

MÉTHODE D'INTÉGRATION DE DONNÉES SOCIOLOGIQUES DANS L'ÉVALUATION D'UN DISPOSITIF DE SURVEILLANCE : EXEMPLE APPLIQUÉ À LA TUBERCULOSE BOVINE EN ÉLEVAGE *

Poirier Valentine¹, Rivière Julie¹, Praud Anne¹, Gardon Sébastien² et Dufour Barbara¹



RÉSUMÉ

Parmi les méthodes existantes d'évaluation des dispositifs de surveillance en santé animale, la modélisation stochastique par arbre de scénarios présente l'avantage de permettre une estimation de la sensibilité, de la spécificité et des coûts des différentes composantes d'un dispositif, en utilisant des sources de données diverses et de nature différente. Toutefois, compte tenu de la difficulté à recueillir des données d'ordre sociologique (comme le non-respect des mesures réglementaires, la qualité de la réalisation des tests de dépistage par les acteurs concernés...) et à les intégrer à l'évaluation d'autres attributs quantitatifs, il est courant d'estimer ces facteurs psycho-sociaux séparément et de ne pas les prendre en compte dans les modèles quantitatifs, alors qu'ils peuvent avoir un impact important sur l'efficacité d'un dispositif. L'exemple de la surveillance en élevage de la tuberculose bovine nous a permis de dégager quatre étapes permettant de prendre en compte certains de ces facteurs psycho-sociaux, afin de modéliser au mieux les conditions de terrain : dans un premier temps, des enquêtes sociologiques sur le terrain permettent de recueillir des données qualitatives sur des pratiques, comportements et/ou perceptions pouvant influencer certaines étapes importantes d'un arbre de scénarios, et ainsi de dégager des hypothèses sur les paramètres influençant la qualité de réalisation des actes pratiques sensibles. À partir de ces hypothèses, un questionnaire doit être élaboré pour les acteurs de terrain réalisant ces actes pratiques dans le but de recueillir des données quantitatives qui permettent de vérifier les hypothèses initiales. En fonction des hypothèses validées, des nœuds doivent être ajoutés à l'arbre de scénarios et les branches qui en sont issues doivent être paramétrées à l'aide des données quantitatives du questionnaire, en intégrant également éventuellement, si nécessaire, une certaine variabilité et/ou incertitude à la modélisation.

Mots-clés : tuberculose, bovins, surveillance épidémiologique, arbre de scénarios, évaluation, sociologie, France, perception, acceptabilité.

ABSTRACT

Among existing methods of surveillance systems evaluation, stochastic scenario tree modelling allows the estimation of sensitivity, specificity and cost of each component of a system using different kind of data from various sources. However, sociological factors like the compliance to regulatory measures are usually estimated separately given the difficulty to gather and include such data in a quantitative evaluation. We establish, through the example of the evaluation of bovine tuberculosis surveillance in French cattle farms, how to integrate such sociologic factors.

.../..

Article reçu le 3 juin 2018, accepté le 20 septembre 2018

* Texte de la communication orale présentée lors de la Journée AEEMA, 1^{er} juin 2018

¹ EPIMAI, Anses, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, F-94700, Maisons-Alfort, France

² Ecole nationale des services vétérinaires, F-69280, Marcy l'Etoile, France

.../..

First, sociologic studies on the field allow to collect qualitative data about practices that can have an influence on some important tree nodes, and to make hypotheses about the parameters that influence these practices. Then, a survey must be built from these hypotheses for the actors performing these practices, in order to collect qualitative data, which allows testing the hypotheses. Accordingly, to the confirmed hypotheses, nodes must be added to the scenario tree and their branches implemented thanks to the survey qualitative data.

Keywords: Bovine tuberculosis, Cattle, Surveillance, Screening, Scenario tree, Sociologic evaluation, France, Perception, Acceptability.



I - CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Considérée comme « Officiellement indemne » de tuberculose bovine (TB) par l'Union Européenne depuis décembre 2000 (décision 2003/467/CE, modifiée le 31 juillet 2012), la France peine néanmoins à éradiquer totalement l'infection sur son territoire. Ainsi, depuis 2004, un nombre croissant de foyers est détecté sur le territoire, ce qui menace la pérennité de cette qualification. Pour identifier et comprendre les facteurs constituant un obstacle à l'éradication de la TB en France, l'évaluation du dispositif de surveillance est une étape importante. Cependant, cette évaluation est délicate à mettre en œuvre de façon exhaustive car ce dispositif de surveillance est considéré comme complexe et ses modalités varient selon les départements. Pour tenter de prendre en compte au mieux cette complexité, des méthodes particulières peuvent être utilisées. Il nous a semblé intéressant de développer dans cet article une méthode, en cours de mise en œuvre au moment de la rédaction de cet article, faisant en partie appel à la sociologie.

