hélène Bayon-Auboyer³,
Typhaine Poezevara¹, Marie-Agnès Baudouard³, Sandra Rouxel¹, Mouna Abed-Zahar³, Gauthier Delvallez²,
Nadia Amenna-Bernard³, Marianne Chemaly¹, Christelle Mazuet²

Auteur correspondant : caroline.lemarechal@anses.fr

¹ Anses, laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Hygiène et Qualité de Produits Avicoles et Porcins, LNR botulisme aviaire, Ploufragan, France

² Institut Pasteur, Université Paris Cité, CNR Bactéries anaérobies et Botulisme, Paris, France

³ LABOCEA, site de Ploufragan, Ploufragan, France

Résumé

Le botulisme est une maladie neuroparalytique due à l'action de la toxine botulique produite principalement par *Clostridium botulinum*. Anciennement classé en danger sanitaire de première catégorie, le botulisme fait actuellement partie de la liste provisoire des maladies d'intérêt national. Cette maladie peut entraîner de fortes mortalités et des pertes économiques importantes dans les élevages atteints. Le nombre annuel moyen de foyers de botulisme dans les élevages bovins en France confirmés en laboratoire sur la période 2009-2019 était de dix. En 2022, 35 foyers en élevage bovin ont été confirmés biologiquement. Une augmentation du nombre de foyers confirmés en laboratoire avait déjà été notée en 2020, confirmant une tendance à l'augmentation du nombre de foyers de botulisme bovin en France. Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette augmentation et sont présentées dans cet article.

Mots clés

botulisme, *Clostridium botulinum*, PCR, bovin, diagnostic

Abstract

Title Overview of the diagnosis of cattle botulism outbreaks in laboratories in France in 2022: 35 confirmed outbreaks

Botulism is a neuroparalytic disease due to the action of the botulinum neurotoxin, mainly produced by *Clostridium botulinum*. Previously classified as a "danger sanitaire de première catégorie" according to the French regulation, animal botulism is now part of the temporary list of animal disease of national interest. This disease can induce very high mortality levels and economical losses in affected farms. The average annual number of laboratory-confirmed botulism outbreaks in French cattle farms over the period 2009-2019 was ten. In 2022, 35 outbreaks in cattle farms were biologically confirmed. An increase in the number of laboratory-confirmed outbreaks had already been noted in 2020, confirming a trend towards an increase in the number of outbreaks of bovine botulism in France. Several hypotheses can be put forward to explain this increase, and are presented in this article.

Keywords

botulism, *Clostridium botulinum*, PCR, cattle, diagnosis

Le botulisme est une maladie qui touche à la fois les humains et les animaux. Il se manifeste par une paralysie flasque due à l'action de la toxine botulique, qui empêche le transfert de l'acétylcholine dans la fente synaptique au niveau des neurones entraînant ainsi le blocage de la transmission du message nerveux. Sept toxines différentes, annotées de A à G ont été décrites historiquement dans la littérature ainsi qu'une quarantaine de sous-types (Peck et al. 2017). Ces toxines sont produites par des clostridies, en particulier *Clostridium botulinum* (*C. botulinum*), une bactérie à coloration de Gram positive, ubiquiste, anaérobie stricte et sporulée. Les spores constituent une forme de résistance de la bactérie, capable de survivre et persister jusqu'à plusieurs années dans l'environnement (Notermans, Dufrenne, and Oosterom 1981, Wobeser, Marsden, et MacFarlane 1987). Les toxines principalement impliquées dans les épisodes de botulisme sont les types A, B, E et F chez les humains et les types C, D, C/D et D/C chez les animaux (Anses et al. 2021, Le Bouquin et al. 2022).

Le botulisme est une maladie grave mais rare chez les humains avec une moyenne de 7,5 foyers et 14,5 cas par an en France recensés sur la période 2008-2018 (Le Bouquin et al. 2022). Chez les animaux en France, ce sont principalement les oiseaux (sauvages ou d'élevage) qui sont concernés par le botulisme ainsi que les élevages bovins avec une moyenne sur la période 2009-2019 de 30 foyers par an dans les élevages avicoles, 20 cas par an en avifaune sauvage et dix foyers dans les élevages bovins par an confirmés par le laboratoire national de référence (LNR) pour le botulisme aviaire (Anses, laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort) et le Centre national de référence (CNR) des bactéries anaérobies et botulisme (Institut Pasteur, Paris) (Le Bouquin et al. 2022). Les épisodes de botulisme ont un impact économique majeur dans les élevages atteints du fait du taux de mortalité qui peut être élevé (jusqu'à 100 %), des frais vétérinaires et des éventuelles mesures appliquées au niveau de l'élevage concernant les mouvements des animaux ou la collecte des produits (œufs, lait, etc.).

Cet article présente l'organisation du diagnostic du botulisme bovin en laboratoire en France jusqu'en 2022, puis un bilan des foyers de botulisme bovin diagnostiqués pour l'année 2022 ainsi que les résultats disponibles suite aux investigations épidémiologiques menées dans certains élevages.

Diagnostic du botulisme bovin en France en 2022

Les signes cliniques du botulisme bovin (paralysie flasque ascendante, décubitus latéral, langue pendante, hyper-salivation, dysphagie, ataxie, faiblesse, apathie, pas de fièvre, polypnée, chute de la production de lait) sont évocateurs mais non spécifiques, d'autres pathologies associées à des troubles nerveux rentrent en effet dans le diagnostic différentiel du botulisme. Des analyses en laboratoire sont donc nécessaires pour confirmer le diagnostic posé sur la base des signes cliniques observés sur le terrain par le vétérinaire. Le diagnostic en laboratoire du botulisme animal peut se faire par mise en évidence de la toxine et/ou de la bactérie capable de produire la toxine (Anniballi et al. 2013). Il n'existe pas de texte normatif indiquant la marche à suivre pour détecter les toxines botuliques ou *C. botulinum* dans le cadre du diagnostic du botulisme animal. Les méthodes utilisées en France en 2022 par les trois laboratoires qui ont réalisé ces analyses sont présentées dans la **Figure 1**. La mise en évidence de la toxine botulique se fait par le test de séroneutralisation sur souris par le CNR des bactéries anaérobies et botulisme hébergé à l'Institut Pasteur de Paris. La détection de *C. botulinum* de type C, D, C/D et D/C dans un échantillon se fait dans les trois laboratoires par une étape d'enrichissement, suivie par une extraction d'ADN puis d'une PCR. Le CNR des bactéries anaérobies et botulisme réalise par ailleurs un test supplémentaire de mise en évidence de la toxine dans le bouillon d'enrichissement par le test de létalité sur souris.

Dans cette étude, un foyer est considéré comme confirmé dès lors qu'une des analyses permet de détecter la toxine botulique ou *C. botulinum*.

Détection et identification de la toxine botulique préformée dans l'échantillon

Le CNR des bactéries anaérobies et botulisme recherche la présence de toxines préformées dans l'échantillon de départ via le test de létalité sur souris. Un échantillon de 10 à 30 g est mélangé avec le même volume que le poids pesé de tampon phosphate 50 mM additionné de 0.2 % de gélatine.

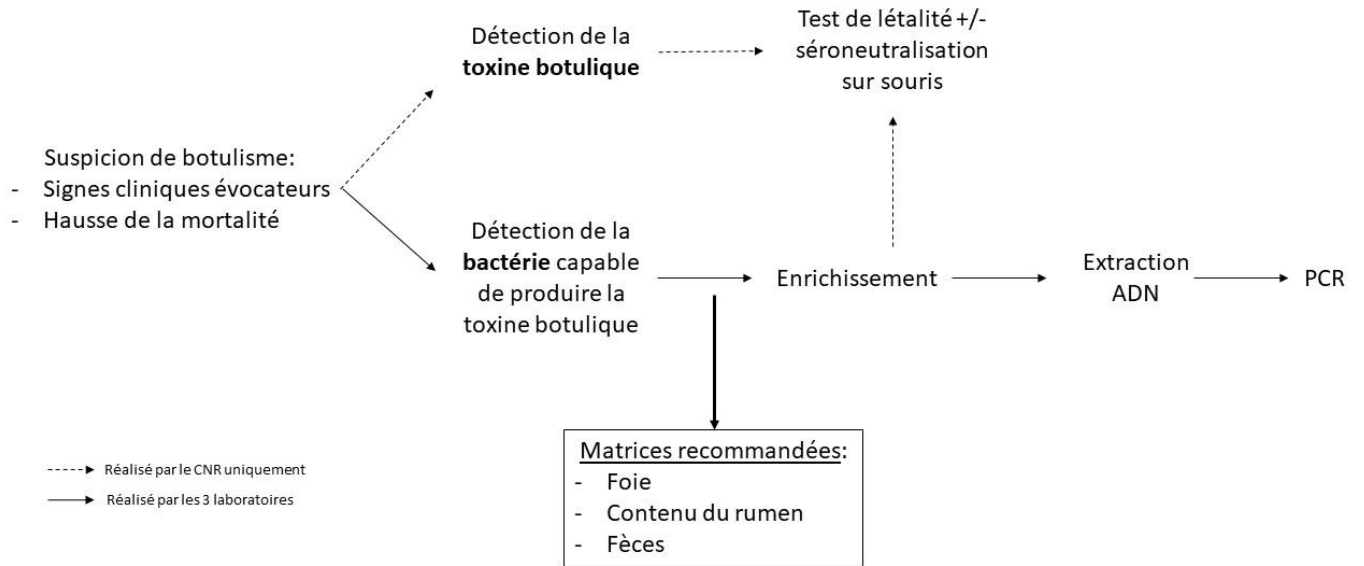


Figure 1. Méthodes utilisées pour détecter la toxine botulique et *Clostridium botulinum* en France par les trois laboratoires dans le cadre du diagnostic du botulisme bovin.

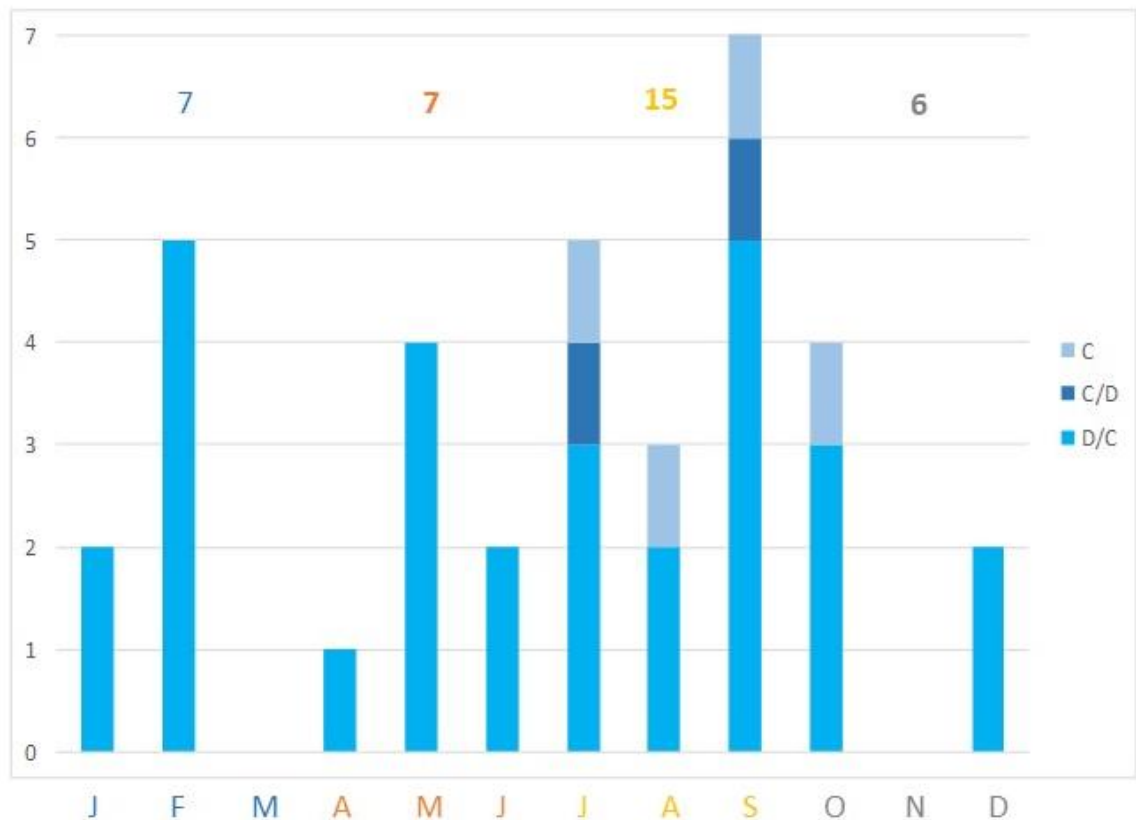


Figure 2. Répartition des foyers de botulisme bovin confirmés en laboratoire en France en 2022 en fonction du mois de l'année (le nombre total de foyers par trimestre est indiqué au-dessus des histogrammes) et du type toxinique détecté

Après centrifugation, 0,5 ml de surnageant filtré est injecté par voie intrapéritonéale à une souris de 16-18 g. L'apparition de signes cliniques de botulisme est surveillée et enregistrée plusieurs fois par jours jusqu'à quatre jours post injection. En cas de mortalité des souris avec des signes de botulisme (difficultés respiratoires, rétrécissement de la ceinture abdominale et paralysie motrice du train postérieur), le type toxinique peut ensuite être identifié via l'injection à des souris de l'extrait préparé tel que décrit précédemment avec des anticorps (sérum anti botulique) neutralisant les toxines botuliques de type C et de type D. Les souris protégées par le bon anticorps ne vont pas présenter de signes cliniques de botulisme et le type toxinique peut donc ainsi être identifié, sans pouvoir préciser s'il s'agit d'une forme mosaïque, les sérums anti-botuliques disponibles au CNR neutralisant indifféremment les toxines botuliques de type C et D/C d'une part, D et C/D d'autre part.

Détection de *C. botulinum* de type C, D, C/D et D/C

Une étude mise en place par le LNR botulisme aviaire en collaboration avec le LABOCEA de Ploufragan entre 2017 et 2020 a permis de sélectionner les matrices (liste des matrices évaluées: contenu de l'anse du grêle, foie, hile du foie, contenu du rumen, vésicule biliaire, fèces, contenu du rectum) à analyser dans le cadre du diagnostic du botulisme bovin pour permettre de détecter *C. botulinum* de type C, D, C/D et D/C par PCR en temps réel après une phase d'enrichissement : le foie, le contenu du rumen et les fèces. L'analyse de ces matrices a été réalisée en parallèle sur la période 2020-2022 par le LNR botulisme aviaire et le LABOCEA de Ploufragan selon deux protocoles d'enrichissement. La première approche consiste à diluer au dixième dans un bouillon non sélectif Tryptone Peptone Glucose Yeast (TPGY) la matrice (foie et contenu du rumen), puis à procéder à l'homogénéisation par Pulsifier pendant quinze secondes et à l'incuber pendant 18 à 24 heures à 37°C en anaérobiose. La seconde approche consiste à diluer au dixième la matrice (foie, contenu du rumen et fèces) dans un bouillon non sélectif Fortified Cooked Meat Medium (FCMM), à incuber pendant dix minutes à 70°C le tube puis pendant 18 à 24 heures à 37°C en anaérobiose. Suite à cette étape d'enrichissement selon les deux modalités précédemment présentées, l'ADN est

extrait à l'aide d'un kit commercial incluant une étape de lyse puis une étape de purification des acides nucléiques sur colonne de silice. Le gène codant la toxine botulique est ensuite détecté par PCR en temps réel selon un protocole adapté de Woudstra et al. 2012 (Woudstra et al. 2012).

La méthode mise en œuvre par le CNR consiste en une dilution au dixième de la matrice dans du bouillon FCMM suivie d'une incubation pendant 48 heures à 37°C en anaérobiose. Suite à cette étape d'enrichissement, l'ADN est extrait et les gènes codant les toxines botuliques détectés par PCR en temps réel (Vanhomwegen et al. 2013). La présence de toxines botuliques dans le surnageant de culture après enrichissement de trois à cinq jours à 37°C est recherchée par le test de létalité sur souris (Lindström et al. 2006).

Bilan des épisodes de botulisme confirmés en France en 2022 dans les élevages bovins

Pour l'année 2022, un total de 35 foyers de botulisme bovin a été confirmé par les analyses menées par les trois laboratoires sur un total de 50 suspicions pour lesquelles des analyses ont été mises en œuvre. La moyenne du nombre de foyers de botulisme bovin sur la période 2009-2019 était de dix par an (Le Bouquin et al. 2022). Une augmentation du nombre d'épisodes avait déjà été notée en 2020 (Le Marechal et al. 2020) avec 21 foyers diagnostiqués en laboratoire et quinze en 2021.

Les types toxiques détectés en 2022 étaient le type D/C (84 %) et dans une moindre mesure les types C (11 %) et C/D (5 %) (Figure 2). Le type D/C est celui majoritairement associé aux épisodes de botulisme bovin, suivi par le type C (Fillo et al. 2021, Woudstra et al. 2012, Le Bouquin et al. 2022); le type C/D est quant à lui rarement détecté dans les foyers de botulisme bovin et en général plutôt associé aux épisodes cliniques de botulisme aviaire.

Des foyers ont été confirmés tout au long de l'année avec un pic de cinq foyers confirmés en février et de sept en septembre (Figure 2). Le nombre de foyers était le plus élevé au 3^{ème} trimestre 2022 mais comme observé précédemment (Le Bouquin et al. 2022), il ne semble pas se détacher un effet saison marqué sur l'occurrence des foyers de botulisme bovin, des foyers étant détectés toute l'année.

Une majorité des foyers est localisée dans le Grand Ouest de la France (**Figure 3**), la Bretagne comptabilisant plus de la moitié des épisodes, comme cela a déjà été rapporté précédemment (Le Bouquin *et al.* 2022). Le Grand Ouest est la principale zone de production laitière et de viande bovine en France, ce qui pourrait contribuer à cette répartition des foyers de botulisme.

Résultats des investigations épidémiologiques

Des analyses complémentaires à partir d'échantillons d'environnement ont été réalisées dans quatorze élevages sur les 35 présentant un résultat confirmé. Pour quatre foyers, aucun des échantillons collectés n'a permis de détecter *C.*

botulinum. Pour les dix autres foyers, impliquant tous *C. botulinum* de type D/C, au moins un échantillon a permis la mise en évidence de *C. botulinum*. Pour sept foyers, des prélèvements réalisés dans un atelier volailles à proximité des bovins (au sein du même élevage ou dans le voisinage) ou au niveau de fumier de volaille lors d'épandages à proximité des bovins se sont révélés positifs pour le *C. botulinum* de type D/C. Pour les trois autres élevages, l'eau d'abreuvement, une pédichiffonnnette dans la case des bovins atteints et un échantillon de la ration se sont révélés positifs. Le rôle des volailles dans les foyers de botulisme bovin est rapporté dans la littérature depuis plusieurs années (Popoff 1989) et reste une voie de contamination importante comme le montre ici les résultats des enquêtes épidémiologiques menées dans les élevages atteints.

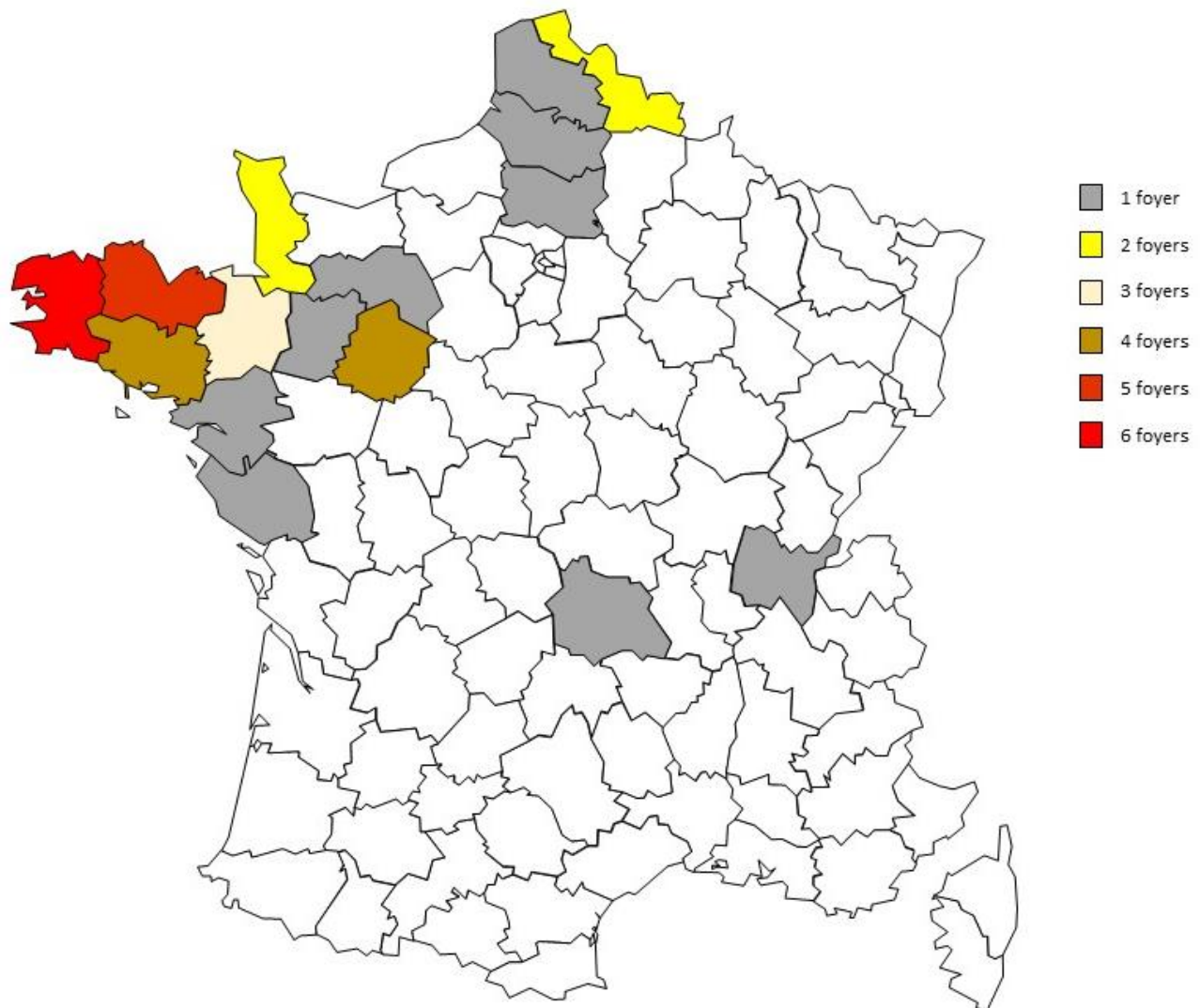


Figure 3. Répartition des foyers de botulisme bovin diagnostiqués en laboratoire en 2022 par département (le nombre de foyers par département est indiqué selon la couleur)

Encadré 1. Evolution de la réglementation sur le botulisme animal en France

Le botulisme animal est réglementé depuis 2006, d'abord classé parmi les maladies réputées contagieuses pour les volailles et à déclaration obligatoire pour les bovins et oiseaux sauvages (décret n°2006-178, 17 février 2006). Le botulisme a ensuite été classé en danger sanitaire de première catégorie en juillet 2013 (arrêté ministériel du 29 juillet 2013) pour toutes les espèces sensibles.

Il ne fait pas partie des maladies réglementées dans le cadre de la Loi de Santé Animale (Règlement (UE) 2016/429 du Parlement Européen et du Conseil du 9 mars 2016) entrée en application depuis 2021 mais fait dorénavant partie de l'annexe II de l'arrêté du 3 mai 2022 qui liste les maladies animales d'intérêt national pour lesquelles des mesures peuvent être mises en place dans un but d'intérêt collectif. Il est prévu que l'annexe II de cet arrêté soit abrogée 18 mois après la publication du décret d'application de l'article L. 201-10 du code rural et de la pêche maritime. Passé ce délai, cette maladie pourra être gérée par les professionnels au moyen

de PSIC (Plan sanitaire d'intérêt collectif) s'ils le souhaitent.

Cette révision de la classification des dangers sanitaires soulève également la question de l'indemnisation des éleveurs en cas de foyer confirmé de botulisme. Depuis 2013, le botulisme chez les ruminants fait partie des maladies pour lesquelles un programme a été mis en place par le Fonds national agricole de Mutualisation Sanitaire et Environnemental (FMSE). La modification de la classification du botulisme au niveau réglementaire entrainera-t-elle une modification du programme au niveau du FMSE ?

Références réglementaires :

Règlement (UE) 2016/429 du Parlement Européen et du Conseil du 9 mars 2016

Arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime.

Discussion et conclusion

Une augmentation du nombre de foyers de botulisme bovin diagnostiqués dans les laboratoires a été observée en 2020 (Le Marechal *et al.* 2020) puis en 2022 en comparaison de la période 2009-2019 (Le Bouquin *et al.* 2022). Les types toxiques détectés en 2022 (D/C, C et C/D) sont similaires à ceux détectés jusqu'à présent dans les épisodes de botulisme bovin avec une majorité d'épisodes de type D/C (Le Bouquin *et al.* 2022, Woudstra *et al.* 2012). Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette augmentation. Premièrement, l'amélioration des outils de diagnostic au niveau des laboratoires pourrait être à l'origine d'une meilleure détection de la bactérie. Une étude a en effet été mise en place pour identifier les prélèvements à collecter (contenu du rumen, foie, fèces) et pour optimiser les conditions d'enrichissement en vue d'améliorer la sensibilité de détection de *C. botulinum* par PCR. L'étude a été menée entre 2017 et 2020 et l'approche actuellement utilisée est en place depuis 2020 dans deux laboratoires, ce qui coïncide avec l'observation de l'augmentation du nombre de cas confirmés et pourrait donc contribuer à cette augmentation observée. Par ailleurs, ce protocole a été diffusé auprès des

professionnels à travers des journées d'animation ou des articles, ce qui a pu aussi contribuer à une sensibilisation des professionnels à cette maladie et aux prélèvements à réaliser pour mettre en évidence la bactérie.

Une seconde hypothèse qui pourrait expliquer cette augmentation des foyers de botulisme bovin pourrait être une augmentation du portage asymptomatique de *C. botulinum* par les volailles. Les volailles, notamment les poulets de chair peuvent en effet être porteurs asymptomatiques de *C. botulinum* (Souillard *et al.* 2021), en particulier de type D/C pour lequel les poulets de chair ne semblent pas sensibles. La prévalence de portage de *C. botulinum* par les volailles et les facteurs de risque associés à ce portage n'ont pas été identifiés pour le moment. Les résultats des enquêtes épidémiologiques menées ces dernières années dans le cadre de foyers de botulisme bovin montrent néanmoins que les volailles, notamment les poulets de chair, constituent un réservoir de contamination importante à l'origine des foyers de botulisme bovin et que la mise en place et l'application des mesures de biosécurité pour prévenir les contaminations croisées entre les ateliers bovins et avicoles est indispensable, que ce soit au sein d'un élevage mixte

ou dans le proche voisinage (Souillard *et al.* 2021). La gestion des litières et fumiers est en particulier un point de vigilance majeur (Souillard *et al.* 2021, Le Marechal *et al.* 2020). Une meilleure connaissance des facteurs à l'origine de la contamination des volailles par *C. botulinum* de type D/C permettrait d'améliorer la prévention de portage et de mieux maîtriser cette voie de contamination des bovins.

Le botulisme aviaire en faune sauvage est une maladie saisonnière, la plupart des cas étant recensée pendant la période estivale (Le Bouquin *et al.* 2022). Une augmentation des températures en lien avec le changement climatique laisse craindre une augmentation du nombre de cas de botulisme aviaire en faune sauvage (Espelund et Klaveness 2014). Bien qu'aucun effet saison n'ait été clairement mis en évidence pour le botulisme bovin (Le Bouquin *et al.* 2022), le nombre maximal de foyers a été rapporté entre juillet et septembre en 2022 et entre fin mai et fin juillet en 2020. Par ailleurs, la figure 2 montre que les foyers de type C et C/D sont retrouvés pendant la période estivale comme c'est le cas pour le botulisme en faune sauvage. L'impact du changement climatique sur l'occurrence du botulisme bovin sera à évaluer et à prendre en compte dans le futur.

Remerciements

Nous tenons à remercier les éleveurs, vétérinaires, laboratoires vétérinaires d'analyses et tous les membres des personnels du LABOCEA, du LNR et du CNR.

Nous remercions la Direction Générale de l'Alimentation, l'Anses, l'Institut Pasteur, Santé Publique France, le conseil départemental des Côtes d'Armor pour leur soutien financier.

Références bibliographiques

Anniballi F., Fiore A.; Löfström C., Skarin H., Auricchio B., Woudstra C., Bano L., Segerman B., Koene M., Båverud V., Hansen T., Fach P., Åberg A. T., Hedeland M., Engvall E. O., De Medici D. 2013. "Management of animal botulism outbreaks: From clinical suspicion to practical countermeasures to prevent or minimize outbreaks." *Biosecurity and Bioterrorism* 11 (SUPPL. 1): S191-S199.

Anses. 2021. *Clostridium botulinum* : mise à jour des connaissances sur les différentes formes des types C, D, mosaïque C/D et D/C et E. (saisines 2019-SA-0112 à 2019-SA-0115). Maisons-Alfort : Anses, 170 p.

Espelund M., Klaveness D. 2014. "Botulism outbreaks in natural environments - an update." *Front Microbiol* 5:287. doi: 10.3389/fmicb.2014.00287.

Fillo S., Giordani F., Tonon E., Drigo I., Anselmo A., Fortunato A., Lista F., Bano L. 2021. "Extensive Genome Exploration of *Clostridium botulinum* Group III Field Strains." *Microorganisms* 9 (11). doi: 10.3390/microorganisms9112347.

Le Bouquin S., Lucas C., Souillard R., Le Maréchal C., Petit K., Kooh P., Jourdan-Da Silva N., Meurens F., Guillier L., Mazuet L. 2022. "Human and animal botulism surveillance in France from 2008 to 2019." *Front Public Health* 10:1003917. doi: 10.3389/fpubh.2022.1003917.

Le Marechal C., Souillard R., Villaggi Y., Kuntz G., Le Bouquin S., Scalabrino A., Ayadi-Akrout K., Mahé F., Thomas S., Chemaly M., Rautureau S. 2020. "Botulisme bovin : importance de la biosécurité pour prévenir les contaminations croisées avec les ateliers de volailles." *Bulletin épidémiologique* novembre.

Notermans S., Dufrenne J., Oosterom J. 1981. "Persistence of *Clostridium botulinum* type B on a cattle farm after an outbreak of botulism." *Appl Environ Microbiol* 41 (1): 179-83. doi: 10.1128/aem.41.1.179-183.1981.

Peck M. W., Smith T. J., Anniballi F., Austin J. W., Bano L., Bradshaw M., Cuervo P., Cheng L. W., Derman Y., Dorner B. G., Fisher A., Hill K. K., Kalb S. R., Korkeala H., Lindström M., Lista F., Lúquez C., Mazuet C., Pirazzini M., Popoff M. R., Rossetto O., Rummel A., Sesardic D., Singh B. R., Stringer S. C. 2017. "Historical Perspectives and Guidelines for Botulinum Neurotoxin Subtype Nomenclature." *Toxins (Basel)* 9 (1). doi: 10.3390/toxins9010038.

Popoff M. R. 1989. "Revue sur l'épidémiologie du botulisme bovin en France et analyse de sa relation avec les élevages de volailles." *Rev Sci Tech* 8 (1):129-145. doi: 10.20506/rst.8.1.404.

Souillard R., Grosjean D., Le Gratiet T., Poezevara T., Rouxel S., Balaine L., Macé S., Martin L., Anniballi F., Chemaly M., Le Bouquin S., Le Maréchal C. 2021. "Asymptomatic Carriage of *C. botulinum* Type D/C in Broiler Flocks as the Source of Contamination of a Massive Botulism Outbreak on a Dairy Cattle Farm." *Front Microbiol* 12:679377. doi: 10.3389/fmicb.2021.679377.

Wobeser G., Marsden S., MacFarlane R. J. 1987. "Occurrence of toxigenic *Clostridium botulinum* type

C in the soil of wetlands in Saskatchewan." *J Wildl Dis* 23 (1):67-76. doi: 10.7589/0090-3558-23.1.67.

Woudstra C., Skarin H., Anniballi F., Fenicia L., Bano L., Drigo I., Koene M., Bâyon-Auboyer M. H., Buffereau J. P., De Medici D., Fach P. 2012.

"Neurotoxin gene profiling of *Clostridium botulinum* types C and D native to different countries within Europe." *Appl Environ Microbiol* 78 (9):3120-7. doi: 10.1128/aem.07568-11.

Pour citer cet article :

Le Maréchal C., Diancourt L., Le Men M., Jambou L., Bayon-Auboyer M. H, Poezevara T., Baudouard M. A, Rouxel S., Abed-Zahar M., Delvallez G., Amenna-Bernard N., Chemaly M., Mazuet C. 2024 « Bilan du diagnostic du botulisme bovin en laboratoire en France en 2022 : 35 foyers confirmés » Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 101 (1) : 1-8.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication : Benoît Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Hélène Amar, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailier, Célia Locquet

Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit Durand, Françoise Gauchard, Guillaume Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition :

Fabrice Coutureau Vicaire

Assistante d'édition :

Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemiologie@anses.fr

Sous dépôt légal : CC BY-NC-ND
ISSN : 1769-7166

Émergence de la maladie hémorragique épizootique en France en 2023

Zientara Stéphan¹, Sailleau Corinne¹, Bréard Emmanuel¹, Vitour Damien¹

Auteur correspondant : stephan.zientara@anses.fr

¹ Anses, Laboratoire de santé animale, UMR Virologie, Maisons-Alfort, France

Résumé

Le virus de la maladie hémorragique épizootique (MHE) transmis par les culicoïdes représente une menace significative pour le cheptel bovin européen. Initialement identifié aux États-Unis en 1955, il s'est propagé à travers le monde, touchant plusieurs continents, y compris l'Europe pour la première fois en 2022. En 2021, une souche de sérotype 8 (EHDV-8) non décrite auparavant a été détectée en Tunisie, puis signalée en Sardaigne, en Sicile et en Andalousie majoritairement chez les bovins. Au cours de l'été 2023, le virus s'est rapidement répandu dans toute la péninsule ibérique, puis au sud de la France.

Au 27 mars 2024 soit un peu plus de cinq mois après les premières détections en France, plus de 4 000 foyers ont été signalés dans 20 départements, mettant en évidence la rapidité de la propagation du virus. L'émergence de la MHE en France en 2023 soulève des préoccupations majeures quant à ses conséquences potentielles sur les ruminants domestiques et la faune sauvage, et souligne l'importance d'une surveillance constante, de stratégies de prévention efficaces et d'une collaboration internationale.

Mots-clés

MHE, France, émergence

Abstract

Emergence of Epizootic Hemorrhagic Disease (EHD) in France in 2023

Epizootic haemorrhagic disease (EHD) virus, transmitted by culicoides represents a significant threat to the European cattle herd. Originally identified in the United States in 1955, it has spread across the world, affecting several continents, including Europe for the first time in 2022. In 2021, a new serotype 8 (EHDV-8) strain was detected in Tunisia, then reported in Sardinia, Sicily and Andalusia mainly in cattle. During summer 2023, the virus spread rapidly throughout the Iberian Peninsula, then to the south of France.

As of March 27, 2024, more than five months after the first detections in France, more than 4,000 outbreaks have been reported in 20 departments, highlighting the speed of the spread of the virus. The emergence of EHD in France in 2023 raises major concerns about its potential consequences on domestic ruminants and wildlife, and highlights the importance of constant surveillance, effective prevention strategies and international collaboration.

Keywords

EHD, France, emergence

Le virus de la maladie hémorragique épizootique (MHE ou, en anglais, *Epizootic Hemorrhagic Disease*, EHD) représente une menace significative pour le cheptel bovin européen. Ce virus, qui appartient à la famille des *Sedoreoviridae* (genre *Orbivirus*), est transmis par des arthropodes hématophages, les culicoïdes. Il a été initialement identifié aux États-Unis en 1955 chez le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), espèce connue la plus sensible à l'infection (taux de létalité pouvant atteindre les 90 %) [1, 2]. Depuis, il s'est propagé à travers le monde, touchant plusieurs continents, y compris l'Europe pour la première fois en 2022 (figure 1). Sept sérotypes distincts (EHDV-1-3, 4 à 8) ont été détectés à ce jour. En 2023, son émergence en France soulève des préoccupations majeures quant à ses conséquences potentielles sur les ruminants domestiques et la faune sauvage. Depuis le début des années 2000, la circulation de plusieurs souches d'EHDV a été rapportée de manière épisodique dans le bassin méditerranéen, avec des signes cliniques parfois importants dans l'espèce bovine. En 2021, une souche d'EHDV-8 non décrite auparavant a été détectée en Tunisie à la suite de l'observation de cas cliniques sévères sur des bovins [3]. En novembre 2022, des foyers de MHE associés à cette souche d'EHDV-8 ont été signalés en Sardaigne, en Sicile et en Andalousie, avec une transmission à des bovins et à un cerf [1, 4]. Les moutons et les camélidés peuvent également être réceptifs / sensibles, bien que souvent asymptomatiques, tandis que les chèvres ne semblent pas développer de virémie [5]. L'impact de la MHE chez les cervidés européens, notamment les cerfs et les chevreuils, reste à déterminer. Le réchauffement climatique, associé à des conditions météorologiques favorables, est suspecté d'avoir contribué à cette première émergence dans les pays du sud de l'Europe. Au cours de l'été 2023, le virus de la MHE s'est rapidement répandu dans toute la péninsule ibérique. En Espagne, chez les bovins, le taux de morbidité moyen dans les élevages infectés est de 6 % (maximum observé 95 %). Les taux de mortalité et de létalité sont respectivement de 0,1 % (maximum 3 %) et 2 % (maximum 100 %). Chez les cervidés captifs, le taux de morbidité moyen dans les réserves infectées est de 48 %, le taux de mortalité de 29 % et le taux de létalité de 71 % (source : Commission européenne ADIS le 18/09/2023).

En septembre 2023, la MHE a été détectée dans le nord de l'Espagne, à quelques kilomètres de la frontière française. Rapidement, trois foyers ont été identifiés dans les départements des Pyrénées-Atlantiques et des Hautes-Pyrénées, marquant la première apparition du virus en France continentale. Au 18 avril 2024 soit un peu plus de six mois après les premières détections en France, plus de 4 270 foyers ont été signalés dans 20 départements, mettant en évidence la rapidité de la propagation du virus (données : Laboratoire national de référence Anses Maisons-Alfort et figure 2).

Les conséquences sanitaires de cette émergence en France chez les bovins sont déjà visibles, avec des taux de morbidité (environ 10 %) et de létalité (environ 1 %) proches de la situation espagnole. La mise en place rapide de trousse diagnostiques par PCR et d'un réseau de 55 laboratoires a permis une réponse efficace pour la confirmation des cas cliniques. Cependant, en l'absence de vaccin disponible, les défis persistent, notamment la nécessité de réglementations strictes pour limiter la propagation. Des zones « régulées » ont été mises en place, avec des restrictions de déplacement et des exigences de test PCR négatif pour la sortie des animaux sensibles hors de ces zones, selon les recommandations de la loi santé animale européenne (règlement délégué 2020/688 modifié). Des accords bilatéraux avec l'Italie et l'Espagne ont par ailleurs été signés. Il est à noter que le moucheron *Culicoides obsoletus* qui est l'un des vecteurs compétents est présent dans toute l'Europe. Alors que l'ampleur de l'épizootie en France est difficile à prédire, les températures élevées persistantes au printemps et en automne pourraient favoriser la reprise et la propagation de cette maladie en 2024. De plus, l'émergence quasi simultanée de plusieurs orbivirus (nouvelles souches de fièvre catarrhale ovine de sérotypes 8 et 3 détectées respectivement dans l'Aveyron et les Pays-Bas au cours de l'été 2023), souligne la complexité croissante de la gestion des maladies vectorielles dans un contexte de changement climatique. En conclusion, l'émergence de la MHE en France en 2023 souligne l'importance d'une surveillance constante, de stratégies de prévention efficaces (notamment le développement de vaccins) et d'une collaboration internationale pour faire face aux défis émergents dans le domaine de la virologie animale.

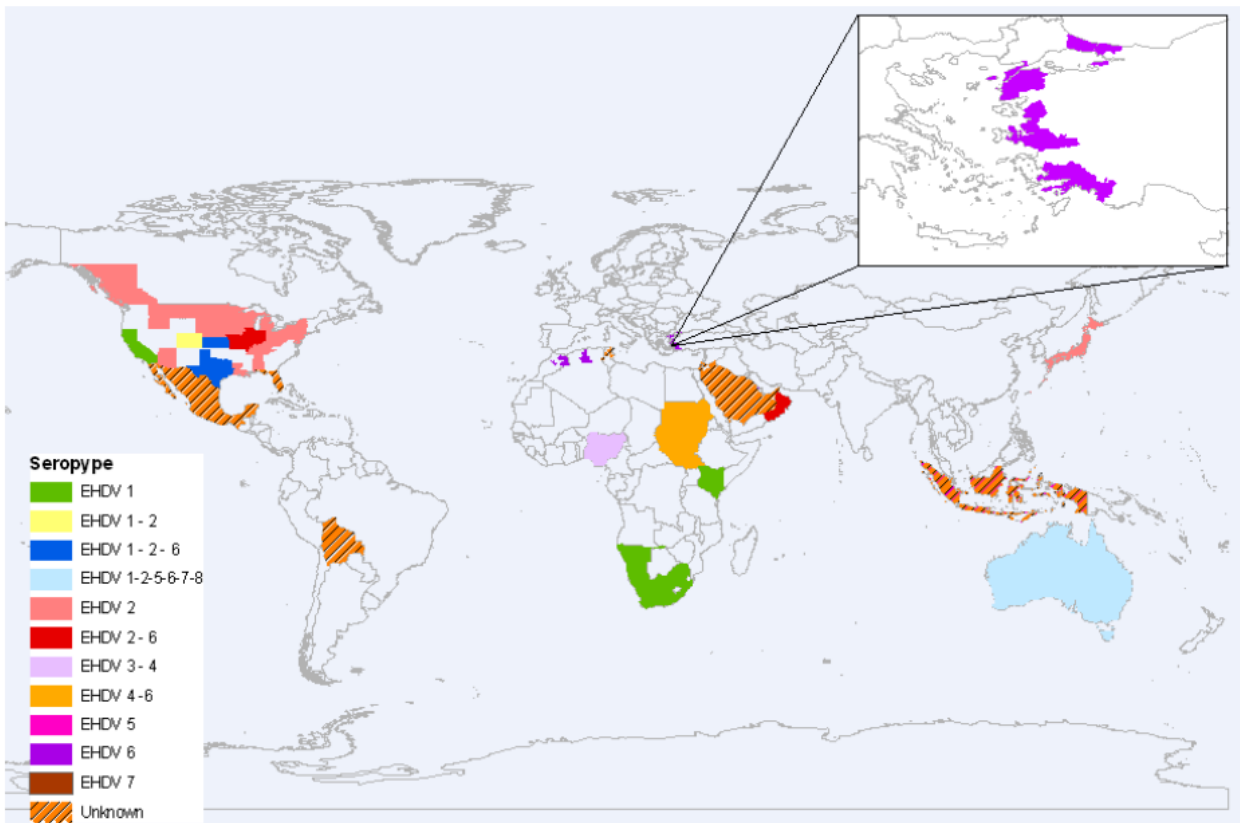


Figure 1. Distribution mondiale de la MHE (EFSA, 2009¹)

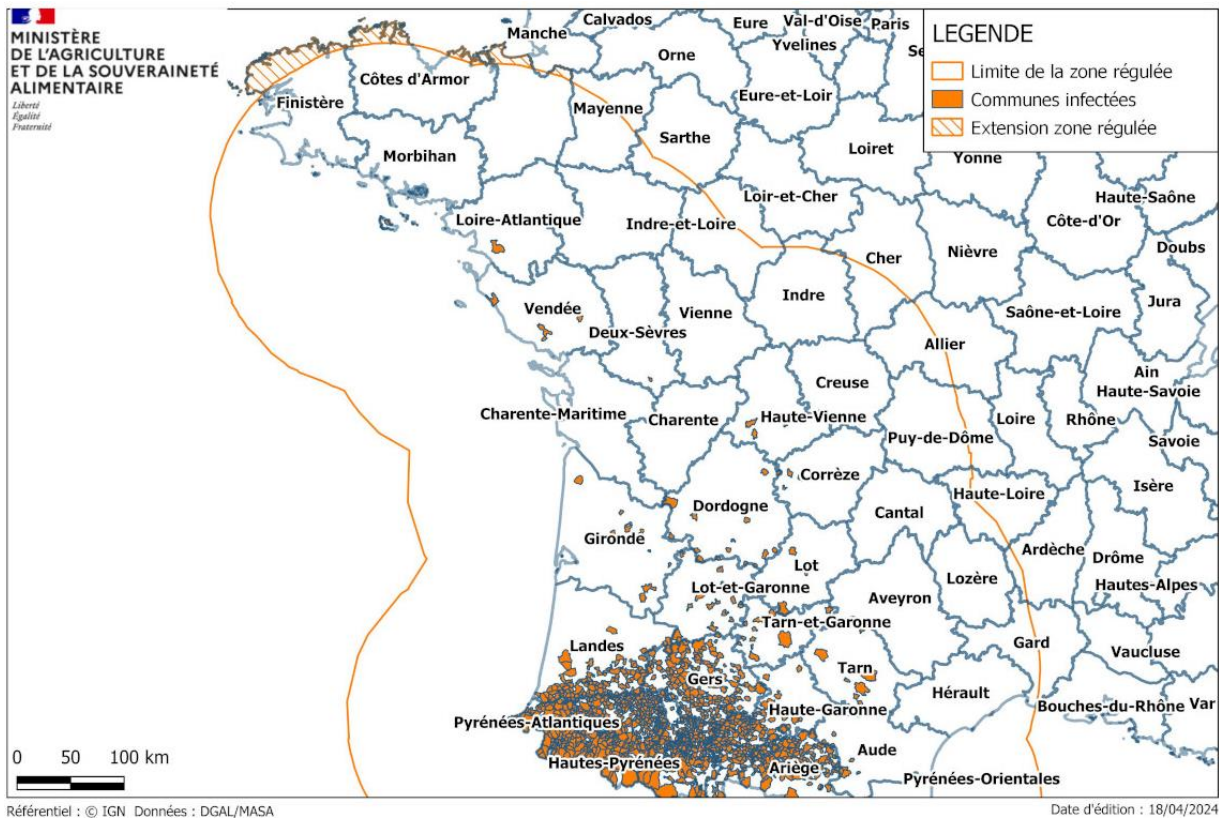


Figure 2 : Cartographie de la zone réglementée (zone tampon) au titre de la MHE à partir des foyers du Sud-Ouest (à la date du 18 avril 2024). Les départements du sud-ouest de la France sont les plus touchés ².

¹ <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1418>

² <https://agriculture.gouv.fr/mhe-la-maladie-hemorragique-epizootique>

Références bibliographiques

Jiménez-Cabello L, Utrilla-Trigo S, Lorenzo G, Ortego J, CalvoPinilla E. 2023. « Epizootic Hemorrhagic Disease Virus: Current Knowledge and Emerging Perspectives ». *Microorganisms* 11 : 1339.

Savini G, Afonso A, Mellor P, Aradaib I, Yadin H, Sanaa M, et al. 2011. « Epizootic heamorrhagic disease ». *Res Vet Sci* ; 91 : 1-17.

Sghaier S, Sailleau C, Marcacci M, Thabet S, Curini V, Ben Hassine T, et al. 2023. « Epizootic

Haemorrhagic Disease Virus Serotype 8 in Tunisia ». *Viruses* 2023 ; 15 : 16.

Lorusso A, Cappai S, Loi F, Pinna L, Ruiu A, Puggioni G, et al. 2023. « Epizootic Hemorrhagic Disease Virus Serotype 8, Italy, 2022 ». *Emerg Infect Dis* 29 : 1063-5.

Spedicato M, Profeta F, Thabet S, Teodori L, Leone A, Portanti O, et al. 2023. « Experimental infection of cattle, sheep, and goats with the newly emerged epizootic hemorrhagic disease virus serotype 8 ». *Vet Ital* doi:10.12834/VetIt.3433.23112.1

Pour citer cet article :

Zientara S., Sailleau C., Bréard E., Vitour D. 2024. « Émergence de la maladie hémorragique épizootique en France en 2023 » *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 101 (2) : 1-4.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication : Benoît Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Hélène Amar, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailler, Célia Locquet

Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit

Durand, Françoise Gauchard, Guillaume

Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie

Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie

Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition :

Fabrice Coutureau Viceaire

Assistante d'édition :

Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemi@anses.fr

Sous dépôt légal : CC BY-NC-ND

ISSN : 1769-7166

Comment l'organisation des acteurs locaux influence-t-elle la surveillance sanitaire ?

Modèle pro-curatif vs. modèle pro-préventif

Sofia Mlala¹, François Dedieu², Didier Calavas¹, Viviane Hénaux¹

Auteur correspondant : viviane.henaux@anses.fr

¹ Université de Lyon - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), Laboratoire de Lyon, unité Epidémiologie et appui à la surveillance, Lyon, France

² Laboratoire interdisciplinaire sciences, innovations et sociétés (Lisis) - Inrae, CNRS, Esiee, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Marne-la-Vallée, France

Résumé

La surveillance événementielle (i.e. la déclaration spontanée aux autorités vétérinaires des suspicions de maladies réglementées) est considérée comme la méthode la plus efficace de détection précoce des foyers de maladie. Néanmoins, des études ont montré que la surveillance événementielle avait une sensibilité limitée du fait d'une sous-déclaration des cas, avec une variabilité entre des départements aux profils d'élevage bovin similaires. Nous avons donc posé l'hypothèse que l'organisation des acteurs de la surveillance dans les départements affectait leur contribution à la surveillance événementielle. Nous avons mené une série d'entretiens semi-directifs avec des acteurs de la surveillance en santé animale dans deux départements. Notre analyse a débouché sur deux modèles socio-économiques : pro-curatif et pro-préventif. Ces modèles ont montré un lien entre le niveau de concurrence subi par les vétérinaires sur la vente de médicaments vétérinaires et la contribution globale des acteurs à la surveillance sanitaire. Nos résultats suggèrent que le modèle pro-préventif contribue davantage à la surveillance que le modèle pro-curatif, car l'information qui y est produite circule plus précocement et largement entre les différents acteurs.

Mots-clés

Bovins, surveillance sanitaire, recherche qualitative, modèle idéal-typique, acteurs sanitaires, France

Abstract

Title: The organization of local actors influences the flow of information for health surveillance: explanation through two socio-economic models

Event-based surveillance (i.e. spontaneous reporting to veterinary authorities of regulated disease suspicions) is considered the most effective method of early detection of disease outbreaks. However, studies have shown that event-based surveillance has limited sensitivity due to under-reporting of cases, with variability between departments with similar cattle farming profiles. We therefore hypothesized that health actor organization in the departments affected their contribution to event-based surveillance. We conducted a series of semi-structured interviews with local animal health surveillance actors in two departments. Our analysis led to two socio-economic models: pro-curative and pro-preventive. These models showed a link between the level of competition experienced by veterinarians on the sale of veterinary drugs and the overall contribution of actors to health surveillance. Our results suggest that the pro-preventive model contributes more to surveillance than the pro-curative model, because the information produced in the pro-preventive configuration corresponds to the needs of surveillance (collective and early information) and circulates more widely between actors.

Keywords

Cattle, health surveillance, qualitative research, ideal-type model, health actors, France

En santé publique vétérinaire, la surveillance événementielle repose sur la déclaration spontanée aux autorités vétérinaires des suspicions de maladies réglementées par les éleveurs et autres acteurs de la production animale. Cette surveillance est considérée comme la méthode la plus efficace pour détecter rapidement les foyers de maladie, et produire des informations épidémiologiques utiles à la prise de décision concernant les stratégies de surveillance et de lutte à mettre en place (FAO, 2011). Cette détection précoce est d'autant plus importante dans le cas d'une maladie zoonotique exotique (i.e. absente du territoire). Néanmoins, la sous-déclaration des cas, inhérente à la surveillance événementielle (Prete, 2008 ; Delabougliose et al., 2016), réduit la capacité du système à détecter rapidement la présence d'animaux infectés.

La déclaration de cas suspects peut avoir de graves conséquences économiques comme l'arrêt immédiat des ventes et des achats de produits et d'animaux de l'élevage. Ces conséquences peuvent dissuader les éleveurs de déclarer les cas dans certaines situations (Prete, 2008). Outre ces conséquences économiques potentielles, il existe également des facteurs techniques et cognitifs qui influencent la déclaration des cas suspects, comme la définition pratique d'une suspicion (celle adoptée par les acteurs de terrain), qui peut différer de la définition réglementaire dans certains cas, ou la perception qu'ont les éleveurs et les vétérinaires du risque d'infection par une maladie réglementée (Bronner et al., 2014).

En ce qui concerne la déclaration des avortements, considérés comme des cas suspects de brucellose chez les bovins, il a été montré que le niveau de sous-déclaration varie d'un département à l'autre, même entre les départements ayant des profils de production bovine similaires (Bronner et al., 2015). Cela soulève l'hypothèse selon laquelle des facteurs - autres que techniques et cognitifs - influencent la propension des éleveurs et des vétérinaires à déclarer des suspicions de maladie à l'échelle départementale. En effet, les types d'organisation entre acteurs peuvent différer d'un département à l'autre, indépendamment du profil de l'élevage bovin. Par ailleurs, des études sociologiques ont montré, en production animale comme dans d'autres domaines, que les facteurs sociologiques influencent fortement la « genèse de la connaissance et de l'ignorance » par l'Administration et les systèmes de surveillance (Carpenter, 2010 ; Dedieu et al., 2015) ; c'est-à-dire le fait que l'information soit produite ou non, et plus ou moins diffusée au sein du réseau d'acteurs.

Cette étude visait à comprendre comment les jeux de pouvoir, au sein du réseau institutionnel d'un système de surveillance sanitaire, façonnent la production et la diffusion d'informations en santé animale, au niveau départemental. Nous avons mené une enquête sociologique dans deux départements, avec trois objectifs : 1) déterminer les formes d'organisation des acteurs impliqués dans la surveillance sanitaire bovine ; 2) identifier la nature des informations échangées dans chaque forme d'organisation ; 3) comprendre comment l'interdépendance des acteurs influençait leurs décisions en matière de surveillance sanitaire.