Dans cet article, nous décrivons le dispositif de surveillance de la TB en France afin d'en illustrer la complexité. Puis, une méthode d'intégration de données sociologiques dans la modélisation par arbre de scénarios est présentée en commençant par un bref rappel sur la méthode de modélisation par arbres de scénarios, avant de détailler, à travers l'exemple de la surveillance en élevage de la TB en France, la méthode d'intégration de données sociologiques dans un arbre de scénarios.

1. LA SURVEILLANCE DE LA TB EN FRANCE CHEZ LES ANIMAUX D'ÉLEVAGE, UN DISPOSITIF COMPLEXE

Le dispositif de surveillance de la tuberculose chez les bovins d'élevage est constitué de quatre composantes (Arrêté ministériel du 15 septembre 2003) :

- La surveillance en élevage lors des campagnes de dépistage : les animaux des élevages concernés sont soumis à une intradermotuberculination (ID), simple (IDS) ou comparative (IDC) selon les contextes. Si au moins un animal réagit à cette ID (obtention d'un résultat non-négatif), l'élevage est alors considéré comme suspect et des investigations plus poussées doivent être entreprises ;
- La surveillance des mouvements : une ID de dépistage est en principe réalisée au moment de la vente ou de l'introduction d'un animal dans un nouvel élevage ;
- La surveillance à l'abattoir : l'inspection des carcasses dans les abattoirs peut permettre de détecter des lésions évocatrices de TB qui feront alors l'objet d'analyses de laboratoire pour recherche de *M. bovis* ;
- Les enquêtes épidémiologiques : en cas de découverte d'un foyer, des investigations sont conduites dans les élevages en lien amont (par exemple élevages ayant vendu des animaux à l'élevage foyer) ou aval (par exemple élevages auxquels l'élevage foyer a vendu des animaux).

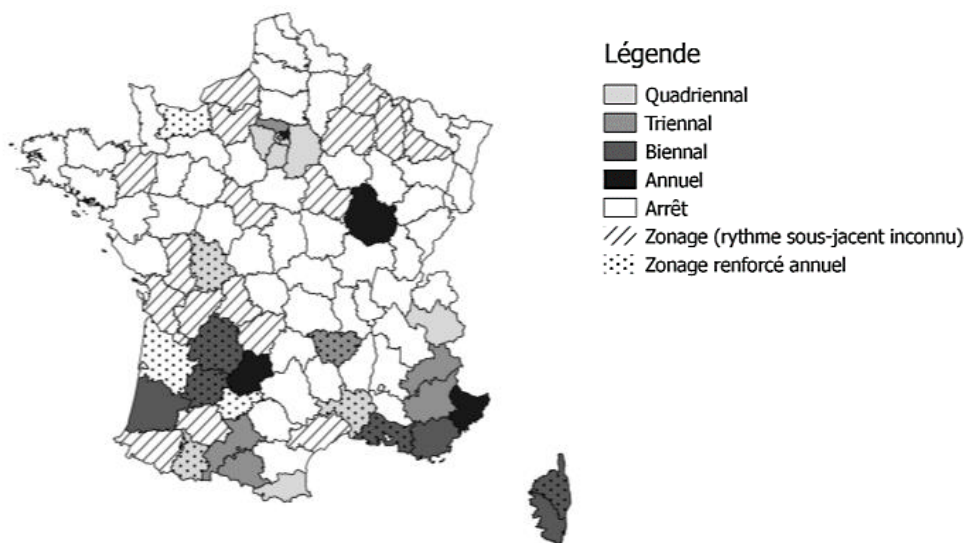
De plus, chacune de ces composantes du dispositif de surveillance est elle-même complexe. Par exemple, pour la surveillance en élevage, le rythme de dépistage varie fortement d'un département à l'autre, allant d'un rythme annuel à un arrêt complet du dépistage (figure 1). Dans certains

départements, le niveau de complexité est encore plus élevé avec la mise en place d'un système de « zonage », qui consiste en un rythme de dépistage différent (annuel) dans des zones définies autour des foyers sauvages et/ou domestiques par rapport au reste du département.