Méthode

Ce travail s'est appuyé sur la méthodologie et les outils conceptuels de la sociologie des organisations, qui place au cœur de son intérêt les jeux de pouvoir auxquels se livrent des acteurs placés en situation d'interdépendance (Friedberg, 1997). Les acteurs jouent ainsi avec les paramètres du système organisationnel dans lequel ils sont insérés, afin d'atteindre ou de maintenir une position de pouvoir dans le réseau d'acteurs. Les jeux de pouvoir se stabilisent d'une manière particulière selon le contexte pour former un système d'action, ou « ordre local ». En s'appuyant sur ce cadre d'analyse, nous avons cherché à comprendre comment les jeux de pouvoir s'étaient stabilisés, et à reconstruire les ordres locaux du réseau d'acteurs impliqués dans la surveillance sanitaire bovine dans les deux départements d'étude.

Nous avons sélectionné deux départements ayant des profils d'élevage similaires et une efficacité de communication *a priori* contrastée pour la surveillance. Le taux de déclaration des avortements a été utilisé comme proxy du niveau de transmission des informations sanitaires. Notre sélection s'est basée sur une typologie des troupeaux de bovins (Sala et al., 2019) et sur les données disponibles dans les systèmes d'information du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – la Base de données nationale d'identification des bovins (BDNI) concernant les effectifs des troupeaux, et la base de données nationale du domaine vétérinaire (Sigal) concernant les déclarations d'avortements. Les deux départements (A et B) de l'étude avaient en 2015 et 2016 un profil de production mixte : chacun comptait une proportion équivalente d'élevages laitiers et allaitants, avec un effectif global de l'ordre de 3 500 à 4 000 élevages, tous types de production confondus. Les élevages avaient un nombre moyen de femelles adultes (i.e. 24 mois et plus) compris entre 52 et 77. Le taux de déclaration des avortements a été calculé comme le rapport du

nombre d'avortements déclarés sur le nombre total de femelles adultes du département en 2013. Le département A se caractérisait par un plus faible taux (annuel) de déclaration des avortements (0,52 %) et le département B par un taux de déclaration plus élevé (1,05 %), sachant que le taux moyen de déclaration au niveau national était de 0,56 %.

Nous avons mené en 2018 une série de 36 entretiens semi-directifs dans les deux départements, avec les acteurs locaux de la surveillance en santé animale : éleveurs de bovins, vétérinaires ruraux, représentants d'organisations d'éleveurs et de vétérinaires, laboratoires vétérinaires, services vétérinaires départementaux et conseils départementaux (Encadré 1). En partant des informations collectées sur le terrain, nous avons construit des « modèles idéal-typiques » (Weber, 1965) pour extraire les concepts des faits. L'idéal-type est un outil analytique utilisé pour simplifier des mécanismes sociaux afin de

progressivement mettre en évidence un « ordre local ».

Résultats

Description des flux d'information entre acteurs de la surveillance

Le réseau départemental de surveillance sanitaire bovine est composé de deux catégories d'acteurs : 1) les acteurs sanitaires qui incluent les éleveurs, les vétérinaires ruraux (simplement appelés « vétérinaires » par la suite), le groupement de défense sanitaire (GDS), la direction départementale (de la cohésion sociale et) de la protection des populations (DD(CS)PP), les laboratoires d'analyses vétérinaires, départemental et privés, et 2) les acteurs périphériques parmi lesquels les organisations professionnelles agricoles (OPA), le conseil départemental et la chambre d'Agriculture (figure 1).

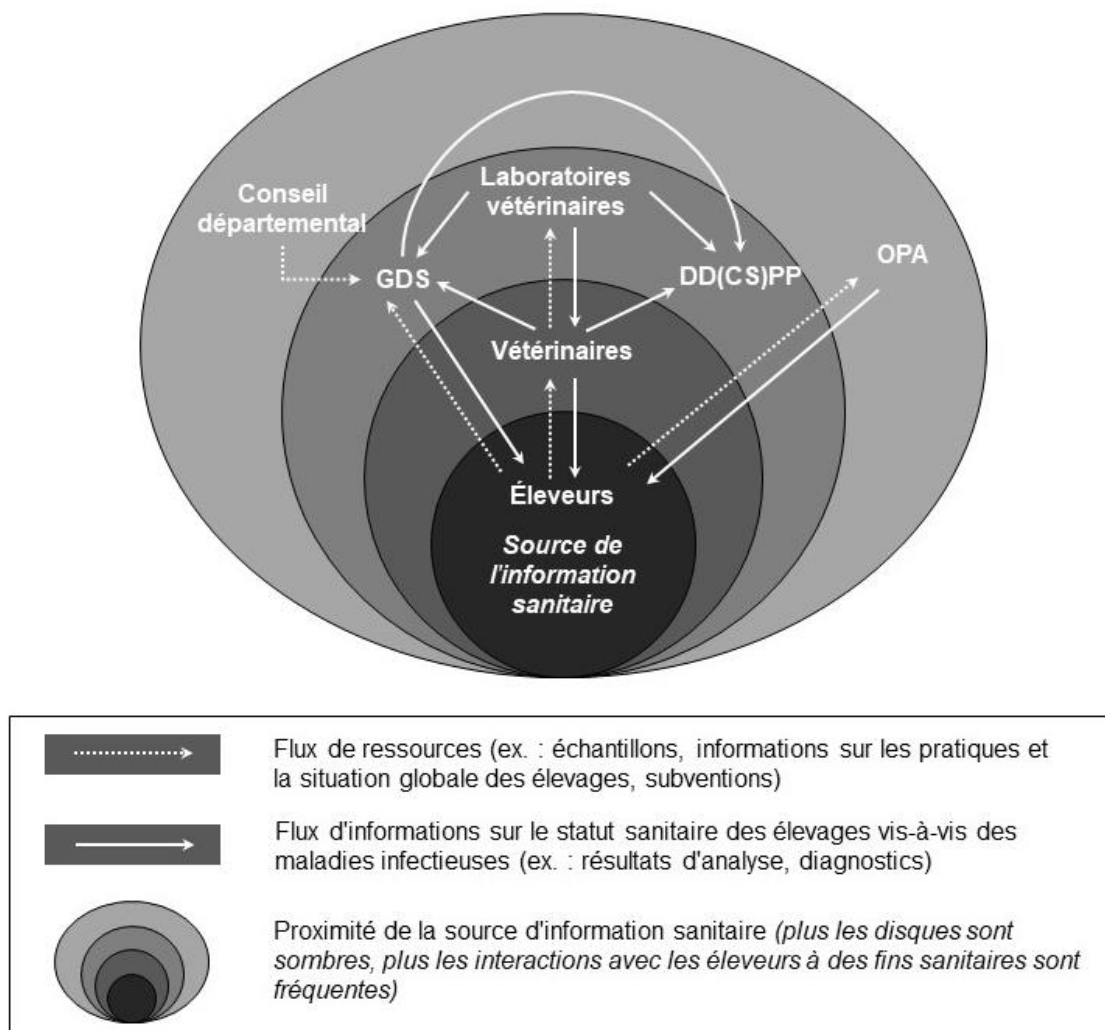


Figure 1. Flux d'informations et de ressources entre les sept catégories d'acteurs impliqués dans la surveillance sanitaire bovine au niveau départemental. DD(CS)PP : direction départementale (de la cohésion sociale et) de la protection des populations ; GDS : groupement de défense sanitaire ; OPA : organisations professionnelles agricoles.

Parmi les acteurs sanitaires, les éleveurs fournissent les données de terrain nécessaires à la production d'information, les vétérinaires et les laboratoires vétérinaires produisent l'information, et la DD(CS)PP et le GDS reçoivent et analysent l'information à une échelle plus large. Nous avons identifié deux types d'information sanitaire : 1) les résultats d'analyses biologiques, produits par les laboratoires vétérinaires, et 2) les diagnostics, produits par les vétérinaires. Les résultats d'analyse sont les seules informations sanitaires transmises de manière systématique hors du colloque singulier entre l'éleveur et le vétérinaire, puisqu'ils sont également transmis au GDS lorsque l'éleveur est adhérent, et à la DD(CS)PP pour les maladies réglementées.

Les acteurs « de terrain » (vétérinaires, éleveurs) disposent d'informations précises sur un nombre limité d'élevages alors que la DD(CS)PP et le GDS sont des acteurs « de vue d'ensemble », qui disposent d'informations limitées sur tous les élevages du département pour les laboratoires et DD(CS)PP, et sur les élevages adhérents pour les GDS. Ces différents types d'acteurs jouent un rôle complémentaire dans le réseau et sont interdépendants en ce qui concerne l'accès complet aux informations sanitaires (**Figure 1**). D'une part, les acteurs de vue d'ensemble ont besoin des acteurs de terrain pour accéder à des informations plus précises et contextualisées, par exemple sur le diagnostic associé à des analyses douteuses ou sur les risques d'apparition de maladies spécifiques dans certains élevages, qui nécessitent une bonne connaissance des pratiques des éleveurs et de la situation globale de l'élevage concerné. D'autre part, les acteurs de terrain peuvent éclairer leurs propres décisions grâce aux informations globales qu'ils peuvent obtenir des acteurs de vue d'ensemble. Par exemple, en connaissant la proportion d'élevages infectés par une maladie donnée au niveau local (secteur ou département), les vétérinaires peuvent orienter leur diagnostic différentiel et les éleveurs peuvent décider de mettre en œuvre des mesures préventives spécifiques.

Rôle central des vétérinaires : mesures curatives vs. préventives

Les vétérinaires interviennent en élevage, selon les situations, pour mettre en œuvre des mesures curatives ou préventives. Les mesures curatives sont liées aux actes médicaux et à la vente de médicaments vétérinaires curatifs. Les mesures préventives peuvent être divisées en deux catégories : 1) le dépistage de maladies, soit de manière régulière (ex. lors du dépistage périodique obligatoire pour les maladies réglementées), soit

ponctuellement, lorsqu'une situation est associée à un risque d'infection plus élevé (ex. achat d'un animal) ou lorsqu'un ou plusieurs signes cliniques conduisent à suspecter une maladie (ex. avortements conduisant à suspecter une maladie infectieuse abortive comme la fièvre Q ou la diarrhée virale bovine (BVD)); 2) les mesures médicales et de biosécurité, visant à prévenir l'infection des bovins. La première catégorie de mesures préventives produit les données nécessaires à la surveillance, tant pour les maladies réglementées que non réglementées, et plus le niveau de dépistage est important, plus la situation sanitaire locale est connue avec précision. Par opposition aux mesures curatives, les mesures préventives consistent plus souvent en une approche populationnelle, qui produit intrinsèquement plus d'information collective, donc plus d'information sur les statuts sanitaires des élevages.

Les entretiens menés dans les deux départements nous ont permis de constater que la déclaration spontanée de suspicions de maladies infectieuses réglementées était étroitement liée à l'importance donnée aux mesures préventives associées aux maladies non réglementées (principalement des maladies infectieuses respiratoires et abortives). Certaines mesures préventives sont communes aux maladies réglementées et non réglementées, et peuvent fournir des informations sur le statut sanitaire de l'élevage pour les deux catégories de maladies. Par exemple, lorsqu'un avortement est signalé, le prélèvement sanguin de l'animal ayant avorté peut être utilisé pour rechercher d'autres maladies abortives non réglementées et plus fréquentes (ex. fièvre Q, BVD, néosporose, etc.). Dans les deux départements de l'étude, cet aspect était souvent évoqué par les éleveurs comme un argument en faveur du signalement des avortements au vétérinaire. En outre, ces analyses complémentaires sont souvent partiellement prises en charge par le GDS (c'était le cas dans les deux départements étudiés), à condition que l'avortement ait été déclaré aux services vétérinaires.

Les similitudes observées dans les deux départements

Notre analyse a montré que, dans les deux départements d'étude, les acteurs sanitaires dépendaient tous des vétérinaires pour leur propre activité (**Figure 1**), du fait de leur (quasi) monopole sur trois ressources clés : 1) un accès direct aux éleveurs et donc à l'information sur leurs pratiques et sur l'état sanitaire de leurs troupeaux pour les maladies réglementées (en lien avec leur rôle régalién) et non réglementées ; 2) la vente de

médicaments vétérinaires, notamment ceux à usage curatif; 3) l'expertise de la médecine vétérinaire, qui est un préalable à la production d'information sanitaire via le dépistage ou le diagnostic.

« On n'est que douze personnes [dans le service] et on a [environ] 6 000 élevages [dans le département]: on n'est rien nous. Donc nos yeux et nos oreilles c'est les véto. » DD(CS)PP

Nous avons également constaté dans les deux départements qu'il existait une relation de « co-opération » entre les vétérinaires et le GDS, mêlant à la fois une volonté de coopérer et une forme de compétition (Brandenburger et Nalebuff, 1996). En effet, ces deux acteurs ont pour objectif d'être le référent sanitaire des éleveurs pour le suivi de leur troupeau. Nous avons notamment observé un partage de ressources entre ces deux acteurs pour le suivi des troupeaux et la mise en œuvre des plans de lutte collective, et en parallèle une préoccupation des vétérinaires quant à l'accès du GDS aux résultats d'analyse de leurs adhérents (information essentielle pour tout acteur souhaitant offrir du conseil et un suivi sanitaire aux éleveurs). En pratique, nous n'avons pas observé de conflit car, soit les vétérinaires avaient un intérêt à transférer au GDS des compétences liées au suivi des troupeaux, par manque de temps, de moyen ou de rentabilité, soit parce qu'ils avaient déjà une position de référent sanitaire affirmée dans les élevages, à travers une forme de conventionnement entre les élevages et les vétérinaires (cf. infra).

Mise en évidence des différences observées entre les deux départements à travers deux modèles idéal-typiques

- **Département A : un comportement collectif pro-curatif**

Dans le département A, la concurrence était forte sur la vente de médicaments vétérinaires et le conseil sanitaire, car un grand nombre d'OPA étaient agréées pour la vente de médicaments à usage préventif et offraient ces services aux éleveurs (Figure 2). Ces médicaments représentent une grande partie du volume des ventes des vétérinaires, car ils sont souvent administrés à un grand nombre d'animaux (ex. antiparasitaires, vaccins) (Anonyme, 2011). Cette pression a provoqué un regroupement des cliniques vétérinaires en structures de plus grande taille qui mutualisent l'expertise vétérinaire et les achats de matériel et de médicaments. Cette réorganisation a permis aux vétérinaires de maintenir des prix compétitifs pour les médicaments, et de développer leur offre de suivi des troupeaux (ex. suivi de reproduction, plans de lutte contre les problèmes de diarrhée des veaux, de boiterie des

vaches, etc.). En conséquence, les vétérinaires de ces structures sont devenus plus indépendants du GDS.

Malgré cette réorganisation, la viabilité économique des structures vétérinaires dépendait encore principalement des ventes de médicaments et des actes vétérinaires. En effet, il n'existait pas dans le département A de forme de contractualisation entre les éleveurs et les vétérinaires qui assure une rémunération et une pérennité du service de conseil. Les vétérinaires rencontraient encore deux défis majeurs: 1) avoir une activité de conseil suffisante pour assurer un revenu substantiel; 2) trouver une forme de contrat adaptée à toutes les exploitations d'une même clientèle, malgré une grande variabilité de pratiques, de production, de taille, etc. Dans ce contexte de forte concurrence, les vétérinaires ont eu tendance à recentrer leur activité autour de leur cœur de métier, et donc à favoriser les interventions curatives en élevage, ce qui leur permettait de renforcer leur proximité avec les éleveurs, et de conserver ainsi leur position centrale. Ce phénomène était d'autant plus prononcé que le GDS avait un taux d'adhésion limité (69 % des éleveurs). Privilégier une approche curative individuelle contribuait à maintenir cet avantage pour les vétérinaires, car les services du GDS s'inscrivent plutôt dans une approche préventive collective.

« Ça ne te fait jamais plaisir de voir que tes gros clients prennent des médicaments ailleurs que chez toi. Surtout quand le modèle actuel de la [médecine vétérinaire] rurale c'est 80 % de médicaments et 20 % d'actes ou 70 / 30 %. Et le modèle il est comme ça donc il faut aussi qu'on vende du médicament. Alors tu peux toujours dire il faut vendre du conseil, [...] etc. OK mais t'arriveras jamais au même revenu. » Vétérinaire

Dans le département A les vétérinaires n'encourageaient pas particulièrement le transfert de compétences aux éleveurs (ex. formation aux premiers soins, informations sur les signes d'alerte de certaines maladies, sur la démarche à adopter en cas de suspicion, etc.). Les informations sanitaires produites dans ce contexte « pro-curatif » sont souvent 1) limitées, car elles sont bornées aux animaux présentant des signes cliniques et examinés par le vétérinaire, et 2) retardées, car elles sont produites suite à l'intervention du vétérinaire, souvent sollicité à l'apparition de signes cliniques sévères et non dès les premiers signes d'alerte (comme les avortements pour la brucellose bovine, la fièvre Q, la BVD, etc.). Ainsi, les informations produites contribuent peu à la surveillance sanitaire collective, et renforcent l'asymétrie des compétences entre les vétérinaires et les éleveurs,

et donc le monopole des vétérinaires, car les éleveurs dépendent davantage d'eux.

Par ailleurs, dans un contexte pro-curatif, les vétérinaires dépendent beaucoup moins d'informations collectives pour leur activité (ex. statuts sanitaires et suivi administratif des troupeaux), ce qui les rend plus indépendants des acteurs de vue d'ensemble. Cela peut expliquer les relations distantes observées au sein du « trépied sanitaire » local, formé par les vétérinaires, le GDS et la DD(CS)PP (Figure 2). Nous avons constaté qu'il y avait peu d'interactions entre ces trois acteurs en dehors des crises, même si le plus souvent des interlocuteurs étaient identifiés dans chaque

organisation. Cela peut également rendre la transmission d'informations pour la surveillance moins facile ou moins efficace.

• **Département B : un comportement collectif pro-préventif**

Dans le département B, des cliniques vétérinaires se sont associées avec des collectifs d'éleveurs pour former des groupements vétérinaires conventionnés (GVC). Au sein d'un GVC, la clinique propose au collectif d'éleveurs une cotisation annuelle par type d'animaux (pour les bovins, vaches, taureaux, génisses, etc.).

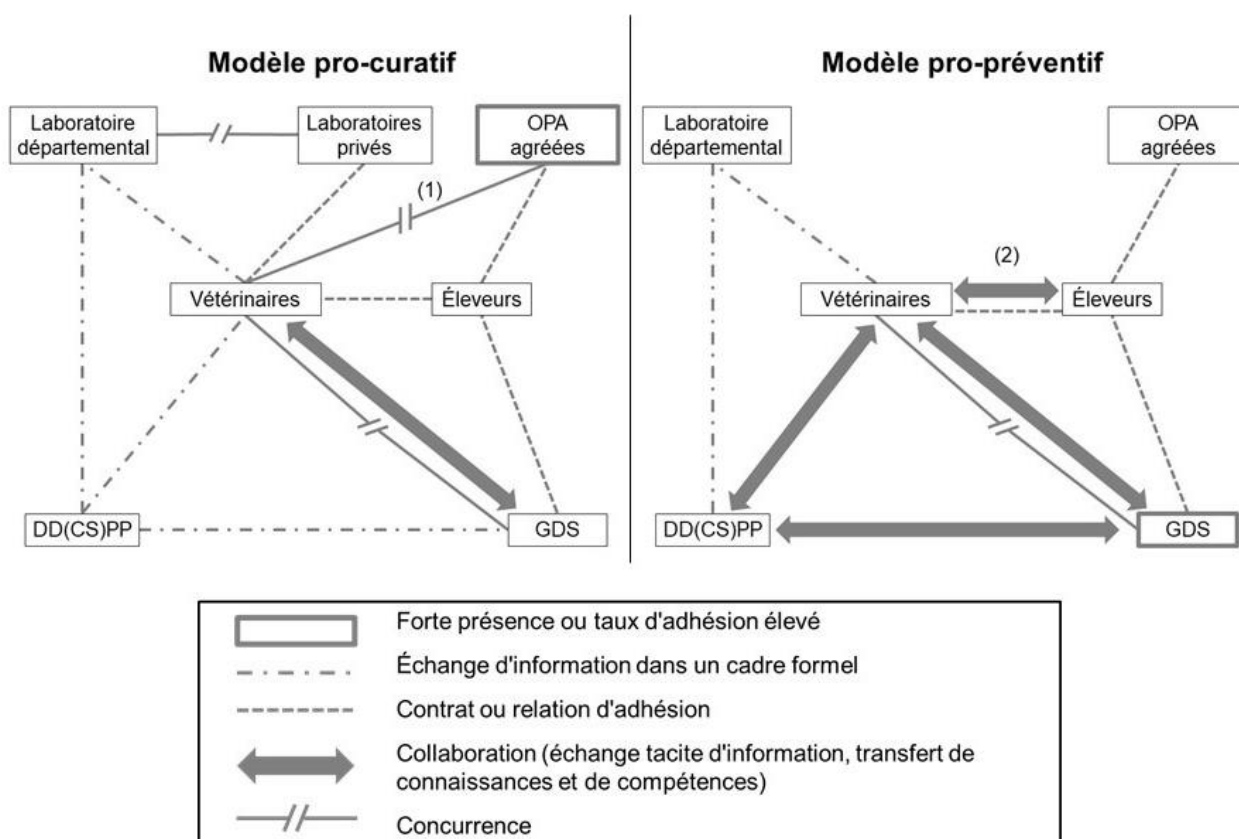


Figure 2. Schémas des interactions et des flux de ressources entre les acteurs locaux de la surveillance sanitaire dans les deux modèles idéal-typiques de l'étude. *Modèle pro-curatif* : forte concurrence imposée aux vétérinaires ruraux en ce qui concerne la vente de médicaments vétérinaires et le conseil sanitaire, associée à une approche principalement pro-curative des questions sanitaires. L'information produite est plus souvent individuelle et tardive. Elle reste à l'intérieur du colloque singulier éleveur-vétérinaire, d'où son utilité limitée en matière de surveillance sanitaire. *Modèle pro-préventif* : peu de concurrence imposée aux vétérinaires ruraux, associée à une approche essentiellement préventive des questions sanitaires. L'information produite est plus souvent collective et précoce. Elle peut être diffusée en dehors du colloque singulier éleveur-vétérinaire, auprès des acteurs sanitaires « de vue d'ensemble » (laboratoires vétérinaires, DD(CS)PP, GDS), d'où son utilité pour la surveillance sanitaire. Les variables clés des modèles idéal-typiques : (1) Concurrence avec les OPA agréées pour la vente de médicaments vétérinaires et le conseil sanitaire ; (2) Forme d'organisation des vétérinaires ruraux ayant une influence sur les pratiques sanitaires globales des vétérinaires et des éleveurs dans le département. DD(CS)PP : direction départementale (de la cohésion sociale et) de la protection des populations ; GDS : groupement de défense sanitaire ; Laboratoire(s) : laboratoire(s) d'analyses vétérinaires (privés : rattachés à une ou plusieurs structures vétérinaires libérales, observés uniquement dans le département A) ; OPA : organisations professionnelles agricoles autorisées à vendre des médicaments vétérinaires à usage préventif.

Le suivi des troupeaux et les interventions préventives, qui constituent les principales activités des GVC, sont inclus dans le forfait annuel, ainsi que les interventions curatives simples et fréquentes. La vente de médicaments vétérinaires et les interventions curatives plus complexes ou plus rares sont facturées en frais supplémentaires. Dans ce modèle économique, la principale source de revenu des cliniques vétérinaires n'est plus la vente de médicaments, mais le conventionnement et la réalisation d'actes vétérinaires complexes. Par ailleurs, l'utilisation des médicaments vétérinaires préventifs par les GVC est réfléchiée dans le cadre des actions préventives mises en place dans les élevages, avec une préoccupation d'utilisation parcimonieuse. Le fonctionnement des GVC repose sur un important transfert de compétences des vétérinaires vers les éleveurs, notamment une formation aux premiers soins pour les cas simples (ex. le traitement d'un cas de diarrhée légère ou de fièvre, les principaux paramètres physiques à vérifier avant d'appeler un vétérinaire lorsque l'état d'un animal se détériore, etc.).

Dans les GVC, les éleveurs sont incités à recourir aux interventions préventives incluses dans la cotisation annuelle et, du fait du transfert de compétences, sont plus autonomes pour appliquer des pratiques préventives dans leur troupeau et traiter les cas simples par eux-mêmes ou avec les conseils du vétérinaire par téléphone. Les vétérinaires conventionnés limitent ainsi leurs interventions curatives simples, et libèrent du temps pour les activités de conseil et de suivi, qui sont au centre de leur modèle économique.

Un tiers des cliniques du département faisait partie d'un GVC et parmi les autres cliniques, plusieurs avaient des forfaits individuels avec des éleveurs de leur clientèle, du même type que ceux des GVC, avec une cotisation annuelle liée au nombre d'animaux de leur troupeau. En outre, les vétérinaires conventionnés avaient souvent des responsabilités en tant que représentants de leur profession au sein du groupement technique vétérinaire (GTV) local, ce qui leur permettait de promouvoir un comportement pro-préventif à l'échelle du département.

« Le véto il est chez nous [...] a minima une fois toutes les trois semaines. Pas [forcément pour] des bêtes malades. Pour du suivi reproduction essentiellement, pour discuter, etc. [...]. Après ce qu'il y a de bien avec le conventionnement c'est que, comme on n'hésite pas à les faire venir (les vétérinaires), si par exemple [...] j'ai de la mortalité un peu plus que d'habitude, on s'en inquiète tout de suite, on n'attend pas. Ils vont faire une autopsie, ou on fait des analyses [...] assez

rapidement et si on peut y faire quelque chose on le fait rapidement. [Cette réactivité] est vraiment appréciable. » Eleveur conventionné

La collaboration et la délégation de compétences entre les vétérinaires et les éleveurs conventionnés favorisaient la production d'information sanitaire collective et précoce dans les élevages, comme leur statut sanitaire via le dépistage préventif de maladies non réglementées. Ce type d'information, pertinent pour la surveillance sanitaire, est directement utilisable par les acteurs de vue d'ensemble. La majorité de l'activité de suivi de troupeau étant liée au suivi de reproduction, les vétérinaires des GVC étaient plus présents dans les élevages que dans le cadre d'une pratique classique.

« Le véto quand il est là on parle de [la raison de sa visite] et d'autres choses, des problèmes plus généraux. Du fait qu'il soit là devant nous en visite, on creuse, on rentre beaucoup plus dans les questions, dans la discussion, on va chercher forcément au-delà. En tant qu'éleveurs ça nous amène d'autres réflexions. » Eleveur conventionné

Trois éléments de contexte réduisaient fortement la concurrence entre les vétérinaires conventionnés et le GDS : 1) une faible concurrence sur la vente de médicaments vétérinaires (due à la quasi-absence d'OPA agréées et au modèle économique des GVC dont l'équilibre dépendait moins de la vente de médicaments vétérinaires qu'un modèle de pratique vétérinaire classique) ; 2) une relation de confiance entre les éleveurs et les vétérinaires, considérés comme leurs référents sanitaires, permettant à ces derniers d'avoir accès aux résultats d'analyses *via* les éleveurs, en même temps que les GDS, *via* le laboratoire ; 3) l'indépendance des vétérinaires conventionnés vis-à-vis du GDS pour le suivi des troupeaux, car les GVC avaient organisé leur temps et leur logistique autour de cette activité.

Même si les vétérinaires des GVC étaient plus indépendants du GDS, ils bénéficiaient toujours de sa vue d'ensemble de la situation sanitaire locale et de son soutien pour promouvoir une approche préventive dans les élevages. Leurs intérêts économiques étaient alignés.

Comme les vétérinaires produisaient et utilisaient des informations collectives sur la situation sanitaire locale, leurs interactions avec les acteurs de vue d'ensemble étaient augmentées. Cela peut expliquer les relations observées dans le département B au sein du trépied sanitaire (Figure 2), avec des rendez-vous d'échange trimestriels, quelle que soit la situation sanitaire. Cela permettait un partage régulier des points de

vue, entre l'Etat et les professionnels, sur des questions sanitaires et socio-économiques spécifiques et, le cas échéant, un accord sur les actions à mettre en œuvre. Une telle forme de collaboration facilite et rend plus efficace la transmission d'information pour la surveillance pendant et en dehors des crises sanitaires.

Discussion

Comme l'illustre notre étude, la surveillance épidémiologique est par nature une activité multiple, qui ne présente pas les mêmes intérêts pour tous les acteurs concernés. Nous avons notamment montré que les enjeux professionnels avaient une importance majeure dans la surveillance sanitaire, en parallèle des enjeux sanitaires et épidémiologiques, qui ne sont pas toujours une priorité pour les acteurs (ex. la relation de co-opération entre les vétérinaires et le GDS). La compréhension des jeux de pouvoir en place entre les acteurs du réseau sanitaire est essentielle pour comprendre la production et la diffusion d'information pour la surveillance sanitaire. La perception du risque sanitaire par les vétérinaires et les éleveurs, sous l'influence de facteurs individuels (Bronner *et al.*, 2014), est également le résultat d'un comportement qui est façonné par la configuration locale (pro-préventive ou pro-curative). Le modèle économique choisi par les vétérinaires contribue largement à structurer l'organisation locale des acteurs de la surveillance sanitaire. Ainsi, les vétérinaires constituent le nœud de ce réseau d'acteurs. Nos modèles ont notamment mis en évidence un lien entre le niveau de concurrence pour la vente de médicaments vétérinaires et la contribution du système d'acteurs à la surveillance sanitaire: un niveau élevé de concurrence est associé à une approche des acteurs globalement pro-curative et individuelle, et un niveau faible à une approche globalement pro-préventive et populationnelle.

Notre étude étant centrée sur l'analyse de l'organisation des acteurs à un instant T, nous n'avons pas cherché à comprendre comment les divergences observées se sont mises en place. Cependant, il est important de préciser que dans les départements A et B, une histoire socio-politique locale différente semble avoir largement influencé les formes d'organisation des acteurs locaux de la santé animale. Les deux configurations observées semblent résulter de stratégies organisationnelles opposées adoptées par les vétérinaires et les éleveurs à la fin du 20^{ème} siècle, orientées par des considérations opposées sur les aspects techniques et sanitaires de l'élevage. Dans le département B, les GVC sont le résultat d'une histoire locale spécifique, où dans les années 1980

des syndicats agricoles très présents localement ont souhaité améliorer le statut sanitaire des élevages avec l'aide de représentants locaux de la profession vétérinaire et de structures de recherche, en favorisant une approche collective, inspirée de l'approche épidémiologique qui avait permis l'amélioration de situations sanitaires dans d'autres contextes.

Nous avons mis en évidence trois paramètres permettant d'identifier la configuration d'un système d'action: 1) la pression de la concurrence exercée sur les activités des vétérinaires; 2) le modèle économique et le mode d'organisation dominant des structures vétérinaires (dépendance plus ou moins grande à la vente de médicaments vétérinaires notamment); 3) la fréquence des interactions entre les principaux acteurs de la surveillance en dehors des crises. Ces caractéristiques affectent la production et la diffusion de données utiles à la surveillance, ainsi que la réactivité du réseau d'acteurs en cas de crise sanitaire.

Dans notre étude, le modèle pro-préventif décrit une configuration d'acteurs où le risque de propagation des maladies est probablement plus faible, du fait d'une surveillance plus précoce. Plus il y a de départements proches de cette configuration, plus on peut s'attendre à une surveillance efficace à l'échelle nationale. Nos modèles idéal-typiques aident à comprendre comment un système d'action pourrait tendre vers l'une ou l'autre configuration si la structure des interactions sociales était modifiée, changeant ainsi les relations de pouvoir entre les acteurs et affectant par conséquent leurs comportements. Il donne des indications sur les leviers potentiels permettant d'améliorer la surveillance événementielle. Par exemple, si la contribution des vétérinaires aux plans de lutte du GDS était rendue systématique et formalisée et qu'ils étaient donc rémunérés pour ce service, ils pourraient se positionner comme co-référents pour le suivi sanitaire des troupeaux, avec le GDS. Une telle forme de collaboration permettrait également aux vétérinaires d'amplifier progressivement la part de leur revenu associée au conseil et de diminuer leur dépendance économique à la vente de médicaments vétérinaires. Cela encouragerait mécaniquement un comportement pro-préventif et donc davantage de déclarations de cas suspects pour la surveillance. Lorsque l'enquête sociologique a été réalisée, une telle collaboration était en cours de développement dans le département A, et était déjà en place dans d'autres départements.

Ces résultats confortent les conclusions de précédentes études, établissant un lien entre les

pratiques des vétérinaires (en termes de soin comme de surveillance) et leurs modèles économiques (Fortané, 2020). Même si l'on peut s'attendre à ce que la surveillance événementielle des maladies infectieuses soit plus facile à mettre en œuvre dans tout ordre local correspondant à la configuration pro-préventive, d'autres facteurs, tels que le profil des exploitations agricoles et l'historique sanitaire de leur voisinage, peuvent également influencer le comportement des acteurs à l'échelle de l'élevage. Une analyse critique des limites de cette étude est disponible dans (Mlala et al., 2022). De plus, ces conclusions appellent à des études complémentaires pour caractériser davantage le lien entre la concurrence sur la vente de médicaments vétérinaires et la contribution du système d'acteurs à la surveillance sanitaire, et pour vérifier si ce lien est également présent dans d'autres départements.

Remerciements

Nous remercions tous les professionnels qui ont participé à notre enquête sociologique ; Christelle Philippon, la secrétaire de notre unité de recherche, pour son aide dans la transcription des entretiens ; Anne Touratier et Kristel Gache (GDS France) pour leur aide dans le choix des départements pour l'étude et la prise de contact avec les principaux acteurs sanitaires locaux ; le ministère français de l'Agriculture et de l'Alimentation pour la transmission d'extractions des bases de données nationales BDNI et Sigal.

Cette recherche a reçu le soutien du programme « Formation complémentaire par la recherche » (FCPR) du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Références bibliographiques

Arrêté du 28 juin 2011 fixant la liste des médicaments vétérinaires prévue au deuxième alinéa de l'article L. 5143-6 du code de la santé publique.

Brandenburger, A.M., Nalebuff, B.J., 1996. *Co-opetition*, éd. Doubleday Business.

Bronner, A., Hénaux, V., Fortané, N., Hendriks, P., Calavas, D., 2014. Why do farmers and veterinarians not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France? *BMC Vet. Res.* 10, 93-104.

Bronner, A., Gay, E., Fortané, N., Palussière, M., Hendriks, P., Hénaux, V., Calavas, D., 2015. Quantitative and qualitative assessment of the bovine abortion surveillance system in France. *Prev. Vet. Med.* 120(1), 62-69.

Carpenter, D., 2010. *Reputation and Power: Organizational Image and Pharmaceutical Regulation at the FDA*, Princeton University Press, Princeton.

Dedieu, F., Jouzel, J.-N., Prete, G., 2015. Governing by Ignoring: The Production and the Function of the Under-Reporting of Farm-Workers' Pesticide Poisoning in French and Californian Regulations, in: Matthias Gross et Linsey McGoey (Eds), *Handbook of Ignorance Studies*, Routledge, Londres.

Delabouglise, A., Antoine-Moussiaux, N., Phan, T.D., Dao, D.C., Nguyen, T.T., Truong, B.D., Nguyen, X.N.T., Vu, T.D., Nguyen, K.V., Le, H.T., Salem, G., Peyre, M., 2016. The Perceived Value of Passive Animal Health Surveillance: The Case of Highly Pathogenic Avian Influenza in Vietnam. *Zoonoses and Public Health* 63, 112-128.

FAO, 2011. Challenges of animal health information systems and surveillance for animal diseases and zoonoses (Compte-rendu de séminaire international organisé par la FAO, 23-26 novembre 2010, Rome, Italie).

Fortané, N., 2020. Antimicrobial resistance: preventive approaches to the rescue? Professional expertise and business model of French "industrial" veterinarians. *Rev. Agric. Food. Environ. Stud.* 26.

Friedberg, E., 1997. *Le pouvoir et la règle : Dynamiques de l'action organisée*, éd. Le Seuil, Paris.

Mlala, S., Dedieu, F., Calavas, D., Hénaux, V., 2022. Flow of information for bovine health surveillance: Two socio-economic models demonstrating the impact of the organizational profiles of local actors. *Prev. Vet. Med.* 199, (10.1016/j.prevetmed.2021.105549).

Prete, G., 2008. Surveiller en éradiquant: l'importance des « médiateurs de la surveillance » et des réseaux informels dans la surveillance des risques sanitaires et environnementaux. *Sociologie du Travail* 50, 489-504.

Sala, C., Vinard, J.-L., Perrin, J.-B., 2019. Cattle herd typology for epidemiology, surveillance, and animal welfare: Method and applications in France. *Prev. Vet. Med.* 167, 108-112.

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. Group. Tech. Vet. Hors Série* 2013, 75-82.

Weber, M., 1965. *Essais sur la théorie de la science*, éd. Plon, Recherches en Sciences humaines. (traduction française par Julien Freund), Librairie Plon, Paris.

Encadré 1. Entretiens conduits dans chaque département

Au cours de notre enquête sociologique, nous avons réalisé :

- 19 entretiens dans le département A : cinq vétérinaires (dont des membres du conseil régional de l'Ordre des vétérinaires (CROV), et du groupement technique vétérinaire départemental (GTVD)), deux agents du groupement de défense sanitaire (GDS), six éleveurs (dont deux non adhérents du GDS), un agent de la chambre d'Agriculture, un agent de la direction départementale (de la cohésion sociale et) de la protection des populations (DD(SC)PP), un membre du conseil départemental, deux agents du laboratoire départemental d'analyses vétérinaires, un membre d'une organisation professionnelle agricole (OPA) ;
- 17 entretiens dans le département B : quatre vétérinaires (dont des membres du CROV et du GTVD), un agent du GDS, six éleveurs (adhérents du GDS), un agent de la chambre d'Agriculture, deux agents de la DD(CS)PP, un membre du conseil départemental, un agent du laboratoire départemental d'analyses vétérinaires, un membre d'une OPA.

Pour citer cet article :

Mlala S., Dedieu F., Calavas D., Hénaux V. 2024. « Comment l'organisation des acteurs locaux influence-t-elle la surveillance sanitaire ? Modèle pro-curatif vs. modèle pro-préventif ». Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 101 (3) : 1-10.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'Alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication : Benoît Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Hélène Amar, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailler, Yves Lambert

Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit Durand, Françoise Gauchard, Guillaume

Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition :
Fabrice Coutureau Vicaire

Assistante d'édition :

Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie

94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemiolo@anses.fr

Dépôt légal : parution/ISSN 1769-7166

Estimation de la date présumée d'une mortalité massive aigue d'abeilles à partir de la masse d'un échantillon de cadavres d'abeilles adultes : étude pilote

Pauline Lavainne¹, Charlotte Rüger¹, Jean-Philippe Amat¹, Viviane Hénaux¹, Eric Morignat¹,
Christophe Roy²

Auteurs correspondants : eric.morignat@anses.fr, charlotte.ruger@anses.fr

¹ Anses Laboratoire de Lyon, Unité Epidémiologie et Appui à la Surveillance, Lyon, France

² Clinique Vétérinaire, 15400 Riom-es-Montagnes, France

Résumé

Dans le cadre de mortalité massive aigue d'abeilles, la démarche d'investigation s'appuie sur des examens cliniques et une enquête environnementale. La date de la mort peut apporter une information pertinente à ces volets de l'investigation mais n'est pas toujours facile à estimer. Dans la perspective de développement d'un outil permettant d'estimer la date de la mort des abeilles, nous avons conduit une étude pilote pour modéliser l'évolution de la masse de lots d'abeilles après leur mort et déterminé certains facteurs qui influencent cette évolution. Les résultats ont montré des effets de la sous-espèce des abeilles et de la saison pendant laquelle l'expérience était menée sur la masse des abeilles au moment de leur mort et après déshydratation. Le modèle et les variables utilisées sont discutés ainsi que l'influence potentielle de facteurs non pris en compte dans cette étude sur la cinétique d'évolution de la masse des abeilles après la mort.

Mots-clés

Mortalité massive aigue, abeille, régression non linéaire

Abstract

Estimation of the presumed date of an acute mass bee mortality from the mass of a sample of adult bee corpses: pilot study

In the case of acute mass bee mortality, the investigative approach is based on clinical examinations and an environmental survey. The date of death can provide relevant information for these aspects of the investigation, but is not always easy to estimate. With a view to developing a tool for estimating the date of death of bees, we conducted a pilot study to model the evolution of the mass of batches of bees after their death, and determined some of the factors influencing this evolution. The results showed the effects of bee subspecies and the season in which the experiment was conducted on bee mass at the time of death and after dehydration. The model and variables used are discussed, along with the potential influence of factors not taken into account in this study on the kinetics of bee mass evolution after death.

Keywords

Acute massive mortality, bees, non linear regression

Introduction

Les insectes pollinisateurs tels que les abeilles sont essentiels à la production de nombreuses cultures agricoles et au maintien de la biodiversité. Cependant, ces populations sont en déclin depuis plusieurs années, pour de multiples causes : dangers biologiques divers (e.g. parasite du couvain¹ (varroa), virus, champignon ...), pratiques apicoles, agricoles et industrielles, modification du paysage, évolutions climatiques, etc. (Haubruge *et al.*, 2006 ; Dainat *et al.*, 2012 ; Avis de l'Anses, 2015² ; Elias, 2022). L'exposition aux produits phytosanitaires est l'une des causes les plus dénoncées et fait l'objet de nombreuses études scientifiques. Les butineuses peuvent être directement exposées à ces produits au moment de leur application ou en collectant le pollen et le nectar. Elles contaminent ensuite le reste de la colonie en ramenant ces réserves alimentaires au sein de la ruche (Zóttowska *et al.*, 2011). Les abeilles peuvent également être exposées à d'autres substances chimiques comme les intrants apicoles (ex : traitements anti-varroa) ou encore en récoltant de l'eau issue des effluents des élevages environnants, eau pouvant contenir des substances actives de médicaments vétérinaires administrés aux animaux ou des biocides employés pour l'assainissement des bâtiments (Vidau *et al.*, 2020). Ces contaminations peuvent ainsi contribuer à la perte de la colonie (Tomé *et al.*, 2019).

En cas de découverte et de signalement d'une mortalité massive aigue d'abeilles dans un rucher, une enquête phytosanitaire et vétérinaire peut être menée par les services de l'Etat afin d'identifier les causes de cette mortalité (Instruction technique DGAL/SASPP/2018-444 du 12 juin 2018³). Selon les premiers résultats de l'enquête, une molécule ou un ensemble de molécules peut être recherché dans les cadavres des abeilles. Cependant, en cas d'intoxication, les molécules toxiques et leurs métabolites se dégradent en quelques jours et ne sont plus détectables dans le corps des abeilles (Schott *et al.*, 2017, Vidau *et al.*, 2017). Ainsi, la connaissance de la date de la mort des abeilles est importante dans l'interprétation des résultats de l'enquête et permettrait également en cas de mortalité remontant à plus d'une semaine d'éclairer les investigateurs sur la pertinence de recourir ou non aux analyses toxicologiques, très coûteuses. Cependant, la fréquence de visites des ruches étant

variable (hebdomadaire, mensuelle ou même trimestrielle selon la période de l'année), la date précise de la mort n'est souvent pas connue par l'apiculteur lors de la découverte d'une mortalité massive. Outre l'examen clinique des abeilles mortes et des abeilles symptomatiques, il serait utile aux cliniciens de disposer d'approches facilement mobilisables sur le terrain permettant d'estimer la date de mort. L'objet du présent travail était d'étudier la faisabilité d'une datation de la mort fondée sur l'évaluation de la masse des cadavres présents dans la ruche, en cas de mortalité massive aigue.

Une fois mortes, les abeilles se déshydratent progressivement et se décomposent jusqu'à ce que leur masse soit réduite à celle de leur exosquelette. Nous n'avons toutefois trouvé aucune étude scientifique sur l'évolution de la masse d'une abeille morte et les facteurs l'influençant. Nous avons émis l'hypothèse que la masse diminue au cours du temps jusqu'à atteindre un plateau correspondant à la masse de l'exosquelette. Il est attendu que certains facteurs (tels que la sous-espèce des abeilles⁴, la saison et les conditions climatiques notamment la température et l'humidité) jouent un rôle sur la vitesse de déshydratation des cadavres d'abeilles durant les jours et semaines suivant leur mort.

Une étude pilote a ainsi été mise en place afin de suivre l'évolution dans le temps de la masse des abeilles après leur mort et de déterminer l'influence de certains facteurs. Cette étude est une étape préalable en vue de l'élaboration d'un outil exploitable en conditions réelles qui permettrait aux apiculteurs et aux investigateurs cliniciens d'estimer la date de mort des abeilles à partir de la masse d'un lot d'abeilles mortes prélevées dans la ruche le jour de leur découverte, les caractéristiques des colonies, la saison ou l'environnement.

Matériel et méthode

Dispositif d'étude

L'étude a été menée par neuf vétérinaires apiculteurs exerçant dans des départements différents. A chaque apiculteur a été rattaché un site d'étude au sein duquel l'expérience a été réalisée sur plusieurs lots d'abeilles mortes. Au total,

massives aiguës d'abeilles adultes avec hypothèse d'intoxication par des produits et pratiques phytopharmaceutiques, biocides et médicamenteuses.

⁴ Par commodité, nous parlerons de race dans le présent article

¹ Œufs et larves

² Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective du 15 juillet 2015 : Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress

³ Instruction technique DGAL/SASPP/2018-444 du 12 juin 2018 relative à la surveillance des mortalités

49 lots ont été suivis dans le temps. Chaque lot était constitué d'abeilles provenant d'une même colonie et euthanasiées par inhalation toxique de dioxyde de carbone ou de soufre. Ces lots étaient composés de 300 abeilles pour la majorité (45) et de 1000 abeilles pour quatre lots. Les lots ont été euthanasiés entre le 4 avril 2018 et le 1^{er} septembre 2019. Après le dénombrement des cadavres, chaque lot a été disposé dans un sac en nylon grillagé (afin de le protéger des prédateurs, des lessivages et des UV), pesé (à l'aide d'une balance électronique à 0,1 g de précision), puis placé dans une ruche ou ruchette vide (**Figure 1**). D'autres pesées ont ensuite été réalisées tous les jours durant une semaine puis tous les sept jours jusqu'au 119^{ème} jour post-mortem.

- **Descriptif du jeu de données**

Sur les 49 lots d'abeilles suivis, cinq ont été exclus de l'analyse pour non-respect des conditions expérimentales. Ainsi 44 lots provenant de huit sites d'études ont été retenus.

Les abeilles suivies appartiennent à trois « races » : les abeilles noires (27 lots), les abeilles hybrides (14 lots) et les abeilles Buckfast (trois lots). Les lots d'abeilles hybrides et Buckfast ont été regroupés dans la suite de l'analyse du fait du faible nombre de lots d'abeilles Buckfast et que les hybrides de cette étude descendent d'une lignée d'abeilles Buckfast selon les apiculteurs.

Les abeilles ont été euthanasiées pour deux motifs différents : sanitaire (la colonie étant malade ; 35

lots), ou zootechnique (prélèvement d'abeilles pour comptage de *Varroa* ; neuf lots). Une analyse de variance du poids des abeilles en fonction de la race et de la cause de la mort réalisée en amont de notre étude n'avait pas mis en évidence de différence significative de la masse au moment de la mort entre ces deux groupes.

Les expériences ayant été menées sur une grande partie de l'année, une variable saison a été créée afin de distinguer les expériences réalisées sur la période « printemps-été »⁵ pour les lots euthanasiés entre le 4 avril et le 31 août (35 lots), de celles d'« automne » pour les lots d'abeilles euthanasiés entre le 1^{er} et le 23 septembre (neuf lots). Ces dernières entrent en hivernage en fin d'été jusqu'en mars, avril selon les régions. Pendant cette période, les abeilles ont une activité réduite et vivent plus longtemps (140 jours) que les abeilles émergeant au printemps (15-38 jours) (Winston 1987). Bien que le passage des abeilles d'été à celles d'« automne » s'effectue progressivement dans le temps avec une coexistence de ces deux catégories pendant quelques semaines, une date séparant les deux catégories a dû être choisie. Le 31 août a été retenu car il n'existe plus de miellées exploitables au-delà de cette date en France, à quelques exceptions près mais qui ne correspondent pas aux sites d'études. La masse moyenne d'une abeille, exprimée en mg, a été calculée comme la différence de masse entre le lot d'abeilles mortes et la masse du sac vide, divisée par le nombre d'abeilles constituant le lot.



Figure 1. Prélèvement d'un lot d'abeilles (A), Sac en nylon grillagé contenant un lot d'abeilles (B)

⁵ Par commodité, nous parlerons d'expérience de printemps dans la suite de l'article.

• Modèle

Un modèle de régression non linéaire à effets mixtes (Pinheiro et Bates, 2000) a été utilisé pour modéliser et expliquer l'évolution temporelle de la masse des abeilles après leur mort :

$$Masse_{ij} = Asym_i + (Masse_{i0} - Asym_i) e^{-e^{lcr_i t_{ij}}} + \varepsilon_{ij} ,$$

avec

- $Masse_{ij}$, la masse moyenne d'une abeille du lot i le jour j ,
- $Masse_{i0}$, la masse moyenne d'une abeille le jour de la mort pour le lot i ,
- $Asym_i$, la masse asymptotique moyenne, correspondant à la masse minimale moyenne d'une abeille du lot i après dessèchement complet,
- lcr_i , le logarithme de la constante de vitesse représentant la variation de la masse moyenne d'une abeille du lot i jusqu'à l'atteinte de la masse asymptotique moyenne,
- $i \in [1; 44]$ et $j \in [1; 119]$ qui correspondent respectivement au lot et au jour post-mortem,
- ε_{ij} les résidus du modèle pour lesquels on fait l'hypothèse qu'ils suivent une distribution normale de moyenne nulle et de variance σ^2 .

Chacun des trois paramètres du modèle ($Masse_{i0}$, $Asym_i$, et lcr_i) se décompose sous la forme d'un effet fixe β et d'un effet aléatoire b (représentant la variance inter-lots). Ces derniers suivent une distribution normale de moyenne nulle et de variance respectivement $\sigma_{Poids_0}^2$, σ_{Asym}^2 et σ_{lcr}^2 .

$$\begin{pmatrix} Asym_i \\ Masse_{i0} \\ lcr_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_1 I[saison = printemps] \\ \gamma_2 I[race = noire] \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ b_{i3} \end{pmatrix}$$

Tableau 1. Paramètres du modèle

Paramètre	Estimateur	Std.error
β_1 (Masse à l'asymptote en automne)	55,4	1,4
γ_1 (Différence de masse à l'asymptote entre automne et printemps)	-19,7	1,4
σ_{Asym}^2 (Variabilité de la masse à l'asymptote)	5,5	
β_2 (Masse à la date de mort pour abeilles hybrides)	134,7	2,2
γ_2 (Différence de masse à la mort entre abeilles noires et hybrides)	-16,5	2,1
$\sigma_{Poids_0}^2$ (Variabilité de la masse à la date de mort)	11,3	
β_3 (Variation de la masse moyenne d'une abeille)	-2,7	0,1
σ_{lcr}^2 (Variabilité de la variation de la masse moyenne d'une abeille)	0,3	
σ^2 (Variance des résidus)	4,1	

L'effet fixe β_1 représente la masse moyenne asymptotique en automne et γ_1 l'écart entre β_1 et la masse moyenne asymptotique au printemps. L'effet fixe β_2 représente la masse moyenne le jour de la mort pour les abeilles hybrides et γ_2 l'écart entre β_2 et la masse moyenne le jour de la mort pour les abeilles noires.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 4.1.0 (R Core Team, 2021) et le package nlme (Pinheiro et al., 2021) a été utilisé pour l'ajustement des modèles de régression non linéaire.

Résultats

Plusieurs diagnostics basés sur l'examen de la distribution des effets aléatoires et des résidus du modèle ont permis de vérifier les hypothèses du modèle. Les résultats du meilleur modèle indiquent un effet significatif de la race des abeilles sur la masse à la mort et un effet significatif de la saison d'expérimentation sur la masse à l'asymptote. Ce modèle conduit à des estimations de la masse moyenne des cadavres le jour de leur mort de 134,7 mg (IC 95 % [130,4 ; 138,9]) pour les abeilles de race hybride et une masse inférieure de 16,5 mg [12,3 ; 20,7] pour les abeilles noires (**Tableau 1**). Après dessèchement, les cadavres atteignent une masse minimale moyenne de 55,4 mg en automne [52,6 ; 58,2] et une masse significativement inférieure de 19,7 mg [16,9 ; 22,5] au printemps quelle que soit la race des abeilles. Les variances des masses le jour de la mort et à l'asymptote sont respectivement de 11,9 mg et 5,4 mg alors que la variance résiduelle du modèle est de 4,2 mg. L'évolution en fonction du temps de la masse moyenne des quatre catégories d'abeilles, définies par la race et la période d'expérimentation, est montrée sur la **figure 2**.

La **figure 3** illustre l'effet de la variance inter-lots des paramètres pour les abeilles hybrides au printemps ($n = 11$ lots) : la courbe bleue représente l'évolution de la masse moyenne d'un cadavre de cette race d'abeilles au cours du temps (11 lots confondus) et les courbes rouges, vertes, roses et grises représentent l'évolution au cours du temps de la masse moyenne estimée par le modèle pour chacun des 11 lots. Ainsi, la masse moyenne le jour de la mort est estimée à 134,7 mg, avec une variation entre 116,1 et 179,3 mg selon les lots d'abeilles étudiés. De la même façon, la masse moyenne asymptotique est estimée à 35,7 mg au printemps pour les abeilles hybrides mais varie entre 25,1 et 56,7 mg selon les lots étudiés.

Les valeurs de pesées réalisées sur trois lots avec différents niveaux d'ajustement sont représentées par des points de couleurs. Globalement les prédictions des masses moyennes des cadavres sont relativement bonnes à l'instar de la courbe de pesées rose. Pour certains lots, les prédictions sont moins bonnes, avec notamment l'observation sur trois lots d'un effet « rebond » correspondant à une augmentation ponctuelle de la masse sur quelques semaines, désynchronisée de l'évolution globale de la masse du lot d'abeilles (courbe rouge avec un rebond après 60 jours). Sur les 44 lots suivis dans le temps, neuf ont eu cette augmentation ponctuelle de la masse qui a duré entre deux et sept semaines, généralement quand les cadavres avaient atteint leur masse minimale, entre le 30^{ème} et 100^{ème} jour post-mortem, mais parfois avant (deux lots).