Figure 1

Rythme de prophylaxie dans les départements français

[d'après extractions SIGAL 2016, carte de G. Crozet]



Enfin, lorsqu'un élevage est considéré comme suspect suite à l'obtention de résultat(s) non négatif(s) aux tests de dépistage réalisés, quatre protocoles d'investigation de cette suspicion sont possibles, en fonction notamment du degré de suspicion, fort ou faible (NS DGAL/SDSPA/2016-1001 du 22 décembre 2016). La force de la suspicion dépend des résultats obtenus lors du dépistage (par exemple, l'obtention d'un résultat positif en IDC dans un élevage entraîne obligatoirement une suspicion forte) et du contexte épidémiologique de l'exploitation (par exemple, un lien épidémiologique par contact de pâture ou une suspicion dans un élevage ayant été infecté par la TB dans les cinq à dix ans précédents sont des critères de suspicion forte (communication personnelle, F. Chevalier, coordinateur national tuberculose bovine). Dans tous les cas où la suspicion n'est pas considérée comme « forte », il est considéré qu'il s'agit d'une suspicion faible.

Des dérogations permettent toutefois d'alléger cette surveillance (ou de la renforcer) dans certains

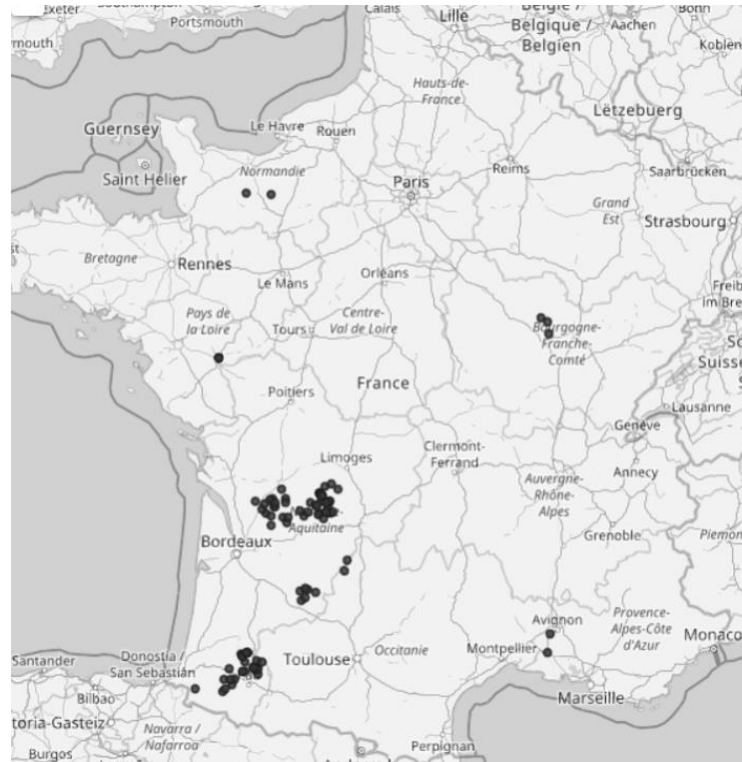
types d'élevages. Par exemple, de nombreux élevages d'engraissement bénéficient d'une dérogation à la prophylaxie (sous réserve d'une visite sanitaire favorable), qui se justifie par le cycle court de production de ces animaux et le processus de transmission intra-troupeau de l'infection connu pour être long. De la même façon, le dépistage lors d'un mouvement d'animaux entre élevages n'est pas obligatoire si la durée de transport de l'animal n'excède pas six jours (sous réserve qu'il ne provienne pas d'un élevage considéré comme épidémiologiquement « à risque »).

2. DES CONTEXTES ÉPIDÉMIOLOGIQUES VARIÉS

Des contextes épidémiologiques variés se superposent à ce dispositif de surveillance, ce qui complique son évaluation. En effet, la répartition des différents types de production (allaitant, laitier, mixte) sur le territoire français est très hétérogène. Il en est de même pour la répartition des foyers domestiques détectés (figure 2).

Figure 2

Foyers de TB détectés en 2017

[source : Veille sanitaire internationale, plateforme ESA : <https://shiny-public.anses.fr/shiny-vsi/>]

3. UNE SURVEILLANCE COÛTEUSE

Par ailleurs, la surveillance de la TB en élevage a un coût humain et financier important. En effet, en 2016, les dépenses de l'État pour la surveillance et la lutte contre la TB se sont élevées à environ 12 millions d'euros (honoraires des vétérinaires sanitaires, indemnités aux éleveurs, frais de laboratoire pour les bovins domestiques et pour la faune sauvage, nettoyage et désinfection des élevages assainis, subvention du dépistage par l'État et frais divers) (données SIGAL : Système d'information de la direction générale de l'alimentation). De plus, les frais de dépistages périodiques dans les élevages et les pertes liées au blocage des élevages suspects sont à la charge du monde de l'élevage (éleveurs, Groupements de défense sanitaire (GDS)...) et sont sans doute équivalents. C'est pourquoi, il est important que l'évaluation du dispositif de surveillance prenne en compte également les coûts de cette surveillance pour l'État et pour le monde de l'élevage.

4. UNE SURVEILLANCE CONTRAINTÉ PAR DES FACTEURS PSYCHOSOCIOLOGIQUES

L'acceptabilité des mesures par les acteurs peut avoir un impact majeur sur leur implication dans un programme de surveillance et donc sur son efficacité [Broughan *et al.*, 2016 ; Calba *et al.*, 2016]. Par exemple, dans le cadre de la surveillance de la tuberculose bovine, la qualité de réalisation de l'acte d'ID ainsi que la déclaration des résultats non négatifs jouent évidemment un rôle important dans l'efficacité globale de la surveillance. En effet, certaines pratiques de terrain telles que la réalisation de l'IDS à la queue, sont connues pour diminuer la sensibilité du test [Monaghan *et al.*, 1994 ; Schiller *et al.*, 2010] en particulier dans le contexte français [Tefka, 1986]. Pourtant, des vétérinaires sanitaires continuent de la pratiquer ainsi : il est donc important de comprendre quels sont les facteurs psychosociologiques associés à ces pratiques, et d'en identifier les déterminants, afin de pouvoir prendre en compte leur impact sur l'efficacité de la surveillance et, à plus long terme,

identifier comment inciter ces acteurs à modifier leurs pratiques. Ainsi, au-delà des facteurs épidémiologiques et économiques de la surveillance, il semble important de prendre en compte dans l'évaluation des facteurs sociologiques tels que l'acceptabilité des mesures et les écarts entre les pratiques de terrain et la réglementation.

5. BILAN ET PROBLÉMATIQUE

Comme expliqué précédemment, le dispositif de surveillance de la TB en France est un dispositif complexe mis en place dans des contextes épidémiologiques variés, ce qui complique son

évaluation. Par ailleurs, l'évaluation et la prise en compte du coût de cette surveillance est importante. La méthode des arbres de scénarios permet l'évaluation de ce type de dispositifs complexes, notamment parce que la prise en compte de facteurs très variés y est possible [Martin *et al.*, 2007b]. Toutefois, les évaluations reposant sur cette méthode décrites dans la littérature scientifique prennent très rarement en compte les aspects sociologiques [Martin *et al.*, 2007 ; Christensen *et al.*, 2011]. Certains facteurs sociologiques ayant un impact majeur sur la surveillance de la TB en France, nous nous sommes demandé comment intégrer de telles données dans des arbres de scénarios.

II - INTÉGRATION DE DONNÉES SOCIOLOGIQUES DANS LA MÉTHODE DE MODÉLISATION PAR ARBRES DE SCÉNARIOS

La méthode d'évaluation par modélisation stochastique par arbres de scénarios a été décrite par Martin *et al.* en 2007 comme une méthode permettant l'évaluation de dispositifs de surveillance complexes à partir de données d'origines variées. Cette méthode a déjà été appliquée par exemple dans l'évaluation du dispositif de surveillance de la grippe aviaire au Canada [Christensen *et al.*, 2011] ou encore de la tuberculose dans la faune sauvage [Rivière *et al.*, 2015] (exemples non exhaustifs). Nous l'avons, à notre tour utilisée, pour évaluer les différents protocoles de surveillance en élevage de la tuberculose bovine. Pour illustrer la méthode, l'exemple de l'évaluation de l'investigation d'une suspicion faible en élevage par la voie rapide (NS 2016-1001) est présenté dans la suite de cet article.