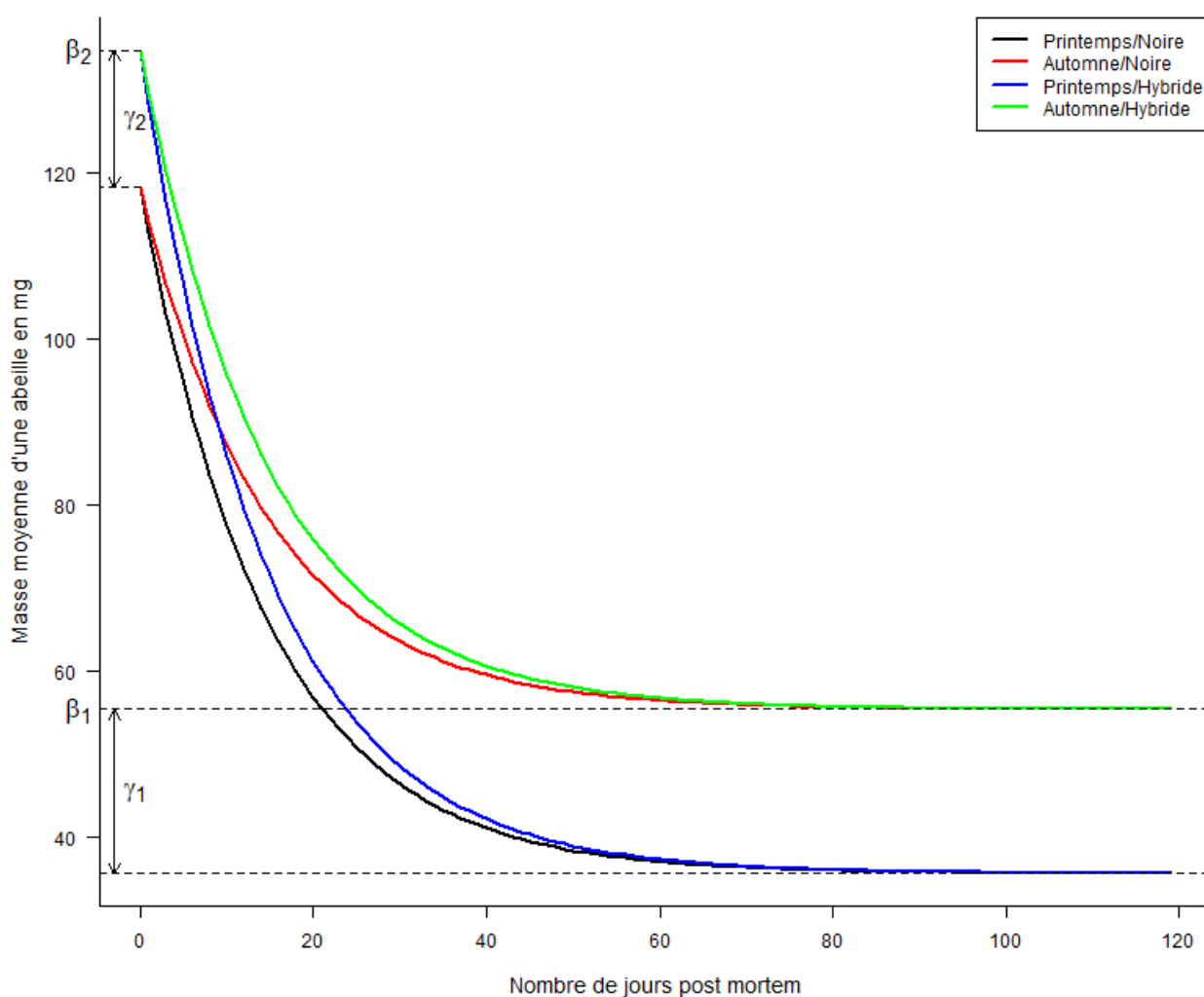


Figure 2. Prédiction de la masse moyenne du cadavre d'une abeille, en fonction de la période d'expérimentation (printemps vs automne) et de sa race (abeilles noires vs hybrides)

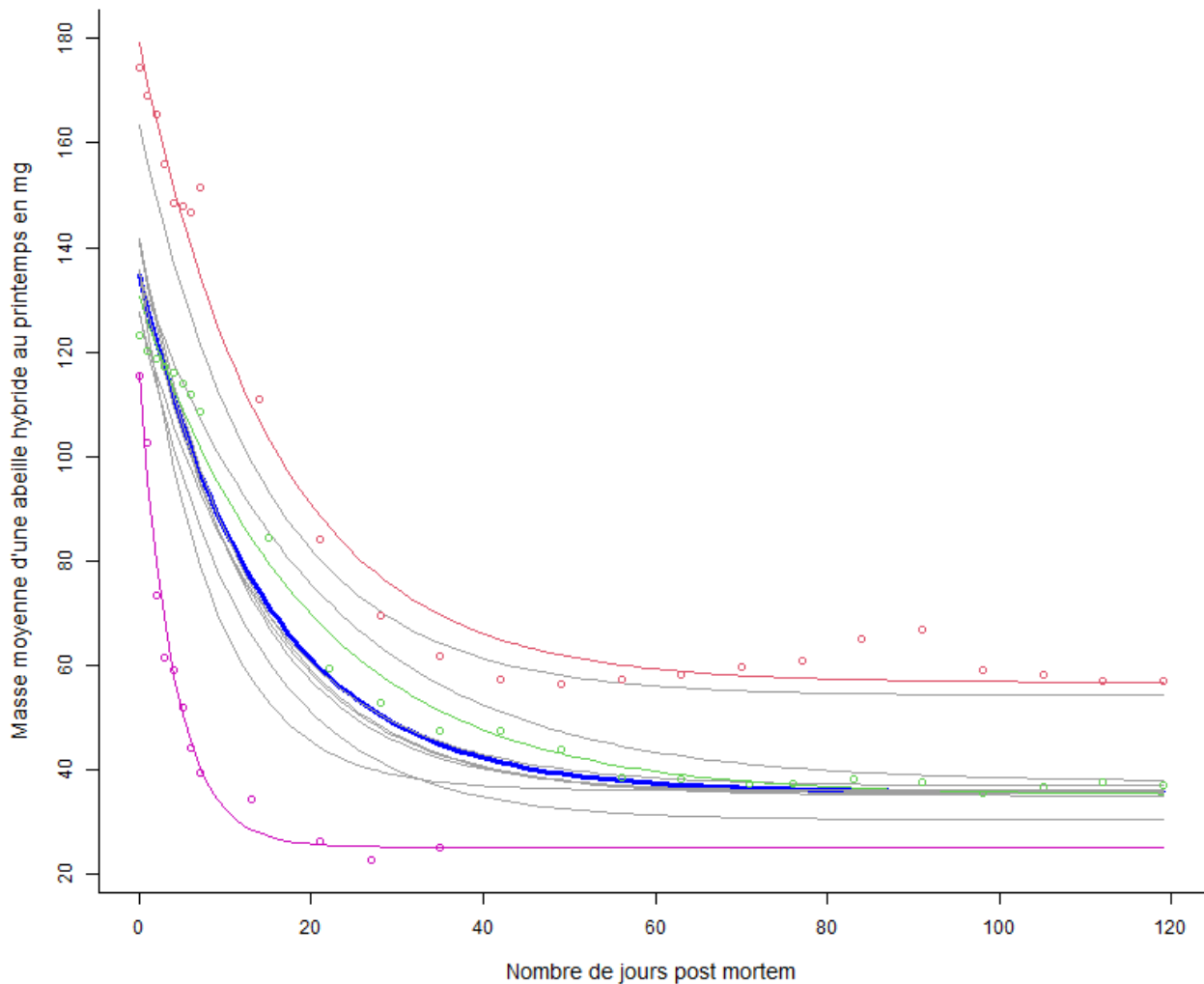


Figure 3. Prédiction de la masse moyenne d'une abeille hybride au printemps en fonction du temps pour onze lots étudiés. La courbe de la masse moyenne des abeilles hybrides au printemps est représentée en bleu. Pour trois lots, les courbes et les valeurs de pesées sont précisées en rouge, vert et rose. Pour les huit autres lots, seules les courbes de la masse moyenne sont représentées, en gris

Discussion et perspectives

Cette étude pilote visait à évaluer l'évolution de la masse des cadavres d'abeilles dans le temps et à déterminer certains facteurs qui influencent cette évolution. L'identification de ces facteurs et la connaissance de leurs effets permettraient le développement d'un outil pour dater la mort d'un lot d'abeilles à partir de la masse de leurs cadavres.

Notre étude a montré l'influence de la race des abeilles sur la masse à la mort, avec une différence de près de 16 mg ($\pm 12\%$) entre les abeilles hybrides et les abeilles noires. Nos résultats n'ont cependant pas montré de différence de masse selon la race après déshydratation. A noter qu'une catégorisation plus fine des races, en distinguant notamment les abeilles hybrides des abeilles Buckfast, avec des effectifs suffisamment importants, permettrait d'estimer plus précisément la masse à la mort.

Nos résultats ont également mis en évidence une masse asymptotique moyenne significativement plus élevée d'environ 20 mg chez les abeilles pour lesquelles l'expérience était réalisée en automne par rapport à celles de printemps. La déshydratation des cadavres pourrait être incomplète dans un environnement plus humide (en automne/hiver) comparé à un environnement plutôt sec (été), justifiant ainsi une masse plus importante des abeilles en automne, hiver.

La forme de la relation entre la masse des cadavres d'abeilles et le temps, à savoir une diminution dans le temps suivie d'un plateau, a orienté le choix du modèle vers une régression non linéaire. L'estimation de la masse à l'origine et de la masse asymptotique confère à ce modèle un avantage par rapport à l'utilisation d'un modèle de régression linéaire. En outre, l'échantillon d'étude étant constitué de plusieurs lots d'abeilles, il était nécessaire de prendre en compte la variabilité inter-lots en intégrant des effets aléatoires. Les lots

étant imbriqués dans des sites nous avons voulu distinguer la variance inter-sites et la variance inter-lots dans les sites en intégrant deux effets aléatoires, mais ce modèle n'a pas convergé, vraisemblablement en raison d'un manque de puissance. Même si ce problème de convergence a conduit à considérer dans le modèle uniquement la variance inter-lots, une modélisation de ces données avec un modèle linéaire a montré que la variance inter-sites était trois fois plus élevée que la variance inter-lots au sein d'un site (résultats non présentés).

La variance inter-lots élevée associée aux paramètres du modèle indique que les variables incluses dans le modèle (la race, la saison et le temps) n'expliquent qu'une partie de la variabilité de la masse des cadavres et que certains facteurs explicatifs importants ne sont actuellement pas pris en compte. Ce résultat est une limite importante pour le développement d'un outil opérationnel de prédiction de la date de mort des abeilles et souligne la nécessité de conduire des travaux complémentaires pour identifier et caractériser les autres facteurs influençant cette variabilité.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées sur de tels facteurs. Ainsi, la masse des abeilles à la mort peut dépendre de l'état sanitaire du rucher. Des abeilles issues d'une colonie en mauvaise santé aurait une masse inférieure à celle d'abeilles provenant d'une colonie saine. Par exemple, il a été démontré que les nymphes infestées par varroa présentaient une masse plus faible que les nymphes saines (Keszthezlyi, 2021). Dans cette étude, une différence significative de la masse le jour de la mort entre les abeilles malades et les abeilles euthanasiées pour cause zootechnique n'a pas été mise en évidence. Cela peut s'expliquer par un manque de puissance résultant du faible nombre de lots d'abeilles euthanasiées pour cause zootechnique (neuf lots). Une différence de masse au moment de la mort peut aussi s'expliquer par des différences dans les heures de mise à mort des lots d'abeilles, et plus particulièrement par le délai avec la dernière période de butinage. En effet, les abeilles butineuses avec un jabot gorgé de nectar sont plus lourdes que les abeilles avec un jabot vide. L'influence de ce facteur pourrait être mesurée en ajustant le protocole expérimental (lots prélevés et euthanasiés à différentes heures de la journée), même si la plage horaire de butinage est également liée aux conditions météorologiques. Enfin, la diversité des abeilles (nourrices, butineuses, etc.)

qui peuvent composer les lots serait aussi une piste à explorer puisque les abeilles ont des masses différentes selon leur âge et leur fonction. Cette diversité est liée notamment à la position dans la ruche du cadre sur lequel les abeilles ont été prélevées, les cadres en périphérie de la ruche étant constitués majoritairement de butineuses et les cadres centraux de nourrices. La difficulté avec les facteurs susmentionnés est que les apiculteurs ne pourraient pas les renseigner dans un outil de datation de la mort (faute de connaître le moment de la mort et le type d'abeilles retrouvées et pesées), mis à part l'état sanitaire de la ruche qui pourrait être déterminé si la colonie a été suivie peu de temps avant la découverte de la mortalité massive.

Des facteurs météorologiques, tels que la pluie, l'humidité, le vent ou une température extrême sur plusieurs jours consécutifs, peuvent potentiellement expliquer des variations de masse le jour de la mort, mais également pendant la phase de perte de masse et lorsque la masse minimale du cadavre a été atteinte. Des précipitations importantes induisant un accroissement du taux d'humidité dans la ruche pourraient notamment expliquer les phénomènes de « rebond » observés pendant cette dernière phase de plateau (courbe rouge de la **figure 3**). Les matériaux qui composent les ruches sont également un facteur à prendre en compte et pourraient conduire à amplifier ces effets. En effet, l'évacuation de l'humidité peut être différente entre des ruches en bois et des ruches en plastique. Des différences peuvent également exister entre des ruches avec fond partiellement ou totalement grillagé.

Dans cette étude, la perte de masse est modélisée à partir de l'euthanasie des abeilles. Or, en pratique sur le terrain, la perte de masse peut être antérieure à la date de mort du fait de facteurs biotiques ou abiotiques. Concernant les produits phytosanitaires, cette période de déshydratation peut varier selon la toxicité de la substance active (effet Knock down⁶ ou non) et de la dose reçue, aussi cette hypothèse mériterait d'être vérifiée par des études de toxicité en laboratoire de plusieurs substances actives à plusieurs niveaux de dose.

Par ailleurs, notre étude fait l'hypothèse d'une mortalité massive d'abeilles sur un temps réduit, or une mortalité étalée dans le temps des abeilles de la colonie peut conduire à une estimation erronée de la date de mort.

⁶ Effet Knock down : effet sur le système nerveux entraînant des troubles de la coordination des mouvements

Un manque de puissance en raison de la taille de l'échantillon et du protocole d'étude (passage d'un rythme de pesée journalier à hebdomadaire après sept jours d'étude) ne permettait pas d'intégrer la température et l'humidité dans nos modèles pour en étudier les effets sur le poids. Certaines hypothèses concernant l'influence des facteurs météorologiques (température, humidité) pourraient être testées expérimentalement dans des conditions contrôlées en laboratoire, mais également sur le terrain en utilisant des ruches connectées avec capteurs de température et d'hygrométrie.

Pour finir, cette étude étant basée sur le volontariat, les apiculteurs pouvaient provenir de différentes régions et la majorité des lots a été suivie en Auvergne-Rhône-Alpes. Il est difficile de mesurer les conséquences de ce déséquilibre d'échantillonnage en faveur de cette région par rapport aux autres. D'autres facteurs présentent également des modalités non-équilibrées, comme les races d'abeilles (17 lots d'abeilles hybrides vs 27 lots d'abeilles noires) et les saisons d'étude (neuf lots suivis en automne vs 35 au printemps). Néanmoins, ces facteurs étant pris en compte dans le modèle, la conséquence devrait être limitée à une moins bonne précision des résultats pour les modalités les moins représentées.

Conclusion

Cette étude pilote a permis de modéliser l'évolution dans le temps de la masse des abeilles après leur mort et a montré les effets de la race et de la période de la mort respectivement sur leur masse à la mort et leur masse après déshydratation. Une source importante de variabilité de la masse des abeilles a été prise en compte dans le modèle par l'intermédiaire des effets aléatoires. Il est impératif d'identifier les facteurs qui sont à l'origine de cette variabilité et de mesurer leur influence, afin de pouvoir envisager le développement d'un outil permettant aux apiculteurs de connaître le délai écoulé entre la mortalité massive aigüe des abeilles et leur découverte. Cela nécessite de réaliser des études plus complètes menées sur le terrain et en conditions de laboratoire, avec l'appui d'experts de la filière.

Remerciements

Nous tenons à remercier les vétérinaires apiculteurs qui se sont portés volontaires pour participer aux expériences (D. Audureau, JN. Bart, P. Gilles, O. Hartnagel, JF. Knoop, C. Lantuejoul, Tondreau, C. Roy, L. Vilagines) ainsi que MP. Chauzat, M. Laurent et MP. Rivière du Laboratoire l'Anses de Sophia-Antipolis pour les discussions qui ont facilité

l'interprétation des résultats et l'émission d'hypothèses sur les facteurs impactant l'évolution de la masse des cadavres d'abeilles.

Références bibliographiques

Haubruge *et al.* 2006. Le dépérissement de l'abeille domestique. *Apis mellifera L.*, 1758

Zóltowska *et al.* 2011. Hydrolases of developing worker brood and newly emerged worker of *Apis mellifera carnica*. *Journal of Apicultural Science*, 55 : 27-36.

Dainat. 2012. Colony collapse disorder in Europe. *Environmental Microbiology Reports* (2012) 4(1), 123–125

Schott *et al.* 2017. Temporal dynamics of whole body residues of the neonicotinoid insecticide imidacloprid in live or dead honeybees. *Scientific Reports*, 7(1) : 6288.

Vidau *et al.* 2017. La réalité du terrain : Comment évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple. Consulté le 13/09/2022. https://itsap.asso.fr/pages_thematiques/pesticides/realite-terrain-evaluer-leffet-pesticides-situation-dexposition-multiple/

Tomé *et al.* 2019. Frequently encountered pesticides can cause multiple disorders in developing worker honey bees. *Elsevier, Environmental Pollution*, 256.

Vidau *et al.* 2020. Exploration des effets non intentionnels des produits biocides et antiparasitaires utilisés en élevage sur la santé des colonies d'abeilles mellifères - Restitution du projet BAPESA

Winston, M.L. 1987. *The biology of the honey bee.*

Pinheiro, J. C. & Bates, D. M. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS.* Springer Verlag edn, (Springer, 2000).

Keszthezlyi *et al.* 2021. CT-supported analysis of the destructive effects of *Varroa destructor* on the pre-imaginal development of honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie* 52 (2021), 155-162

Elias. 2022. Honeybee Crisis in North America. Imperiled: The Encyclopedia of Conservation (2022), 521-537

Pour citer cet article : Lavainne P., Rüger C., Amat J-P., Hénaux V., Morignat E., Roy. C. 2022. « Estimation de la date présumée d'une mortalité massive aigue d'abeilles à partir de la masse d'un échantillon de cadavres d'abeilles adultes : étude pilote » Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 101 (4) : 1-9.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication : Benoit Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Hélène Amar, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailier, Célia Locquet

Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit Durand, Françoise Gauchard, Guillaume Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition :
Fabrice Coutureau Viceaire

Assistante d'édition :

Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie

94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemiologie@anses.fr

Dépôt légal : parution/ISSN 1769-7166

Évaluation du Plan de Surveillance des Oléoprotéagineux (PSO) par la méthode OASIS

Bärenstrauch Margot¹, Drouin Alex², Dauguet Sylvie³, Lacoste Florence⁴, De la Borde Isabelle³,
Krieger Laura⁴, Bernard Hélène¹, Gay Émilie⁵

Auteur correspondant : margot.barenstrauch@inrae.fr

¹ Oniris, INRAE, Laberca, 44300 Nantes, France

² VetAgro Sup, Université de Lyon, Département Elevage et Santé Publique Vétérinaire, Marcy-L'étoile, France

³ Terres Inovia, Pessac, France

⁴ ITERG, Pessac, France

⁵ Anses, Laboratoire de Lyon, Lyon, France

Résumé

Le plan de surveillance des oléoprotéagineux (PSO), instauré en 2005 et coordonné par Terres Inovia, l'ITERG et Terres Univia, vise à garantir la sécurité sanitaire des oléoprotéagineux en permettant le partage d'informations au sein de la filière. Il repose sur une adhésion gratuite et volontaire des entreprises du secteur qui choisissent de mutualiser leurs données d'autocontrôles. Dans le cadre des travaux d'optimisation de la surveillance du cadmium en France, mené par le groupe « Cadmium » de la Plateforme de Surveillance de la Chaîne Alimentaire (SCA), le PSO s'est porté volontaire en 2022 pour mener une évaluation approfondie de son fonctionnement à l'aide de l'outil OASIS. Les résultats soulignent avant tout l'intérêt des partenaires pour le PSO qui répond pleinement à leurs attentes grâce à une diffusion régulière de l'information. Il permet d'obtenir un bilan élargi de la qualité sanitaire des oléoprotéagineux, facilite les échanges entre l'amont et l'aval et contribue à l'harmonisation des pratiques de surveillance. Des améliorations sont suggérées, notamment pour encourager la participation des entreprises de secteurs encore peu couverts et rendre le dispositif plus visible auprès des acteurs de la filière. Les recommandations formulées pourront être utiles à d'autres dispositifs de surveillance et ouvrir la voie à de futures évaluations OASIS portant sur la surveillance des contaminants chimiques dans l'alimentation.

Mots-clés

Surveillance, oléoprotéagineux, cadmium, sécurité sanitaire des aliments

Abstract

OASIS evaluation of the French surveillance system for protein crops and oilseeds.

The protein crops and oilseeds monitoring plan (PSO), set up in 2005 and managed by Terres Inovia, ITERG and Terres Univia, aims to ensure the food safety of oilseed and protein crops by sharing information within the sector. It relies on a free and voluntary membership by companies who choose to share their monitoring data. As part of efforts to optimize cadmium monitoring in France led by the "Cadmium" working group of the National Platform for food chain surveillance (Plateforme SCA), the PSO volunteered to carry out an in-depth assessment of its system in 2022, using the OASIS tool. The results highlight partners' strong interest in the system, which fully meets their expectations thanks to regular dissemination of information. It provides a comprehensive assessment of the food safety of oilseed and protein crops, facilitates exchanges between upstream and downstream sectors, and contributes to the harmonization of monitoring practices. Improvements have been suggested, in particular to encourage the participation of sectors that are still underrepresented and to enhance the visibility of the system among industry stakeholders. The recommendations formulated may be useful to other surveillance systems and pave the way for future OASIS evaluations focusing on the surveillance of chemical contaminants in food.

Keywords

Surveillance, protein crops and oilseeds, cadmium, feed and food safety

Contexte et objectifs de l'évaluation

Entre 2020 et 2022, le groupe de travail (GT) « Cadmium » de la Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire (SCA), animé par l'Association de coordination technique agricole (Acta – les instituts techniques agricoles) et l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), a mené une réflexion sur l'amélioration de la surveillance du cadmium en France. Le premier axe de travail, consacré à l'état des lieux de la surveillance, a permis d'inventorier 19 dispositifs qui participent à la surveillance du cadmium tout au long de la chaîne alimentaire (Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire 2023). Celle-ci est assurée à la fois par les autorités compétentes, en charge des plans de contrôle et de surveillance officiels, et par les professionnels des filières, qui effectuent des autocontrôles dans le cadre de la surveillance obligatoire. Il existe également des dispositifs privés au sein desquels sont rassemblés divers opérateurs d'une même filière, qui s'associent pour partager leurs données d'autocontrôle. C'est le cas du Plan de Surveillance de la qualité sanitaire des Oléoprotéagineux (PSO), qui mutualise les résultats d'autocontrôles des différents acteurs de la filière oléoprotéagineuse (organismes stockeurs, industriels, fabricants d'aliments pour animaux). Afin d'appuyer les travaux du GT Cadmium, le PSO a volontairement accepté que son fonctionnement soit évalué de manière approfondie. Cette démarche a permis de mettre en avant les points forts du dispositif et de l'aider à identifier des pistes d'améliorations, qui pourront être bénéfiques pour l'ensemble de ses activités de surveillance, au-delà de la surveillance spécifique du cadmium.

Matériels et méthodes

Méthode d'évaluation

Le PSO a été évalué à l'aide de la méthode OASIS qui permet une analyse standardisée du fonctionnement d'un dispositif de surveillance (Hendriks *et al.* 2011). Cette méthode a fait ses preuves sur de nombreux systèmes de surveillance évalués en France et a l'avantage de mettre à disposition des outils clé en main pour mener l'évaluation. La méthode s'appuie sur un

questionnaire détaillé, divisé en dix sections fonctionnelles, qui approfondissent chacune un compartiment ou un ensemble d'activités du dispositif de surveillance (ex.: organisation institutionnelle, outils, gestion des données, communication...). Chaque section est constituée d'un nombre variable de critères qui font ensuite l'objet d'une évaluation semi-quantitative. Les critères sont au nombre de 78 et chacun reçoit une note située entre 0 et 3. Ces critères individuels sont ensuite combinés de différentes manières et entrent dans le calcul de notes plus globales, afin de produire trois sorties graphiques. La première sortie permet d'évaluer le fonctionnement global du dispositif, elle représente pour chacune des dix sections fonctionnelles la note obtenue pour l'ensemble des critères entrant dans sa notation par rapport à la note maximale qu'il est possible d'atteindre, exprimée en pourcentage. La deuxième sortie permet de mettre en lumière les points critiques d'un dispositif, tels que définis par la méthode, à l'aide d'un histogramme où chaque barre correspond de nouveau à la note globale obtenue pour les critères entrant dans le calcul de chaque point critique par rapport au maximum atteignable. Enfin, une dernière représentation permet de décerner, toujours en combinant les notes des critères fixés par la méthode, une note globale à chacun des attributs du système. Les attributs de la méthode OASIS sont dérivés des méthodes d'évaluation des systèmes d'épidémiologie, développées par les Centres pour le contrôle et la prévention des maladies aux États-Unis (Centers for Disease Control 1988) et l'Organisation mondiale de la santé (World Health Organization 1997).

L'outil a été développé sous deux versions ; une version approfondie qui implique des entretiens avec un panel d'acteurs représentatif des activités du dispositif, et une version dite « flash » employée ici, qui a l'avantage d'être plus rapide et dans laquelle les entretiens se limitent aux personnes en charge de l'animation du dispositif. Pour le PSO, quatre personnes en charge de la coordination du dispositif (Terres Inovia, ITERG) ont constitué l'équipe d'évaluatrices internes, accompagnée par une équipe d'évaluation externe composée de quatre personnes de l'Anses, d'INRAE et de VetAgroSup. L'ensemble de l'équipe d'évaluation (évaluateurs internes et externes) s'est réuni deux

fois en septembre et octobre 2022 afin de compléter le questionnaire. L'équipe d'évaluateurs externes s'est chargée de proposer une première notation du dispositif selon les 78 critères définis dans la méthode OASIS. Cette évaluation préliminaire a ensuite été révisée en janvier 2023 au cours d'une journée de notation réunissant l'ensemble de l'équipe d'évaluation ainsi que des représentants de sept organismes bénéficiaires du dispositif ou impliqués dans son comité de pilotage (Axérial, Fédération du négoce agricole, Fédération nationale des industries des corps gras, Oqualim, Phytocontrol, Saipol, Terres Univia). Les discussions ont donné lieu à des recommandations d'amélioration, formulées collectivement à l'issue de cette journée. Outre le cadmium, le périmètre de surveillance du PSO couvre de nombreux contaminants chimiques et microbiologiques, aussi le dispositif a été évalué dans son ensemble. En raison de la multiplicité des analyses mises en œuvre, un focus a été fait sur la surveillance du cadmium pour les questions relatives aux analyses de laboratoires.