1. LES ÉTAPES D'UNE MODÉLISATION PAR ARBRE DE SCÉNARIOS

1- La première étape consiste à **décrire la composante du dispositif de surveillance** que l'on souhaite évaluer. L'exemple que nous avons choisi est présenté dans la figure 3. Il s'agit du protocole d'investigation d'une suspicion le plus simple et le plus rapide, qui est mis en œuvre dans le cas d'une suspicion faible : les animaux d'un troupeau sont testés par ID lors de la campagne de prophylaxie ayant lieu dans le département. Si au moins un des bovins de l'élevage réagit au test, c'est-à-dire que

son résultat à l'ID n'est pas négatif, l'élevage est déclaré suspect et placé sous APMS (arrêté préfectoral de mise sous surveillance).

Les animaux réagissant subissent ensuite un abattage diagnostique : leur carcasse est soumise à une inspection renforcée et des prélèvements sont réalisés en vue d'analyses de laboratoire. La nature des prélèvements et les analyses réalisées sont dépendantes de la détection de lésions macroscopiques évocatrices de TB dans un premier temps, puis des résultats obtenus à la ou aux PCR, culture(s) et aux éventuels examens histologiques réalisés.

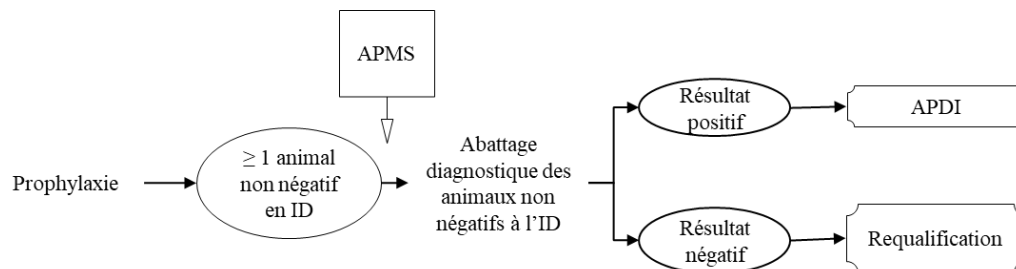
Si au moins un animal obtient des résultats positifs aux investigations effectuées *post-mortem*, l'élevage est alors déclaré infecté et est placé sous APDI (arrêté préfectoral de déclaration d'infection). Si, au contraire, aucun des abattages diagnostiques ne fournit de résultat positif, l'élevage recouvre alors sa qualification : il est à nouveau reconnu indemne de TB et l'APMS est levé.

2- Il faut ensuite **déterminer**, à l'aide de la littérature scientifique, les **facteurs ayant une influence positive ou négative sur la probabilité d'infection d'un élevage ou d'un animal et/ou sur la probabilité de détection de l'infection**. Ces facteurs permettent d'identifier et de définir les différents nœuds qui constituent l'arbre de scénarios et qui sont reliés entre eux par les branches de l'arbre.

Figure 3

Le protocole d'investigation d'une suspicion faible par la voie rapide

(NS 2016-1001)



Cette méthode distingue :

- Les nœuds de catégorie qui permettent de subdiviser la population étudiée en groupes ayant la même probabilité d'infection (nœud de catégorie d'infection) et/ou de détection (nœud de catégorie de détection) ;
- Les nœuds d'infection qui définissent le statut infectieux et n'admettent que deux branches : « infecté » ou « indemne », qui peuvent être appliqués à l'échelle élevage et/ou animal ;
- Les nœuds de détection qui déterminent si l'infection est détectée, souvent par le résultat de tests positifs ou négatifs.

Les facteurs identifiés dans notre revue de littérature et sélectionnés comme nœuds de l'arbre de scénarios correspondant ainsi que les branches qui en sont issues sont résumés dans le tableau 1.

Les nœuds sont ensuite ordonnés dans un arbre de probabilités en prenant soin, de manière logique, de commencer par les nœuds qui ont une influence sur les autres. L'arbre finalement construit dans notre exemple est présenté dans la figure 4.

3- Les branches de l'arbre de scénarios doivent ensuite être paramétrées : une probabilité de survenue doit être attribuée à chacune de ces branches. Pour cette étape, l'approche peut être déterministe (à chaque branche est associée une probabilité fixe) ou stochastique (à chaque branche est associée une loi de distribution, ce qui permet de prendre en compte la variabilité et/ou l'incertitude liées à l'estimation de ces probabilités).