Description du dispositif PSO

Le PSO a été mis en place de façon opérationnelle en 2005 dans un contexte d'entrée en application progressive du « Paquet Hygiène » (Règlement (CE) 178/2002 dit « Food law »). Cet ensemble de textes réglementaires rend les professionnels responsables de la sécurité sanitaire de leur production et les oblige à mettre en place des plans d'autocontrôles permettant de garantir la qualité sanitaire de la chaîne alimentaire. Le PSO est né du besoin pour la filière de se rassembler au sein d'un dispositif facilitant le partage d'information entre l'amont et l'aval. Outre la production d'un bilan annuel de la qualité sanitaire des oléoprotéagineux, le PSO a pour objectif d'aider les entreprises à positionner leurs résultats par rapport à l'ensemble des acteurs de la filière afin d'adapter leur surveillance. Il permet également d'orienter des programmes de recherche vers les problèmes détectés par le plan. Enfin, il assure la collecte de données fiables et nombreuses permettant de soutenir l'établissement de seuils réglementaires réalistes et de produire une réponse consensuelle de la filière en cas de crise sanitaire.

Le PSO repose majoritairement sur une mutualisation de données d'autocontrôles transmises par les entreprises de la filière, lesquelles

choisissent d'adhérer gratuitement au dispositif (Figure 1). La coordination centrale repose sur une collaboration entre Terres Inovia (Institut technique agricole de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre), l'ITERG (Institut des Corps Gras & produits apparentés) et Terres Univia (Interprofession des huiles et protéines végétales). Au sein de la coordination, quatre personnes sont en charge de la collecte, du traitement et de l'analyse des données d'autocontrôles pour les graines et tourteaux (Terres Inovia) ou les huiles (ITERG).

En 2022, le PSO comptait 37 partenaires (29 organismes stockeurs, cinq tritrateurs, deux raffineurs et un fabricant d'aliments pour bétail) et a collecté 647 113 résultats d'analyse toutes matrices et contaminants confondus (mycotoxines, éléments traces métalliques, résidus de produits phytosanitaires, polluants organiques persistants, contaminants microbiologiques, impuretés botaniques notamment). Le PSO collabore également avec l'Association pour l'alimentation animale (Oqualim), laquelle transmet des données d'autocontrôles déjà mutualisées, collectées auprès de ses propres adhérents. Trois groupes de matrices sont couverts par les déclarations des entreprises : les graines oléagineuses et légumineuses (colza, tournesol, soja, lin oléagineux, pois, féverole, lentille, pois chiche, lupin), les huiles (huiles brutes, huiles vierges, huiles raffinées, huiles acides et coproduits du raffinage) et les tourteaux. Par ailleurs, certaines données transmises par l'ITERG et qui alimentent le PSO sont obtenues dans le cadre de campagnes d'analyses annuelles organisées par l'ITERG et financées sur un budget hors PSO. Ces campagnes ciblent généralement quelques couples contaminants/huiles d'intérêt et 80 analyses sont ainsi réalisées sur 40 échantillons d'huiles chaque année.

Les données collectées comprennent des informations sur la matrice (date de récolte, provenance) et sur l'analyse effectuée (date de prélèvement, nom du laboratoire d'analyse, méthode d'analyse, résultats ...). Ces données sont traitées et valorisées chaque année dans un rapport global et les résultats sont présentés lors d'une réunion annuelle destinée à l'ensemble des partenaires. Par ailleurs, le PSO met à disposition de ses adhérents actifs (c'est-à-dire ayant transmis a minima un résultat d'analyse pour le couple contaminant/produit considéré) un portail internet privé sur lequel ils peuvent consulter et extraire à tout moment leurs résultats individuels. Le portail

donne également accès à des statistiques consolidées à partir de l'ensemble des données du PSO. À partir des résultats annuels de la surveillance, le PSO édite une liste de couples matrices/contaminants pour lesquels la surveillance

est recommandée. En parallèle de ses missions de surveillance, le PSO réalise une veille réglementaire pour ses partenaires, permettant de les tenir informés de l'évolution de la législation en matière de surveillance des contaminants.

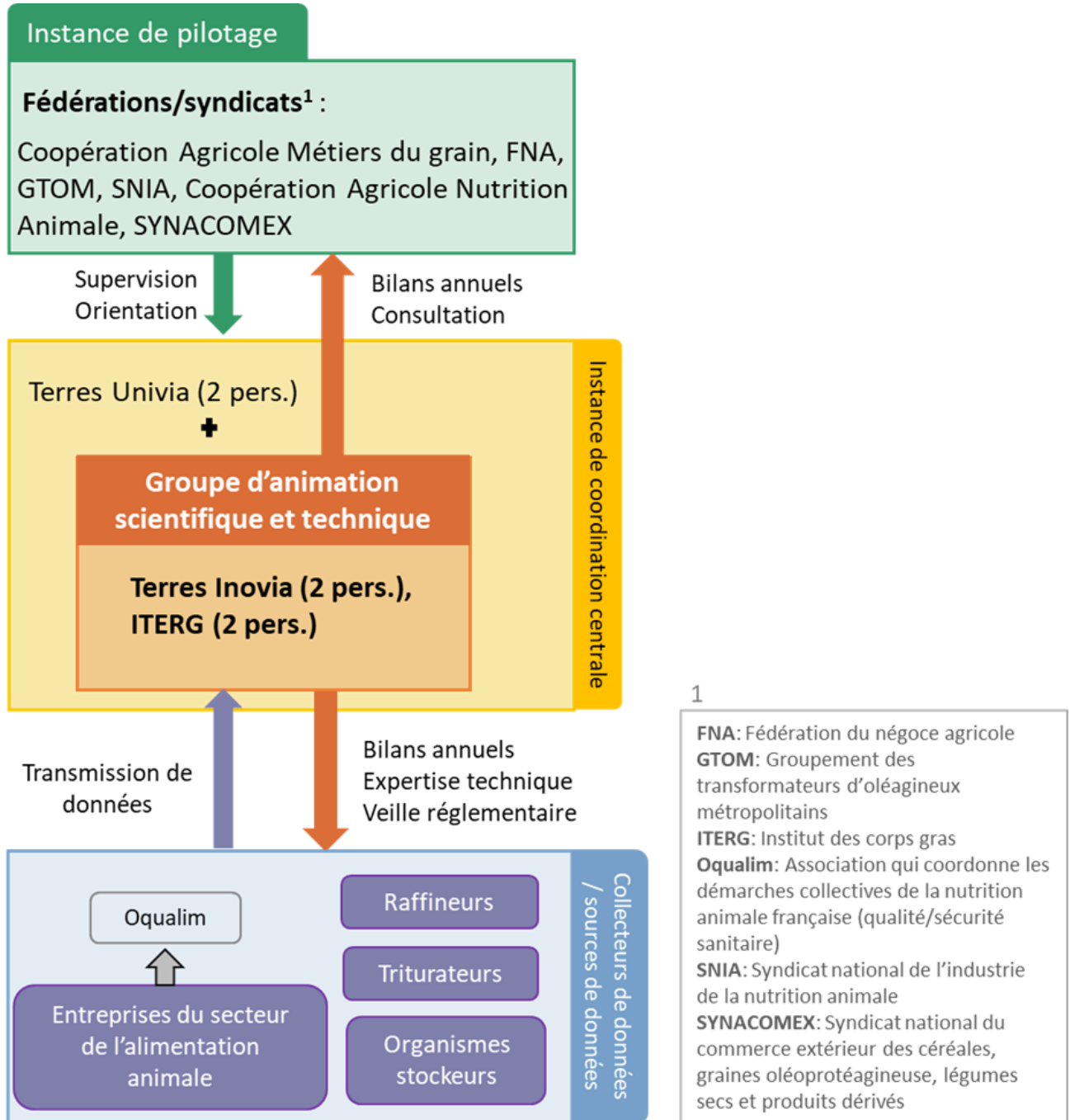


Figure 1. Schéma représentant le fonctionnement du PSO

Résultats et discussion

Analyse par les sections fonctionnelles de la méthode Oasis

Chacune des dix sections fonctionnelles définies par la méthode Oasis pour le dispositif PSO s'est vue attribuer un score reflétant son niveau de satisfaction (Figure 2). Le fonctionnement du dispositif est globalement très satisfaisant puisque huit sections sur neuf (la section 5 sur les outils de la surveillance n'étant pas applicable) présentent un score avoisinant 70 %. Seule la section « Évaluation » présente un score inférieur à 50 % comme c'est souvent le cas lors d'une première évaluation.

- Objectifs et champ de la surveillance

Cette section atteint la note maximale de 100 % puisque les objectifs du PSO sont pertinents, en adéquation avec les attentes des bénéficiaires et

formalisés dans une convention de partenariat. Des bénéficiaires plus indirects avec lesquels certains échanges ont déjà lieu comme les pouvoirs publics, la communauté scientifique ou les évaluateurs de risque pourraient également être interrogés sur leurs attentes éventuelles vis-à-vis de ce dispositif de surveillance. En fonction des retours, il pourrait être envisagé de les inclure dans le comité de pilotage. Les contaminants surveillés sont en adéquation avec la situation sanitaire actuelle puisqu'il s'agit pour l'essentiel de contaminants réglementés et que leur liste évolue en fonction de la législation. En ce qui concerne les contaminants émergents, le PSO établit une liste annuelle de contaminants à surveiller sur la base des résultats obtenus et de la demande des partenaires. Cette liste gagnerait néanmoins à être soumise annuellement au comité de pilotage pour valider sa pertinence.



Figure 2. Résultat de l'analyse par section fonctionnelle du PSO. Les pourcentages indiquent le niveau de satisfaction de chaque critère (partie foncée), la zone blanche indique la marge de progression.

- Organisation institutionnelle centrale

Le score obtenu (78 %) reflète un fonctionnement très satisfaisant mais qui gagnerait à être mieux formalisé. La coordination du dispositif est rendue efficace grâce à une communication fluide entre les animatrices du dispositif, facilitée par la petite taille des équipes et leur proximité géographique. Les moyens à disposition des animatrices sont satisfaisants même si une augmentation des ressources disponibles permettrait d'allouer plus de temps au recrutement de nouveaux partenaires. Une amélioration rapide pourrait être réalisée en formalisant par écrit la composition du comité de pilotage. Le rôle de Terres Univia gagnerait à être explicité, ses interactions avec le PSO dépassant parfois le simple financement.

- Organisation institutionnelle de terrain

Du fait de l'adhésion volontaire des partenaires, le PSO n'a que peu de prise sur l'échantillonnage et sa représentativité, ce qui explique le score de 67 % obtenu. Notamment, les acteurs du secteur de la transformation des protéagineux et les producteurs de soja sont encore peu présents parmi les adhérents. Le seul moyen d'augmenter la couverture nationale des différents secteurs est de démarcher les entreprises tout en renforçant le lien de confiance, mission déjà réalisée en continu par le PSO et permettant par ailleurs d'assurer sa pérennité. Des estimations chiffrées de la couverture actuelle par secteur (organismes stockeurs, tritrateurs, huiliers etc.), produit (colza, tournesol, pois chiche etc.), zone géographique seraient appréciables. Cela permettrait au comité de pilotage d'identifier les partenaires prioritaires à démarcher.

- Laboratoire

Les critères évalués permettent d'obtenir dans l'ensemble un score très satisfaisant de 78 %, même si seulement six critères sur treize ont pu être notés. Les critères portant sur le niveau d'accréditation des laboratoires, les délais d'analyse, la gestion des données n'ont pu être évalués compte-tenu de l'organisation du PSO où le choix des laboratoires d'analyse revient aux entreprises dans le cadre des autocontrôles et aucune convention ne les lie au dispositif. Ainsi, le PSO dispose de peu d'informations sur les laboratoires et ne peut pas assurer la qualité et la standardisation des analyses. Il joue cependant un rôle de conseiller technique

auprès des entreprises en émettant des recommandations quant aux critères à vérifier au moment du choix des laboratoires. De même, le PSO a pu organiser par le passé des campagnes d'analyses d'échantillons dopés, afin de comparer les performances de différentes méthodes analytiques de résidus phytosanitaires. Ces campagnes ne constituaient cependant pas des essais inter-laboratoires en tant que tel. Ces initiatives pertinentes pourraient être renouvelées si besoin, voire étendues en proposant aux partenaires une liste de laboratoires référencés pour chaque type d'analyse. La sensibilité, spécificité et pertinence des méthodes analytiques ont été évaluées pour le cadmium uniquement. Le PSO ne dispose pas toujours de l'information sur les méthodes analytiques employées par les laboratoires mais la sensibilité, spécificité et pertinence des méthodes recommandées pour l'analyse du cadmium, disponibles sur le marché en France, sont jugées bonnes et leurs performances analytiques répondent aux exigences réglementaires.

- Outils de surveillance

Cette section permet d'évaluer la formalisation des protocoles de surveillance et la standardisation de la collecte des échantillons. Elle ne s'applique donc pas au PSO qui s'appuie sur une surveillance existante et dont les protocoles sont déterminés par la réglementation ou bien découlent de la démarche HACCP (« Hazard Analysis Critical Control Point ») des entreprises. Comme précédemment pour l'absence de standardisation des analyses entre laboratoires, ce sont des limites structurelles pour lesquelles il n'y a pas de marge de progression possible mais qui doivent cependant être reconnues par le dispositif puisqu'elles impactent l'exploitation qui peut être faite des données, et notamment leur comparabilité.

- Modalités de surveillance

La note obtenue est un peu plus faible (67 %) que dans d'autres sections à nouveau pour des raisons essentiellement structurelles. En effet, le dispositif n'a pas la possibilité de maîtriser l'adéquation des protocoles de surveillance mis en place ni la représentativité et la précision permises par l'échantillonnage. Par ailleurs, l'exploitation des données collectées met en lumière que le nombre d'analyses transmises au PSO n'est pas systématiquement corrélé aux volumes de

production des entreprises. Cela peut être lié à un taux d'échantillonnage variable ou à une remontée non exhaustive des résultats d'analyses. Pour mieux estimer la représentativité des données collectées par le PSO, il pourrait être utile de déterminer avec les partenaires la proportion de résultats d'analyse transmis par rapport au total des analyses réalisées. Le taux de réalisation de la surveillance effectuée par les entreprises n'a pas été évalué car cette information n'est pas connue. Il paraît en effet difficile d'exiger cette information des partenaires et cela pourrait se révéler contre-productif, voire fragiliser le lien de confiance établi.

- **Gestion des données**

Le score obtenu dans cette section est élevé (81 %) et reflète une exploitation régulière et adaptée des données pour laquelle des moyens humains et financiers suffisants sont mis à disposition. L'outil informatique permettant la collecte et l'exploitation des données est actuellement en cours de refonte et le PSO pourra se saisir de cette opportunité afin de se fixer des objectifs de progression facilement atteignables. L'étape d'importation, chronophage, doit être facilitée afin de libérer du temps à l'équipe d'animation et aux partenaires. Actuellement, près de 80 % du volume des données sur les huiles est ainsi saisi par les animatrices du PSO. Parmi les autres pistes d'amélioration, un protocole formalisé de vérification et de validation des données pourrait être rédigé afin d'homogénéiser les pratiques et de faciliter le transfert de compétences. L'outil actuel utilisé pour l'édition des rapports manque de flexibilité et son changement pourra être l'occasion d'explorer d'autres modes de représentation des données : par exemple des bilans annuels synthétiques permettant d'identifier rapidement les contaminants problématiques, et des bilans plus détaillés montrant des distributions statistiques ou temporelles, lorsque que cela s'avère pertinent.

- **Formation des acteurs du dispositif**

L'équipe d'animation actuelle dispose de très bonnes compétences adaptées aux besoins du dispositif et notamment une excellente maîtrise des sujets en chimie. Cela explique le bon score obtenu (78 %). Il faudra cependant veiller au maintien et transfert des compétences en cas de renouvellement au sein de l'équipe d'animation. Il pourrait également s'avérer utile de faire ponctuellement appel à des compétences externes

complémentaires sur les contaminants microbiologiques. Concernant la formation des partenaires, l'accompagnement à la saisie des données proposé au moment de leur adhésion pourrait être systématisé et également proposé aux anciens adhérents. Cette formation pourrait éventuellement être mutualisée avec Intercéréales (Interprofession de la filière céréalière française) puisque le portail de déclaration des résultats d'autocontrôles sera commun aux adhérents du PSO et ceux du plan de surveillance filière d'Intercéréales. Ces sessions permettraient par ailleurs d'exposer aux partenaires les enjeux liés à la saisie des données et de les sensibiliser à des sujets clés comme la qualité des données.

- **Communication interne et externe**

Cette section obtient le score élevé de 72 %. Sur le plan de la communication interne, le PSO édite un rapport annuel largement apprécié et attendu par les entreprises. L'outil informatisé permet de plus à chaque partenaire un accès individuel à ses données qu'il peut consulter à tout moment. En revanche, le PSO gagnerait en visibilité externe s'il disposait d'un espace web où afficher un descriptif du dispositif et de ses objectifs et où rassembler les supports de présentation et publications, ainsi que les informations concernant la veille réglementaire.

- **Évaluation interne et externe**

Les notes de cette section sont faibles (42 %) mais pourront très vite être améliorées par le fait même d'avoir mis en place cette première évaluation OASIS. Cette démarche pourrait également s'accompagner de la mise en place d'indicateurs annuels de fonctionnement (exemple : nombre de nouveaux adhérents, nombres de données collectées par secteur alimentaire ou zone géographique, nombre de communications externes) permettant un suivi de la santé du dispositif.

Analyse par points critiques

L'analyse par points critiques (**Figure 3**) a pour but d'apporter un éclairage complémentaire et de mettre rapidement en évidence les principaux axes d'amélioration possibles.

Ici, cette analyse permet d'identifier, sur la base des pourcentages, les points critiques les plus perfectibles à savoir : les outils (50 %), l'échantillonnage (67 %), l'animation (68 %) et dans une moindre mesure le recueil et la circulation des

données (75 %). Bien que le dispositif n'ait pas de prise sur les outils (protocoles d'échantillonnage, méthodes analytiques employées par les laboratoires), une marge de progression est possible en ce qui concerne la sensibilisation des partenaires aux enjeux du partage de données exhaustives et respectant un cahier des charges garantissant leur qualité (complétude, homogénéité de format etc.). Pour l'échantillonnage et notamment la couverture des différents secteurs de la filière, une marge de progression est possible en intégrant davantage d'entreprises partenaires. Néanmoins cela représente un surcroît de données à traiter dont il convient d'évaluer le rapport coût/bénéfices. Estimer la représentativité des données collectées par le dispositif permettrait dans un premier temps d'identifier les secteurs les moins bien couverts et d'orienter en conséquence la stratégie de recrutement. Il semble dans tous les cas plus efficient de viser l'amélioration de la représentativité en ciblant de nouveaux partenaires dans les secteurs moins bien couverts, notamment celui des protéagineux, plutôt que de viser

l'exhaustivité des secteurs déjà bien couverts. L'animation du dispositif pourra quant à elle gagner en efficacité par la formalisation des structures d'animation (« qui fait quoi ») et par la mise en place d'un outil facilitant la saisie et l'exploitation des données. Enfin, le dispositif peut parfois pâtir d'un retard de transmission des données mais ce point semble difficile à améliorer. En revanche, le recueil et la circulation des données pourront être améliorés par le développement d'un espace de partage proposant le dépôt et l'échange de documents, ce qui permettrait par exemple aux nouveaux partenaires d'avoir accès à l'historique des bilans sanitaires. Inversement, le traitement et l'interprétation des données (86 %), la diffusion de l'information (89 %) et les objectifs fixés (93 %) apparaissent comme des points forts du dispositif. Ces résultats traduisent une bonne maîtrise des sujets techniques couverts par le PSO ainsi qu'une exploitation et une diffusion régulière des résultats, en adéquation avec les besoins des partenaires actuels, permettant d'atteindre l'ensemble des objectifs fixés.

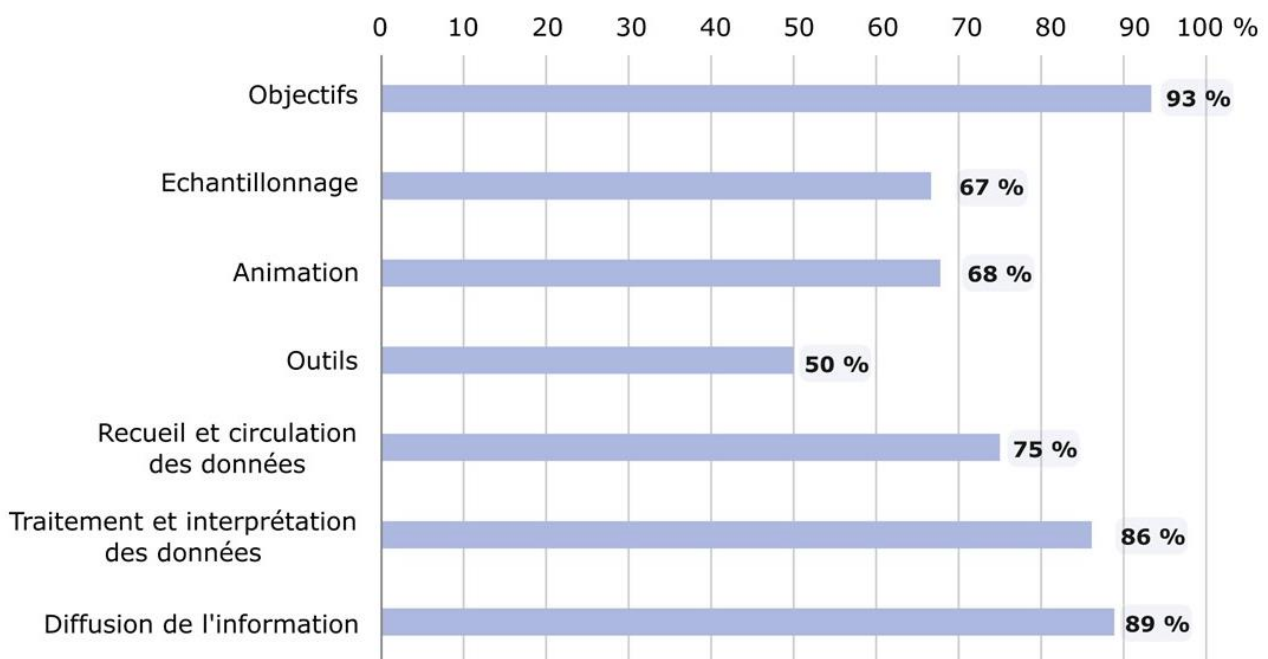


Figure 3. Résultats de l'évaluation du PSO selon sept points critiques. Les pourcentages indiquent le taux de satisfaction de chacun des items

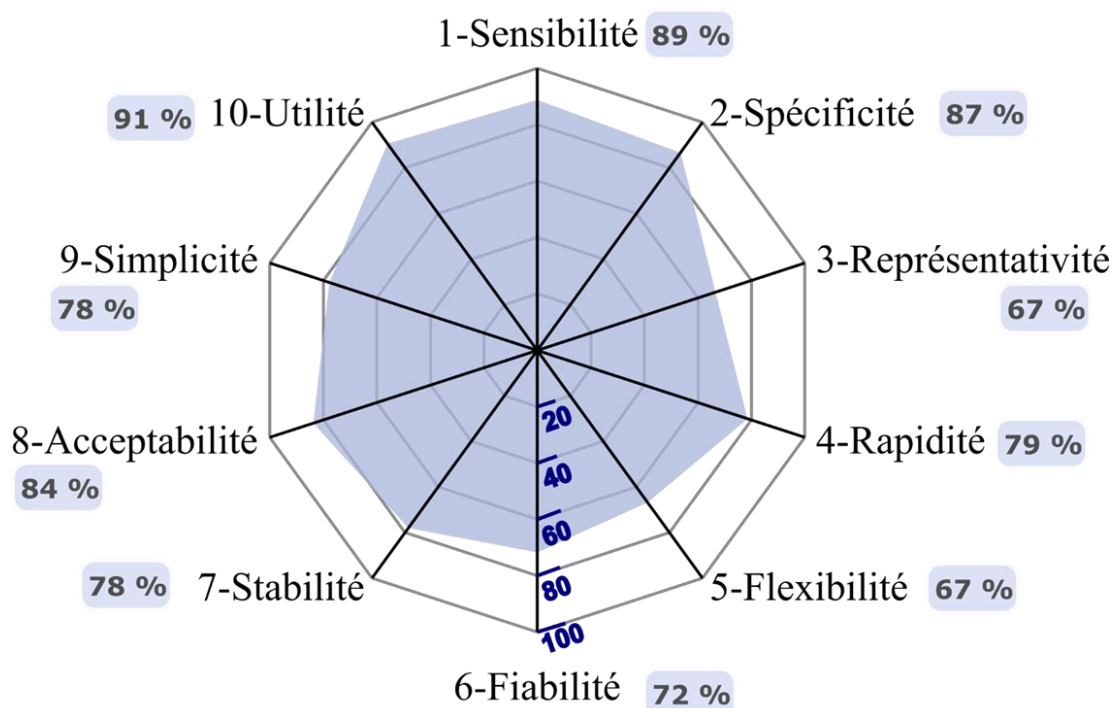


Figure 4. Résultats obtenus pour le PSO après évaluation des dix attributs d'un système de surveillance. La zone colorée indique le niveau de satisfaction (en pourcentage) de chacun des attributs.

Analyse globale par attributs

L'analyse selon les attributs du dispositif de surveillance permet d'estimer la qualité globale du dispositif (Figure 4). Les résultats démontrent avant tout la pertinence de la démarche du PSO dans la surveillance des contaminants qui concernent la filière des oléoprotéagineux. Les très bons scores attribués aux critères d'« utilité » et d'« acceptabilité » (correspond à l'adhésion des partenaires aux objectifs, à l'organisation, au fonctionnement et aux résultats du système de surveillance et à leur volonté de participer aux activités de ce système) rendent compte de la prise en compte des attentes des partenaires et de leur pleine satisfaction. Tout au long de l'évaluation, les entreprises partenaires ont largement souligné l'intérêt du PSO pour leurs besoins de surveillance. Certains scores plus faibles (« fiabilité » et « représentativité ») s'expliquent quant à eux par des caractéristiques inhérentes au dispositif, à savoir une absence de maîtrise des protocoles et des modalités d'échantillonnage ou d'analyse. Les efforts d'amélioration devront donc plutôt porter sur d'autres attributs. En premier lieu, la construction en cours du nouvel outil informatique permettra une saisie facilitée des données et pourra s'accompagner de sessions de formation des

partenaires, améliorant les attributs de « simplicité », « spécificité » et « rapidité » du système. Dans un second temps, la mise en place d'une démarche qualité simplifiée (formalisation des groupes d'animation scientifique et technique, du comité de pilotage, rédaction de procédures d'analyse et vérification des données) permettrait quant à elle d'améliorer facilement la « stabilité » du dispositif.

Conclusion

Initialement pensée pour évaluer afin d'optimiser des dispositifs de surveillance en santé animale, la méthode OASIS a plus récemment trouvé son application en surveillance de la chaîne alimentaire. Elle a notamment été utilisée pour évaluer le dispositif de surveillance des Salmonelles en alimentation animale animé par Oqualim (Lailier, R. et al.2021). En transposant la méthode au domaine de la surveillance des résidus et contaminants chimiques, cette évaluation confirme la flexibilité de l'outil.

L'évaluation du PSO souligne les nombreux atouts du dispositif. En mutualisant les données de surveillance des entreprises depuis 2005, le PSO contribue non seulement à l'identification efficace des contaminants problématiques rencontrés à l'amont et l'aval de la filière, au niveau national, mais il œuvre également pour la convergence des

pratiques de surveillance. Les collaborations intersectorielles mises en place avec Oqualim et Intercéréales, lesquels partagent avec le PSO des opérateurs communs (organismes stockeurs), sont un point fort du dispositif et doivent être maintenues voire développées. Par ailleurs, l'exercice a permis de formuler collectivement des pistes d'amélioration et il reviendra aux acteurs du PSO de les prioriser en fonction des moyens à leur disposition. Les principaux axes d'amélioration identifiés visent notamment l'amélioration de la couverture du dispositif, en intégrant les acteurs du secteur de la transformation des graines légumineuses et le renforcement de la représentativité des données en s'assurant que le nombre d'analyses transmises au PSO est corrélé aux volumes de production des entreprises. Il est également suggéré de formaliser un certain nombre de procédures et de renforcer la visibilité du dispositif par la création d'un espace web dédié. Ces points ont été portés à la connaissance des acteurs du dispositif qui décideront des suites à donner.

Enfin, l'évaluation du PSO dans sa globalité rend la démarche plus facilement transposable à d'autres dispositifs fondés sur le même modèle de mutualisation de données d'autocontrôles. Les recommandations formulées à l'intention du PSO répondent ainsi à l'objectif du GT « Cadmium » qui souhaitait que la démarche puisse inspirer d'autres acteurs de la surveillance de la chaîne alimentaire.

Pour citer cet article :

Bärenstrauch Margot, Drouin Alex, Dauguet Sylvie, Lacoste Florence, De la Borde Isabelle, Krieger Laura, Bernard Hélène, Gay Émilie. 2024. « Évaluation OASIS du Plan de Surveillance des Oléoprotéagineux (PSO) » *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 101 (05) : 1-10

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication :

Benoît Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Diane Cuzzucoli, Jean-Philippe Amat, Céline Dupuy, Viviane Hénaux, Renaud Lailier

Comité de rédaction :

Marianne Chemaly, Martine Denis, Benoit Durand, Françoise Gauchard, Guillaume Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition : Fabrice Coutureau Vicaire

Assistante d'édition : Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemi@anses.fr

Sous dépôt légal : CC BY-NC-ND
ISSN : 1769-7166

Remerciements

Les auteurs remercient tout particulièrement les organismes cités ci-après pour leur mobilisation et leur investissement au cours de la journée de notation : Axérial, la Fédération nationale des industries des corps gras, La Fédération du négoce agricole, Phytocontrol, Oqualim, Saipol et Terres Univia.

Références bibliographiques

Hendrikx, 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 & Infection* 139 (10): 1486-96. <https://doi.org/10.1017/S0950268811000161>

Lailier, R., C. Ravel, et B. Markwitz. 2021. « Évaluation OASIS du dispositif de surveillance des salmonelles en alimentation animale (association OQUALIM) ». *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 2021, 92 (8): 1-9

Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire. 2023. « Surveillance du cadmium dans la chaîne alimentaire - Rapport final du groupe de travail ». https://www.plateforme-sca.fr/sites/default/files/inline-files/GT%20cadmium_Rapport_VF.pdf

Filière laitière caprine et ovine dans le Puy-de-Dôme et l'Ain : des caractéristiques favorisant potentiellement la transmission alimentaire du virus de l'encéphalite à tique

Souheyla Benfrid^{1,2,3*}, Laure Mathews-Martin^{1,2,3*}, Miehé Aude⁴, Laure Bournez¹

Auteur correspondant : laure.bournez@anses.fr

¹ Anses, Laboratoire de la Rage et de la Faune Sauvage de Nancy, France

² Anses, INRAE, ENVA, UMR Virologie, Laboratoire de Santé Animale, Maisons-Alfort, France

³ VetAgroSup, ENSV-FVI, Marcy-l'Etoile, France

⁴ Chambre régionale d'agriculture Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon, France

* les auteurs ont contribué de manière égale à ce travail.

Résumé

Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV), provoquant des infections neurologiques sévères chez l'Homme, est transmis à l'Homme par les tiques ou la consommation de produits laitiers non pasteurisés, principalement issus de chèvres et de brebis. En France, les suspicions et les cas de contamination alimentaire ont été rapportés uniquement en région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA). Notre étude s'est intéressée aux caractéristiques des filières lait de chèvres et brebis dans deux départements de la région AURA, l'Ain et le Puy-de-Dôme, pour mieux appréhender le risque de transmission alimentaire de TBEV. Les résultats de notre étude montrent que ces filières présentent effectivement des caractéristiques pouvant favoriser la transmission du TBEV à l'Homme par voie alimentaire. Les pratiques d'élevage dans ces régions, caractérisées par un pâturage fréquent et une forte proximité des pâtures avec des zones boisées, favorables à la présence de tiques, exposent couramment les petits ruminants aux piqûres de tiques. La très grande majorité des éleveurs transforment directement leur lait en fromage au lait cru à la ferme, et vendent une grande quantité de fromages frais, les plus à risque de contenir du TBEV infectieux. Les produits sont vendus localement, ce sont donc principalement les consommateurs locaux (du département ou de la région) qui risquent de se contaminer par TBEV.

Mots-clés

virus de l'encéphalite à tiques, chèvres, brebis, produits au lait cru, fromage, filière

Abstract

Goat and sheep milk supply chain in Puy-de-Dôme and Ain: characteristics potentially favouring food-borne transmission of tick-borne encephalitis virus

Tick-borne encephalitis virus (TBEV), which causes severe neurological infections in humans, is transmitted to humans by ticks or by consumption of unpasteurised dairy products, mainly from goats and sheep. In France, only the Auvergne-Rhône-Alpes (AURA) region has reported suspected or confirmed cases of foodborne contamination. Our study focused on the characteristics of the goat and sheep milk sectors in two departments of the AURA region, Ain and Puy-de-Dôme, to better understand the risk of food-borne transmission of TBEV. The results of our study show that these sectors do indeed have characteristics that may favour the food-borne transmission of TBEV to humans. Farming practices in these regions, characterised by frequent grazing and close proximity of pastures to wooded areas - suitable for the presence of ticks - often expose small ruminants to tick bites. The vast majority of farmers process their milk directly into raw milk cheese on the farm and sell a large quantity of fresh cheese, which is at the highest risk of containing infectious TBEV. The products are sold locally, so the main risk of contamination by TBEV is to local (departmental or regional) consumers.

Keywords

Tick-borne encephalitis virus, goats, sheep, raw milk products, cheese, supply chain

Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV), responsable d'infections neurologiques sévères chez l'Homme, est la première arbovirose en Europe avec plus de 3000 cas annuels (**Encadré 1**). Il circule naturellement entre la tique *Ixodes ricinus* et les rongeurs forestiers (mulots, campagnols). Outre les piqûres de tiques, l'Homme peut aussi se contaminer par la consommation de produits laitiers non pasteurisés issus de ruminants domestiques infectés par le TBEV. Les animaux sont asymptomatiques mais peuvent excréter le virus dans leur lait pendant cinq à 23 jours (Balogh *et al.* 2012). En Europe, les cas de transmission alimentaire sont principalement liés à la consommation des produits caprins puis ovins (Martello *et al.* 2022). Il reste encore beaucoup d'incertitudes sur cette voie de contamination, comme la dose minimale infectieuse pour l'être humain dans les produits laitiers ou la persistance du virus infectieux dans les différents types de produits. Il est néanmoins attendu que la charge virale infectieuse est d'autant plus élevée que les produits sont frais (courte durée d'affinage) et peu thermisés (Offerdahl, Clancy, and Bloom 2016). La pasteurisation permet en revanche d'éliminer le virus dans le lait (Rónai and Egyed 2020). Ainsi, les produits représentant un risque potentiel de contamination humaine seraient surtout les produits frais (lait, faisselle, caillé lactique), mais aussi potentiellement (et bien qu'incertain) les sous-produits générés lors des processus de transformation fromagère (lactosérum, caillé) et les fromages affinés mi-secs et secs.

En France, entre 10 et 40 cas humains autochtones d'encéphalite à tiques sont signalés chaque année. La TBE chez l'Homme est devenue une maladie à déclaration obligatoire en mai 2021. Des cas sont actuellement recensés dans la moitié Est de la France (**Encadré 1**). Le premier foyer de transmission alimentaire a été observé en 2020 avec 43 cas humains de TBE infectés après avoir consommé du fromage de chèvre non pasteurisé issu d'une exploitation dans l'Ain (Gonzalez *et al.* 2022). Depuis, entre mai 2021 et mai 2023, 4/61 (6,5 %) de cas de TBE ont été suspectés d'être d'origine alimentaire et sont tous situés en région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA), avec un cas notamment dans le Puy-de-Dôme (Santé Publique France 2023).

La région AURA est traditionnellement une terre d'élevage, reconnue pour son élevage laitier et la diversité de ses fromages. En ce qui concerne l'élevage de petits ruminants laitiers, la région AURA est classée troisième en termes de populations de

chèvres laitières derrière la région Nouvelle-Aquitaine et les Pays de la Loire (Agreste 2020), mais constitue la première région de production de fromages fermiers caprins avec 35 % de la production nationale. Contrairement à la Nouvelle-Aquitaine et aux Pays de la Loire où les chèvres sont principalement élevées en système bâtiment ou fourrager, les éleveurs de la région AURA pratiquent majoritairement le pâturage, exposant potentiellement leurs chèvres aux piqûres de tiques. Le cheptel régional ovin laitier ne représente quant à lui que 3 % du cheptel français en 2020 (Agreste 2020). Ainsi, le risque de contamination de TBEV par voie alimentaire pose particulièrement question dans la région AURA où la production fermière de lait cru de chèvre est intimement liée à un système d'élevage pastoral.

L'objectif de notre travail était de comprendre les caractéristiques et pratiques de la filière lait cru caprin et ovin dans deux départements de la région AURA, l'Ain et le Puy-de-Dôme, afin de mieux évaluer le risque de contamination alimentaire par TBEV. Ces deux départements ont été sélectionnés car des cas de contamination par consommation de fromages de petits ruminants y ont été diagnostiqués ou suspectés. Pour mener ce travail, nous nous sommes intéressés à (i) l'exposition des animaux aux piqûres de tiques (pratiques de pâturage, environnement des pâtures, infestation par les tiques et traitement), (ii) à la production au lait cru (type de produits, processus de fabrication) et (iii) à la distribution et aux pratiques locales de consommation de ces produits (**Figure 1**).

Matériel et méthodes

Entretiens semi-directifs auprès des acteurs locaux

Des entretiens semi-directifs ont été conduits auprès d'un panel de douze acteurs locaux à l'aide d'une grille d'entretien : Directions Départementales de la Protection des Populations (DDPP) de l'Ain et du Puy-de-Dôme, Groupements de Défense Sanitaire (GDS) de l'Ain, du Puy-de-Dôme et du Rhône, Chambres d'Agriculture (CA) de l'Ain et du Puy-de-Dôme, Chambre Régionale d'Agriculture AURA, Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) AURA, association régionale AURA élevages, éleveuse de caprins présidente de l'association Cabriole 63 et éleveuse de brebis dans le Puy-de-Dôme.

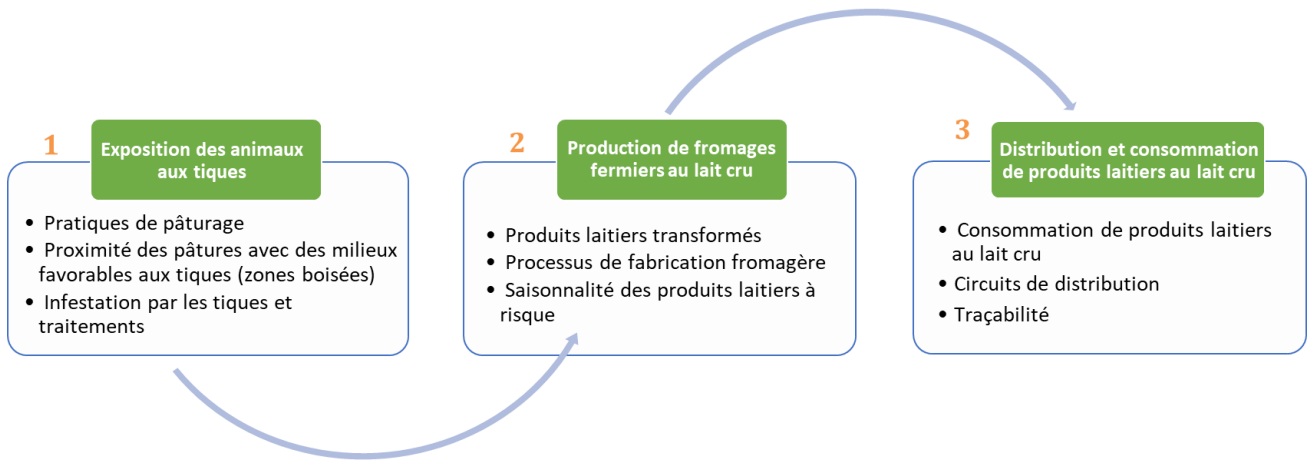


Figure 1. Volets de la filière lait cru petits ruminants explorés lors de l'étude pour mieux comprendre le risque de contamination alimentaire par TBEV

Questionnaire auprès des éleveurs

Après analyse des entretiens, un questionnaire semi-quantitatif pour les éleveurs laitiers de petits ruminants a été élaboré. Ce questionnaire, composé de 120 questions, était divisé en trois parties distinctes décrites dans la **figure 1**.

Le questionnaire a été créé à l'aide de la plateforme Sphinx, accessible via un lien sur smartphone ou ordinateur. Le temps de complétion était de l'ordre de quinze minutes. Avant envoi aux éleveurs, le questionnaire a été testé deux fois auprès de représentants des DDPP, des GDS et des CA des deux départements. Il a été distribué via le mailing des GDS auprès des éleveurs de petits ruminants producteurs fermiers de l'Ain et du Puy-de-Dôme avec deux rappels par les GDS ou les associations d'éleveurs. Sur les deux départements, 26/185 éleveurs de chèvres et brebis ont complété et renvoyé le questionnaire (Ain : 10/80 ; Puy-de-Dôme 16/105). Parmi ces 26 répondants, 17 élevaient exclusivement des chèvres, cinq des chèvres et des brebis (un avec production laitière pour les deux et un avec une production laitière de brebis uniquement) et quatre uniquement des brebis.

Bases de données utilisées et analyses

Les chambres d'agriculture ont fourni les chiffres de la statistique agricole de 2010 et 2020 (Agreste) recensant les effectifs de petits ruminants.

L'analyse de l'exposition des animaux aux piqûres de tiques a été faite à partir des données du questionnaire envoyé auprès des éleveurs. De plus, les pâtures les plus à risque en terme d'exposition des petits ruminants aux piqûres de tiques étant celles à proximité des zones de couvert forestier, la proportion de pâtures au total et par exploitation (*i. e.* par numéro de déclarant anonymisé) située à

moins de 50 m d'une zone boisée par département a été estimée comme indice de contacts potentiels entre les animaux et les tiques. La proportion moyenne de surface boisée dans une zone de 50 mètres autour des pâtures par département et par exploitation a également été calculée. Le relevé parcellaire graphique des élevages de petits ruminants a été fourni par le Service Régional de l'Alimentation (SRAL) de la DRAAF AURA après anonymisation des données. Les données de couvertures forestières ont été obtenues à partir de la base de données BD FORET V2® de l'Institut Géographique National (IGN). Les données parcellaires ne permettant pas de distinguer les élevages laitiers et allaitants, le calcul de la proportion moyenne de surface boisée dans une zone de 50 mètres autour des pâtures a été fait uniquement pour l'élevage caprin, celui-ci étant majoritairement laitier dans les deux départements au contraire de l'élevage ovin.

Les données sur la production au lait cru (type de produits, processus de fabrication, délai entre la traite et la consommation du produit) et la distribution (circuits de distribution, traçabilité) ont été recueillies lors des entretiens semi-directifs de deux éleveurs et par le questionnaire envoyé aux éleveurs.

Les habitudes d'achat et de consommation de produits fermiers à l'échelle départementale ont été analysées à partir des données d'une étude menée par les chambres d'agriculture d'AURA en 2022 auprès de 1175 personnes en situation d'achat sur différents circuits de distribution de produits alimentaires de la région, dont 105 dans l'Ain et 106 dans le Puy-de-Dôme (Chambres d'Agriculture Auvergne-Rhône-Alpes, 2023).

Encadré 1. L'encéphalite à tiques en France

Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV) appartenant à la famille des *Flaviviridae* (genre *Flavivirus*), est présent en Europe et en Asie. En Europe de l'Ouest, seul le sous-type européen (TBEV-Eu), considéré comme le moins pathogène, a été détecté jusqu'à présent. Les symptômes chez les patients ont une évolution biphasique, avec des symptômes grippaux, suivi dans 20 à 30 % des cas par une forme aigüe neurologique entraînant généralement une hospitalisation. Celle-ci se manifeste par des méningites, méningoencéphalites ou méningoencéphalomyélites. Des séquelles neurologiques peuvent persister à long terme chez 40 à 50 % des patients ayant développé une forme clinique aigüe. Ils se caractérisent par des maux de tête, ainsi que des troubles de la mémoire et de la marche. En Europe, une issue fatale est observée dans 0,5 à 2 % des cas.

En France, entre 10 à 40 cas humains autochtones d'encéphalite à tiques sont signalés chaque année, principalement liés à des piqûres de tiques lors de la pratique d'activités professionnelles ou de loisir dans des zones boisées. Ces cas sont recensés historiquement en Alsace et dans l'est de la Lorraine

depuis 1968. Depuis le début des années 2000, des cas ont été régulièrement diagnostiqués dans l'est de la région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA) dans les départements de Savoie et Haute-Savoie (Velay et al., 2018). Depuis 2017, des cas sporadiques apparaissent dans des départements situés plus à l'ouest de cette même région. La TBE chez l'Homme est devenue une maladie à déclaration obligatoire en mai 2021. Depuis, des cas ont été recensés dans une large moitié est de la France (Santé Publique France, 2022).

Références bibliographiques

Santé Publique France. 2023. "Encéphalite à Tiques En France: Premier Bilan Des Cas Recensés Par La Déclaration Obligatoire Entre 2021 et 2023." <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2023/encephalite-a-tiques-en-france-premier-bilan-des-cas-recenses-par-la-declaration-obligatoire-entre-2021-et-2023>.

Velay, Aurélie, Xavier Argemi, Marie-Josée Wendling, Martin Martinot, Yves Hansmann, and Samira Fafi-Kremer. 2019. "L'encéphalite à tique en France: qu'en savons-nous aujourd'hui?" *Revue Francophone des Laboratoires* 2019 (513): 34-43. doi:10.1016/S1773-035X(19)30287-4.

Résultats

Elevages laitiers ovins et caprins : nombre, taille et dynamique d'installation

En 2020, le nombre d'exploitations de chèvres était de 91, dont 63 de plus de dix chèvres dans l'Ain avec 82 chèvres en moyenne ; et de 161 dans le Puy-de-Dôme dont 86 de plus de dix chèvres avec 53 chèvres en moyenne (Agreste 2020). Entre 2010 et 2020, il y a eu une légère diminution du nombre d'élevages dans l'Ain (-16 élevages \geq 10 animaux) contrairement au Puy-de-Dôme (+12 élevages \geq 10 animaux). L'Ain et le Puy-de-Dôme ne comptaient en 2020 que dix et onze exploitations ovines laitières, respectivement (Agreste, 2020).

Dans ces deux départements, les filières lait petits ruminants sont de petites filières relativement peu structurées et indépendantes. Les exploitations restent de taille moyenne avec des éleveurs qui gèrent en autonomie toutes les étapes de l'élevage à la commercialisation de leurs produits, et ont peu de contacts avec les DDPP ou les GDS.

Pratiques de pâturage et exposition des animaux aux piqûres de tiques

Au niveau régional, 70% des éleveurs caprins en région AURA utilisent le pâturage comme mode

d'alimentation principal (Agreste 2010). Similairement, une grande majorité des 26 éleveurs ayant répondu à notre enquête (84 %, 22/26) pratique le pâturage.

D'après les données du parcellaire agricole, les pâturages des élevages caprins sont répartis quasiment sur l'ensemble des deux départements (**Figure 2**). Le Puy-de-Dôme et l'Ain sont deux départements caractérisés par la présence de massifs montagneux et par une couverture forestière importante sur leur territoire représentant 25 % (Puy-de-Dôme) à 36 % (Ain) de leur superficie. Dans le Puy-de-Dôme, les pâtures des élevages caprins sont réparties sur les différents massifs montagneux à l'est et à l'ouest de département et absents dans la plaine de Limagne située au centre (**Figure 2B**). Dans l'Ain, les pâtures des élevages caprins sont également réparties entre l'est, zone de moyenne montagne (massifs jurassiens) avec de grandes étendues forestières, et l'ouest du département, pays de plaines et de bas plateaux caractérisé par une forte fragmentation du milieu forestier (**Figure 2A**). Au total, 59,6 % (n=2596) et 70,1 % (n=2331) de ces pâtures sont situées à proximité (moins de 50 m) de zones boisées dans l'Ain et le Puy-de-Dôme respectivement, représentant un risque potentiel d'exposition aux piqûres de tiques. La proportion de surface forestière dans une zone de 50 mètres

autour des pâtures est en moyenne de 29,2 % (Q25 : 12,9 %, Q75 : 50,0 %). À l'échelle de l'exploitation, 75 % des exploitations (n=182) des deux départements ont au moins la moitié de leurs parcelles à l'interface d'une zone boisée (**Figure 3**) ; et 50 % ont au moins 20 % de surface boisée autour de l'ensemble de leurs pâtures (Q25 : 9,6 %, Q75 : 33,30 %) (**Figure 3**). Ces proportions sont beaucoup plus faibles dans l'ouest de l'Ain, où 75 % des exploitations ont à l'inverse moins de 17 % de surface boisée autour de leurs pâtures.

Chez les éleveurs interrogés et pratiquant le pâturage (n=22), la présence d'une zone boisée adjacente aux parcelles de pâtures est aussi notée comme étant fréquente puisque tous sauf trois (86 %) en ont au moins une et la majorité (15/26) en a plus de 50 %. Les trois élevages n'en ayant pas ont la majorité de leurs parcelles bordées de haies. De plus, sept de ces éleveurs (32 %) utilisent également des parcours boisés, qui sont habituellement peu exploités pour nourrir les autres ruminants domestiques, et servent par ailleurs d'abris naturels aux chèvres.

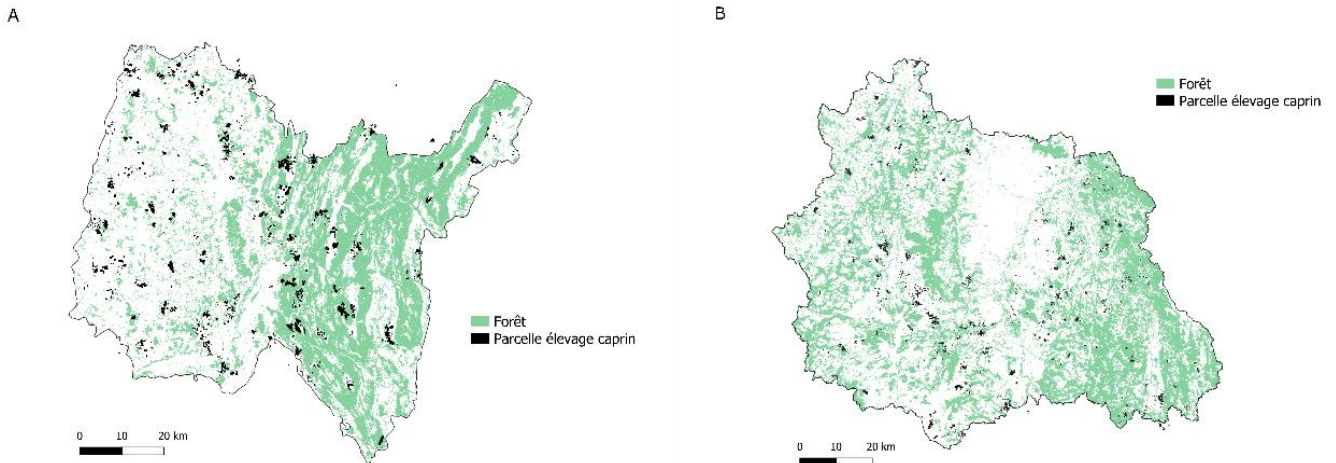


Figure 2. Localisation des pâtures d'exploitants caprins dans les départements de l'Ain (A) et du Puy-de-Dôme (B)

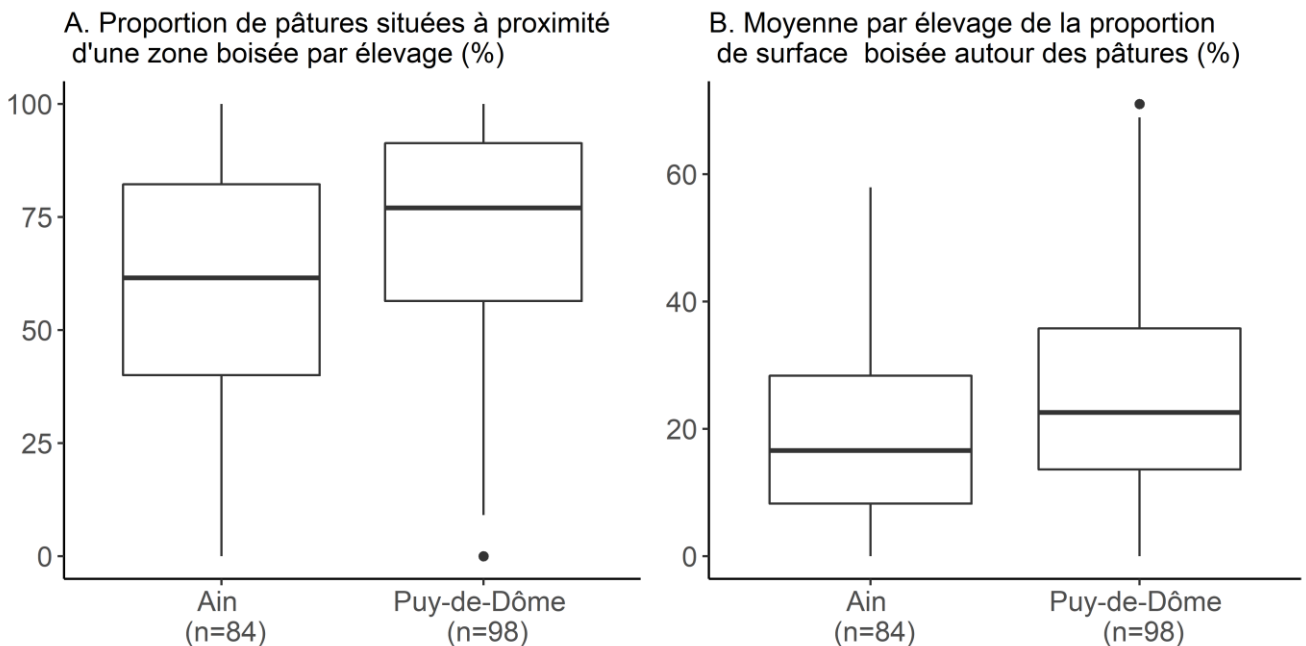


Figure 3. Proximité des pâtures à une zone boisée dans les départements de l'Ain et le Puy-de-Dôme : (A) Proportion de pâtures situées à proximité d'une zone boisée par élevage ; (B) Moyenne par élevage de la proportion de la surface boisée dans une zone de 50 m autour des pâtures

Les petits ruminants sont à l'herbe au moment des pics d'activité des tiques *Ixodes ricinus*, qui ont lieu principalement entre avril et juin et dans une moindre mesure en début d'automne. Cependant, le niveau d'infestation est hétérogène suivant les exploitations. La moitié des éleveurs (54 %, 12/22) n'observent pas ou très peu de tiques sur leurs animaux pendant la période d'activité des tiques, avec moins de 10 % de leurs animaux concernés et moins de dix tiques sur ces animaux. Les autres éleveurs observent généralement peu de tiques sur les animaux infestés (entre trois et dix tiques par animal). La proportion d'animaux infestés varie en fonction des élevages avec seulement 13 % (3/22) d'entre eux qui observent plus de 50 % des animaux infestés.