Les données utilisées pour paramétrer les branches présentent l'avantage de pouvoir être d'origine très variées. Ainsi, dans notre exemple, les données épidémiologiques sont issues de la littérature scientifique ainsi que d'extractions de la base de données nationale d'identification des bovins (BDNI) et de la base SIGAL. Des données économiques ont également été intégrées dans l'arbre, provenant elles aussi de diverses sources et collectées :

- Par l'intermédiaire d'un questionnaire adressé aux laboratoires agréés pour la réalisation des tests de dépistage et/ou de diagnostic de la TB par le biais de l'Association française des directeurs et cadres de laboratoires vétérinaires publics d'analyses (ADILVA) pour les prix des analyses de laboratoire (PCR, culture, histologie, dosage de l'interféron gamma) ;
- À partir des conventions bipartites éleveurs/vétérinaires sanitaires pour les coûts inhérents à la réalisation de la prophylaxie ;
- Dans l'arrêté ministériel du 17 Juin 2009 qui fixe les tarifs pour la police sanitaire de la tuberculose bovine.

4- La dernière étape consiste à **calculer** la probabilité globale de réalisation de chaque branche de l'arbre, en multipliant les probabilités des sous-branches la composant. La sensibilité globale de la composante de surveillance peut ensuite être estimée en sommant les probabilités de réalisation de toutes les branches permettant la détection de l'infection.

Tableau 1

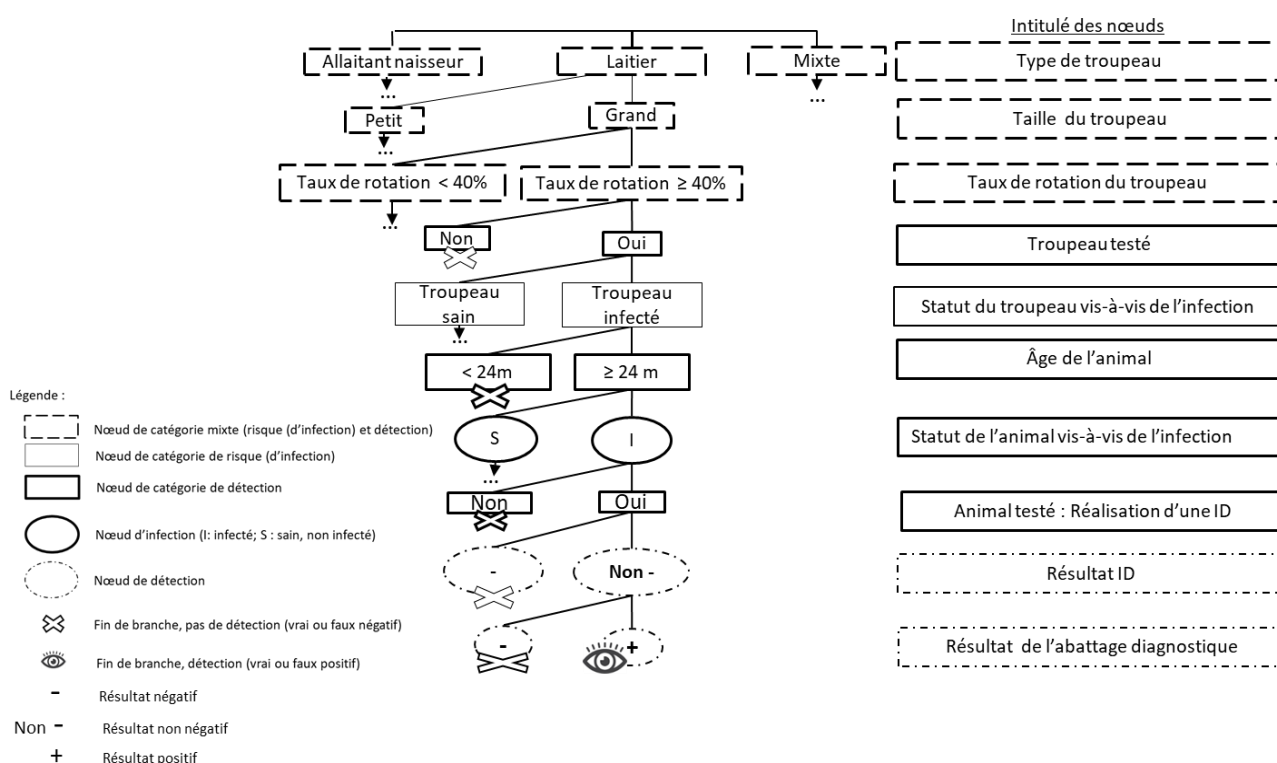
Tableau récapitulatif des nœuds et branches utilisés pour la construction de l'arbre de scénarios du protocole d'investigation d'une suspicion faible par la voie rapide dans le cadre de la surveillance en élevage de la tuberculose bovine en France