Lorsque les éleveurs observent des tiques sur leurs animaux, la grande majorité n'utilise pas de traitement antiparasitaire externe et opte uniquement pour le retrait manuel du parasite (86 %, 19/22). Certains (14 %, 3/22) peuvent recourir à des traitements à base d'huiles essentielles et un seul utilise un antiparasitaire externe pharmaceutique en cas d'infestation massive. Par contre, ils traitent davantage leurs animaux contre le parasitisme interne (77 %, 17/22). Ils utilisent alors préférentiellement des molécules qui n'ont pas de délai d'attente pour le lait (éprinomectine, praziquantel) ou des délais relativement courts de l'ordre de cinq à dix jours (moxidectine et albendazole). Ils traitent une à quatre fois par an les chèvres avec ces molécules dont certaines (éprinomectine moxidectine et ivermectine hors période de lactation) agissent également contre les tiques pendant quelques semaines, le plus souvent avec au moins un traitement au printemps, correspondant au début ou au pic de la période d'activité des tiques (12/22).

Pratiques de transformations fromagères et produits laitiers commercialisés

D'après les données du recensement agricole (Agreste 2020), une grande majorité des éleveurs laitiers caprins et ovins transforment à la ferme dans l'Ain (99 % et 100 %) et le Puy-de-Dôme (84 % et 82 %).

Dans notre enquête, tous les répondants transforment directement à la ferme. Les deux-tiers ne travaillent qu'en lait cru et le tiers restant ne pasteurise que 5 à 30 % (maximum de 10 % pour les élevages de chèvres) de la totalité du lait récolté pour la production de yaourts. L'essentiel de la production fromagère fermière au lait cru se fait selon un processus de transformation lactique. Le lactosérum ou « petit-lait », produit lors des phases de caillage et d'égouttage, a différents devenir. S'il n'est pas éliminé, il peut être conservé au frais (81 %,

21/26 des répondants) ou congelé (8 %, 2/26) pour réensemencer la production du lendemain, être donné aux autres animaux (54 %, 14/26), être autoconsommé (8 %, 2/26) ou donné à des personnes fragiles pour restaurer leur flore intestinale (4 %, 1/26). Les éleveurs peuvent également se fournir en lactosérum les uns chez les autres en cas de problème ponctuel de transformation fromagère dans leur exploitation. Au cours de l'étape du caillage, 16/26 (62 %) des producteurs répondants surveillent la qualité du caillé en le goûtant. Les éleveurs consomment régulièrement le lait qu'ils produisent (62 %, 16/26) et leurs fromages frais (100 %, 26/26).

Concernant les pratiques de salage, aucun éleveur ne sale par saumure ; tous utilisent le sel sous forme sèche. La distribution du sel se fait principalement à la pincée (50 %, 13/26) ou au moyen d'un tamis (42 %, 11/26). Trois agriculteurs optent pour le pressage direct du sel sur le fromage par tamponnage. L'apport de sel dans le fromage se fait généralement au moment du démoulage (65 %, 17/26) et/ou au moment du premier retournement (60 %, 15/26). Deux répondants ont indiqué qu'ils salaient directement dans le tank à lait. Quant aux quantités de sel appliquées, elles varient entre 1 et 2 %, ce qui équivaut à 0,5 à 1 g par fromage. Notamment, selon un professionnel interrogé, la tendance a évolué vers une réduction du salage au cours de la dernière décennie afin de s'aligner sur l'évolution des préférences des consommateurs.

Concernant les types de fromage produits, les faisselles et les fromages frais (caillé lactique) représentent 38 % du total des produits vendus, les fromages affinés mi-secs 27 %, secs 14 % et les tommes 13 % et bleus 3 %. Plus de la moitié des éleveurs-transformateurs (61 %, 16/26) produit majoritairement des faisselles, fromages frais (> 30 %), et des fromages affinés mi-secs et secs (> 30 %) avec une production faible (< 20 %) de tommes ou de bleus qui permet d'absorber l'excédent de lait au moment du pic de lactation. Les autres produisent majoritairement une seule catégorie de fromages (5/26 faisselles et fromages frais, 5/26 fromages affinés mi-secs et secs, 4/26 tommes et bleus), ceux produisant des tommes et bleus étant principalement des éleveurs de brebis (3/6 élevages).

Le laps de temps entre l'emprésurage du lait après la traite et la commercialisation des différents types de fromage est d'un à quatre jours pour les faisselles et les caillés lactiques ou fromages frais. Pour les fromages mi-secs, secs et les tommes, les délais mentionnés sont très variables selon les producteurs (Figure 4) : de 5 à 20 jours (72 jours pour un producteur) pour les fromages mi-secs, de

14 à 30 pour les secs (96 jours pour un producteur) et de 20 à 90 pour les tommes (150 jours pour un producteur). Les durées d'affinage pour ces produits sont parfois très faibles, de seulement 5

jours pour les fromages mi-secs, et de seulement 20 à 40 jours pour certains producteurs de tommes, ce qui est aussi long que pour certains fromages secs.

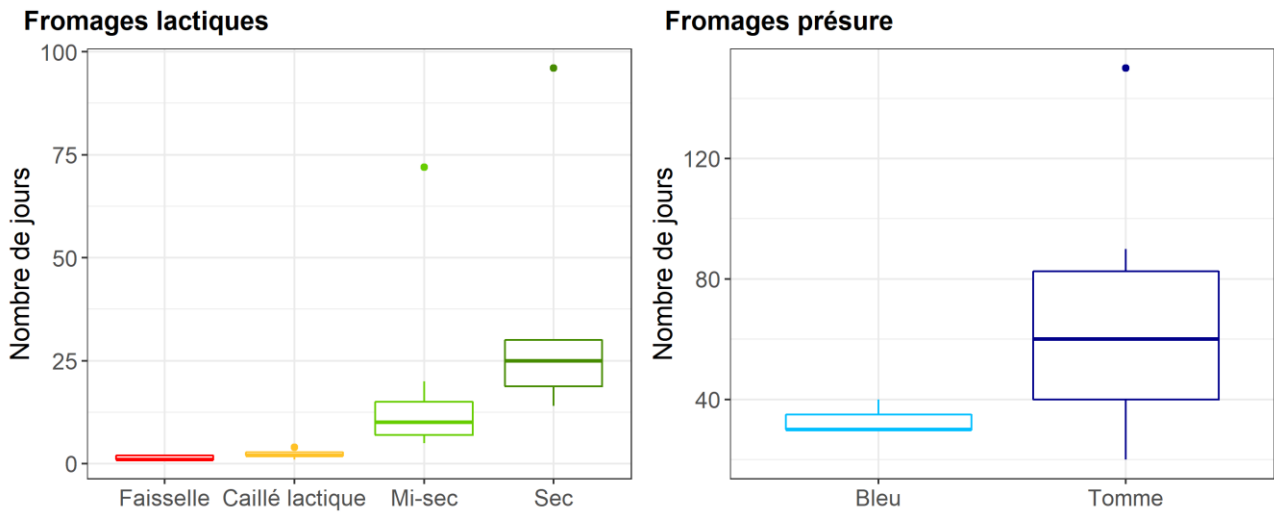


Figure 4. Délai minimal entre l'emprésurage (point 0 de la transformation fromagère) et la commercialisation des différents types de fromages lactiques et de présure (selon l'enquête menée auprès de 26 éleveurs de l'Ain et du Puy-de-Dôme)

Tableau 1. Part des producteurs vendant en circuit court par lieu de commercialisation dans l'Ain et le Puy-de-Dôme (d'après les données d'Agreste 2020 et l'enquête menée auprès de 26 producteurs caprins et ovins de l'Ain et du Puy-de-Dôme).

		Producteurs fermiers (vaches, chèvres, brebis) vendant en circuit court (Agreste, 2020)		Producteurs caprins et ovins de l'Ain et de Puy-de-Dôme ayant répondu à l'enquête	
		% dans l'Ain (n=94)	% dans le Puy-de-Dôme (n=212)	% exploitants (n=26)	% ventes
À la ferme		79	82	24 (92%)	24
Marché		51	48	24 (92 %)	42
Magasins	Magasin de producteurs	34	24	21 (81 %)	23
	Détaillant	47	49		
	Grande et moyenne surface	21	19		
Restaurant / traiteur		22	29	14 (54 %)	4
Restauration collective		9	12	5 (19 %)	1
Vente par internet	Site internet de l'exploitation	5	6	1 (4 %)	0
	Plateforme de commande en ligne	3	12		

Circuits de distribution des produits laitiers fermiers et habitudes d'achat des consommateurs

Dans les deux départements, 80 % des producteurs laitiers fermiers (chèvre, brebis et vache) vendent directement à la ferme (Agreste 2020 repris dans le [tableau 1](#)). Environ 50 % des producteurs vendent également sur les marchés locaux et dans les petites fromageries artisanales. Notre enquête menée auprès des producteurs montre que les circuits courts avec un minimum d'intermédiaires sont privilégiés ([Tableau 1](#)). Les ventes sur les marchés représentent 42 % et les ventes à la ferme 24 %. Les ventes par les magasins de détaillants ou de producteurs représentent également près de 25 % des ventes. La restauration commerciale (4 %) et surtout la restauration collective (moins de 1 %), de même que les ventes par Internet (moins de 1 %) ne sont pas plébiscitées par les éleveurs répondants.

La commercialisation des produits laitiers caprins et ovins fermiers reste essentiellement locale. Le système de traçabilité externe est minimal, en particulier pour les fromages frais, semi-affinés et secs, qui sont souvent vendus non emballés. Ces pratiques sont conformes à la réglementation des produits alimentaires non préemballés, pour lesquels les mentions obligatoires sur l'étiquetage sont réduites. Sur ces types de fromage, moins de 20 % des producteurs apposent des étiquettes avec des indications partielles de date de production, de lot et/ou de date d'utilisation optimale. En revanche, 76 % (13/17) des éleveurs commercialisant des faisselles indiquent *a minima* les coordonnées de l'élevage et la date de limite de consommation/date de durabilité minimale sur les emballages.

L'enquête menée par les chambres d'agriculture de la région AURA en 2022 sur la consommation des produits fermiers révèle que les produits fermiers les plus fréquemment achetés sont les produits laitiers fermiers (de vache, chèvre ou brebis). Les consommateurs les considèrent comme étant de meilleure qualité d'un point de vue gustatif et sanitaire, plus naturels, issus de circuits plus respectueux de l'environnement et contribuant à développer le territoire. Ces produits sont principalement achetés sur les marchés (Ain 46 %, Puy-de-Dôme 60 %) ou directement à la ferme (Ain 45 %, Puy-de-Dôme 37 %). Au total, 85 % des consommateurs interrogés dans l'Ain et 78 % dans le Puy-de-Dôme déclarent avoir déjà acheté des produits fermiers. Trois-quarts de ces consommateurs de produits fermiers en achètent au moins une fois par mois. Dans l'Ain, 16 % d'entre eux achètent au moins une fois par mois du lait cru de ferme, 14 % de la faisselle, 69 % des fromages

fermiers de chèvre et 41 % des fromages fermiers de brebis. Dans le Puy-de-Dôme, ces chiffres sont respectivement de 27 %, 18 %, 49 % et 41 %.

Discussion

Les objectifs de cette étude étaient de mieux appréhender les caractéristiques de la filière laitière des petits ruminants produisant du lait cru, en lien avec le risque alimentaire associé à TBEV, dans deux départements où des cas d'origine alimentaire ont été signalés ou suspectés.

Dans la zone d'étude, la filière caprine et ovine laitière est caractérisée principalement par des exploitations de taille moyenne gérées par des éleveurs indépendants qui en maîtrisent les différents aspects, du pâturage à la fabrication et à la commercialisation des produits fromagers, majoritairement en lait cru. Le nombre d'élevages est modeste dans les départements, avec moins d'une centaine d'exploitations pour les chèvres et moins d'une quinzaine pour les brebis. Les pratiques très locales contrastent avec le paysage national qui repose davantage sur des ateliers-livreurs de plusieurs centaines de chèvres en hors-sol ou système fourrager et donc peu exposés aux tiques (Agreste 2010, Jenot et al. 2022). Dans la région Auvergne Rhône-Alpes et notamment dans l'Ain et le Puy-de-Dôme, les chèvres et brebis en lactation sont à l'inverse relativement exposés aux tiques car le pâturage est un élément central du modèle élevage petits ruminants laitier fermier. Du fait d'une couverture forestière importante dans les deux départements, la présence et la surface de zones boisées favorables aux tiques et aux hôtes sont très élevées autour des pâtures de chèvres. La donnée de la localisation des parcelles des quelques élevages ovins laitiers des deux départements n'était pas disponible, mais il est probable qu'une grande partie des pâtures soient localisées aussi à proximité d'une surface boisée étant donné l'importante couverture forestière des départements et au vu des résultats de notre enquête. Les données de notre enquête – étant certes très partielles - montrent une exposition hétérogène des animaux aux tiques, variant probablement avec l'environnement des pâtures. Quand des tiques sont observées, le niveau d'infestation observé par animal est généralement faible (moins de dix tiques/animal) mais peut être suffisant pour la transmission de TBEV à certains individus (la piqure d'une tique infectée est suffisante pour transmettre le virus). Des enquêtes complémentaires seraient nécessaires pour évaluer plus précisément l'infestation des animaux. Il peut en effet y avoir des biais d'observations des tiques par les éleveurs (par ex. certaines tiques ne sont pas observées du fait de leurs localisations peu visibles

ou parce que les stades immatures plus petits sont moins faciles à voir). Les tiques ou maladies transmises par elles ne représentent pas un problème sanitaire pour les éleveurs et les traitements antiparasitaires externes contre les tiques sont rarement utilisés. En revanche, les traitements antiparasitaires internes sont fréquemment utilisés, du fait des problèmes d'infestations internes liées à la pratique de pâturage, et certains produits utilisés pourraient limiter l'infestation des tiques quelques semaines par an.

La grande majorité (> 80 %) des éleveurs laitiers caprins et ovins des deux départements effectuent la transformation du lait à la ferme (Agreste, 2020). Les participants à notre enquête reflètent cette tendance, à l'exception d'un seul éleveur vendant un peu de lait cru. Dans les deux départements, la transformation du lait cru de chèvre en produits lactiques prédomine. Dans notre enquête, seule une petite part de la production était sous forme de tommes et de bleus (17 % des ventes) ou de yaourts à partir de lait pasteurisé (5 % à 30 % du lait transformé par exploitant). La plupart des producteurs interrogés produisent ces différents types de fromages. Les fromages frais, vendus un à quatre jours après leur production et dans lesquels TBEV peut persister, représentent une part importante des ventes (38 % dans notre enquête). La persistance de TBEV dans les autres produits n'est pas connue, variant probablement en fonction de la durée d'affinage et du processus de thermisation des produits. La durée d'affinage des fromages mi-secs, secs et tommes varie considérablement selon les producteurs, ce qui souligne l'importance d'évaluer l'effet de cette variable et de l'évolution des paramètres physico-chimiques des fromages au cours de l'affinage dans les études visant à évaluer la persistance du TBEV. L'effet de la teneur en sel sur la persistance du TBEV dans les fromages n'est pas bien défini, bien que des études expérimentales aient montré un effet négatif de concentrations élevées de sel sur le virus (Rónai and Egyed 2020). Cependant, les quantités de sel utilisées par les producteurs enquêtés sont généralement faibles et pourraient avoir un effet limité sur la persistance du virus. Enfin, la question de la persistance des particules virales dans le lactosérum, un sous-produit de la transformation fromagère donné aux animaux de la ferme ou parfois destiné à la consommation humaine, reste à éclaircir.

Dans les deux départements, les produits laitiers caprins et ovins sont distribués localement et principalement en vente directe. Le risque de contamination humaine est donc principalement local. Malgré cette distribution locale, la traçabilité

externe limitée des produits laitiers fermiers non emballés peut constituer une difficulté supplémentaire pour localiser l'origine des produits contaminés en cas d'alerte sanitaire. Les habitudes de consommation dans les deux départements révèlent un engouement constant pour les produits laitiers fermiers et notamment de chèvre. Le risque d'exposition des éleveurs et de leurs familles à TBEV est également élevé si le virus est présent dans leur exploitation. Il est en lien d'une part, avec leurs habitudes d'autoconsommation de leur production (lait et fromages), et d'autre part, au risque de piqûres de tiques infectées lorsqu'ils vont dans les pâturages pour s'occuper de leurs animaux ou entretenir les haies et les zones boisées de leur exploitation. Ainsi, dans les pays endémiques, la séroprévalence vis-à-vis de TBEV est plus élevée chez les agriculteurs que dans la population générale (Cisak et al. 1998, Juceviciene et al. 2002, Kelly et al. 2024). En France, il n'y a pas eu d'enquêtes de séroprévalence ciblant les éleveurs et les données des cas cliniques de TBE sont encore peu nombreuses depuis la déclaration obligatoire pour évaluer le risque de TBE pour les éleveurs.

Une partie des résultats de cette étude s'appuie sur les résultats de l'enquête faite auprès des éleveurs, qui a eu un faible taux de participation (13 %). Le faible taux de participation des éleveurs à l'enquête peut en partie s'expliquer par la voie et la période de diffusion (mailing via le GDS en période estivale) et le fait que les caprins et ovins laitiers sont des petites filières peu structurées au sein de ces deux départements. Ce faible nombre de réponses ne permet pas d'extrapoler les données obtenues à l'ensemble de la filière au sein même de ces deux départements. De plus, la nature de ce type d'enquête se basant sur du déclaratif présente certaines limites et biais (comme par exemple les biais déjà mentionnés pour l'observation des tiques sur les animaux). Cela permet néanmoins d'avoir des précisions sur les processus locaux de transformation fromagère, les types de produits au lait cru produits et consommés et les circuits de commercialisation.

En conclusion, dans les deux départements de la région AURA étudiés, la filière caprin et ovin lait cru présente des caractéristiques qui peuvent favoriser la transmission du TBEV à l'Homme, éleveur ou consommateur, par voie alimentaire : une exposition relativement élevée des animaux aux tiques en raison du pâturage et de l'environnement très forestier des zones de pâturage, une transformation fermière avec une production élevée de produits frais. Le risque de contamination de TBEV est très local du fait des modes de distribution. Les modes de production de cette filière en faveur du bien-être animal et en circuit

court sont prisées par le grand public. Une meilleure identification des zones de présence de TBEV, notamment via des enquêtes de séroprévalence chez les ongulés sauvages ou domestiques, et des produits potentiellement à risque est essentielle pour adapter les pratiques en amont, afin de faire perdurer ces modes de production tout en diminuant le risque de contamination à TBEV par voie alimentaire.

Remerciements

Les auteurs remercient Nicolas Ehrhardt (GDS/OMACAP), la DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes, les DDecsPP01 et 63, les chambres d'agriculture régionale AURA, départementales 01 et 63, les GDS 01, 63, 69 et 79, à l'Établissement Départemental de l'élevage du 63, les associations d'éleveurs (Cabriol63 et AURA Elevages) pour leur participation et appui pour la réalisation de l'enquête. Ils remercient également les éleveurs qui ont répondu au questionnaire.

Références bibliographiques

- Agreste (2020). Statistique agricole annuelle 2020 - Agreste, la statistique agricole ».
- Balogh, Zsuzsanna, László Egyed, Emőke Ferenczi, Enikő Bán, Katalin N. Szomor, Mária Takács, and György Berencsi. 2012. "Experimental Infection of Goats with Tick-Borne Encephalitis Virus and the Possibilities to Prevent Virus Transmission by Raw Goat Milk." *Intervirology* 55 (3): 194–200. doi:10.1159/000324023. Chambres d'Agriculture Auvergne-Rhône-Alpes (2023). Fiche "Repères - Qui consomme des produits fermiers en Auvergne-Rhône-Alpes ?" - Chambres d'agriculture Ardèche, Cantal et Auvergne-Rhône-Alpes - Septembre 2023. https://aura.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Auvergne-Rhone-Alpes/113_Extra-Rhone_img/Publications_d%C3%A9p/BasePubliETu deConso_V4.pdf
- Cisak, E., Sroka, J., Zwolinski, J., & Uminski, J. 1998. "Seroepidemiologic study on tick-borne encephalitis among forestry workers and farmers from the Lublin Region [Eastern Poland]". *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 5(2).
- Gonzalez, Gaëlle, Laure Bournez, Rayane Amaral Moraes, Dumarest Marine, Clémence Galon, Fabien Vorimore, Maxime Cochin, et al. 2022. "A One-Health Approach to Investigating an Outbreak of Alimentary Tick-Borne Encephalitis in a Non-Endemic Area in France (Ain, Eastern France): A Longitudinal Serological Study in Livestock, Detection in Ticks, and the First Tick-Borne Encephalitis Virus Isolation and Molecular Characterisation." *Frontiers in Microbiology* 0. doi:10.3389/fmicb.2022.863725.
- Jenot, Frantz, Bernard Leboeuf, Jean-Claude Le Jaouen, et Martine Napoleone. 2022. Diversité, un atout de la filière caprine pour le futur ? : esquisse d'un bilan et des perspectives pour le secteur caprin français et ses bassins de production. E-book : Histoire des régions caprines Françaises: entre internalisation et relocalisation, modernité et tradition., 2022, 978-2-7380-1443-7. 10.17180/t528-2045-ch12. hal-03539256
- Juceviciene, A., Vapalahti, O., Laiskonis, A., Čeplikien, J., & Leinikki, P. 2002. "Prevalence of tick-borne-encephalitis virus antibodies in Lithuania". *Journal of clinical virology*, 25(1), 23-27. [https://doi.org/10.1016/S1386-6532\(01\)00215-3](https://doi.org/10.1016/S1386-6532(01)00215-3)
- Kelly, P.H.; Zhang, P.; Dobler, G.; Halsby, K.; Angulo, F.J.; Pilz, A.; Madhava, H.; Moisi, J.C. 2024. "Global Seroprevalence of Tick-Borne Encephalitis Antibodies in Humans, 1956–2022: A Literature Review and Meta-Analysis". *Vaccines*, 12, 854. <https://doi.org/10.3390/vaccines12080854>
- Martello, Elisa, Emma L. Gillingham, Revati Phalkey, Constantine Vardavas, Katerina Nikitara, Tamas Bakonyi, Céline M Gossner, and Jo Leonardi-Bee. 2022. "Systematic Review on the Non-Vectorial Transmission of Tick-Borne Encephalitis Virus (TBEv)." *Ticks and Tick-Borne Diseases* 13 (6): 102028. doi:10.1016/j.ttbdis.2022.102028.
- Offerdahl, Danielle K., Niall G. Clancy, and Marshall E. Bloom. 2016. "Stability of a Tick-Borne Flavivirus in Milk." *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 4 (May). doi:10.3389/fbioe.2016.00040.
- Rónai, Zsuzsanna, and László Egyed. 2020. "Survival of Tick-Borne Encephalitis Virus in Goat Cheese and Milk." *Food and Environmental Virology* 12 (3): 264–68. doi:10.1007/s12560-020-09427-z.
- Santé Publique France. 2023. "Encéphalite à Tiques En France : Premier Bilan Des Cas Recensés Par La Déclaration Obligatoire Entre 2021 et 2023." <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2023/encephalite-a-tiques-en-france-premier-bilan-des-cas-recenses-par-la-declaration-obligatoire-entre-2021-et-2023>.

Pour citer cet article :

Benfrid S., Mathews-Martin L., Miehé A., Bournez L. 2024. « Filière laitière caprine et ovine dans le Puy-de-Dôme et l'Ain : des caractéristiques favorisant potentiellement la transmission alimentaire du virus de l'encéphalite à tique » Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 101 (6) : 1-11.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est une publication conjointe de la Direction générale de l'alimentation et de l'Anses.

Directeur de publication : Benoît Vallet

Directeur associé : Maud Faipoux

Directrice de rédaction : Emilie Gay

Rédacteur en chef : Julien Cauchard

Rédacteurs adjoints : Jean-Philippe Amat,
Diane Cuzzucoli, Céline Dupuy, Viviane
Hénaux, Renaud Lailler

Comité de rédaction : Anne Brisabois, Benoit
Durand, Françoise Gauchard, Guillaume
Gerbier, Pauline Kooh, Marion Laurent, Sophie
Le Bouquin Leneveu, Céline Richomme, Jackie
Tapprest, Sylvain Traynard

Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard

Responsable d'édition :
Fabrice Coutureau Vicaire

Assistante d'édition :
Flore Mathurin

Anses - www.anses.fr

14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex

Courriel : bulletin.epidemie@anses.fr

Sous dépôt légal : CC BY-NC-ND
ISSN : 1769-7166

Directeur de publication : Dr Benoit Vallet
Directeur associé : Maud Faipoux
Directrice de rédaction : Emilie Gay
Rédacteur en chef : Julien Cauchard
Rédacteurs adjoints : Jean-Philippe Amat,
Diane Cuzzucoli, Céline Dupuy, Viviane Hénaux,
Renaud Lailler

Comité de rédaction : Martine Denis, Benoit Durand,
Françoise Gauchard, Guillaume Gerbier, Pauline Kooh,
Marion Laurent, Sophie Le Bouquin Leneveu, Céline
Richomme, Jackie Tapprest, Sylvain Traynard
Secrétaire de rédaction : Virginie Eymard
Responsable d'édition : Fabrice Coutureau Vicaire

Anses - www.anses.fr
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
Courriel : bulletin.epidemie@anses.fr
Crédits photos : Anses, 123RF

Dépôt légal : janvier 2025/ ISSN 1630-8018
CC BY-NC-ND



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



anses