Type de nœud	Nœud	Branches possibles	Références
Catégorie d'infection/détection	Type de production	- Laitier - Viande naisseur - Mixte	Ramírez-Villaescusa <i>et al.</i> , 2010 ; Bessell <i>et al.</i> , 2012 ; Lahuerta-Marin <i>et al.</i> , 2016
Catégorie d'infection/détection	Taille du troupeau	- Petit (< moyenne nationale) - Grand (≥ moyenne nationale)	Griffin <i>et al.</i> , 1996 ; Ramírez-Villaescusa <i>et al.</i> , 2010 ; Bessell <i>et al.</i> , 2012 ; Bekara, 2014 ; Winkler et Mathews, 2015
Catégorie d'infection/détection	Taux de rotation	< 40 % ≥ 40 %	Branscum <i>et al.</i> , 2005 ; Ramírez-Villaescusa <i>et al.</i> , 2010 ; Broughan <i>et al.</i> , 2016
Catégorie de détection	Troupeau testé	Oui Non	/
Infection	Statut du troupeau vis-à-vis de l'infection	Infecté Sain	/
Catégorie de détection	Âge de l'animal	< Âge minimal de dépistage ≥ Âge minimal de dépistage*	Arrêté ministériel du 15 septembre 2003 Note de service DGAL 2017-841
Infection	Statut de l'animal vis-à-vis de l'infection	Infecté Sain	/
Catégorie de détection	Animal testé	Oui Non	/
Détection	Résultat de la première ID	Négatif Non négatif	/
Catégorie de détection	Animal testé au moment du recontrôle	Oui Non	Communication personnelle F. Chevalier
Détection	Résultat de l'IDC de recontrôle	Négatif Non négatif	/
Catégorie de détection	Présence et détection de lésions	Oui Non	Notes de service DGAL 2014-108 et 2016-1001
Détection	Résultat de la PCR LDAA	Négatif Non négatif	/
Détection	Résultat de l'histologie LDAA	Négatif Positif	/
Détection	Résultat de la culture LDAA	Négatif Positif	/

* L'âge minimal de dépistage varie dans les départements de six semaines (très rare) à 24 mois (le plus fréquent).
LDAA : laboratoire départemental d'analyse agréé

Figure 4

Représentation graphique de l'arbre de scénarios de l'investigation d'une suspicion faible par la voie rapide



BILAN

Malgré la possibilité d'utiliser dans cette méthode des données d'origines très diverses, l'intégration de données sociologiques est rarement mise en œuvre dans la littérature, probablement en raison de la difficulté et du temps nécessaire à l'obtention de telles données, mais également du fait des contraintes liées à la mise en place d'approches pluridisciplinaires. Pourtant, les facteurs sociologiques peuvent avoir un impact non négligeable sur l'efficacité de dispositif de surveillance. Dans le cas de la surveillance en élevage de la tuberculose bovine, il est par exemple évident que la qualité de la réalisation de l'ID ainsi que la déclaration des résultats non négatifs par le vétérinaire sanitaire³ influencent la probabilité de détection de l'infection. Nous avons donc développé une méthode d'intégration de ce type de données sociologiques dans l'évaluation coût/efficacité du dispositif de surveillance. Cette

méthode, qui est en cours de mise en œuvre, est présentée dans la suite de cet article.

2. INTÉGRATION DE DONNÉES SOCIOLOGIQUES

2.1 LES ÉTAPES DE LA MÉTHODE

Pour intégrer des données sociologiques à une modélisation par arbre de scénarios, la démarche suivante est proposée :

1. Recueillir des données qualitatives auprès des acteurs de la surveillance ;
2. Émettre des hypothèses sur les paramètres influençant l'efficacité de la surveillance au regard des données qualitatives recueillies ;
3. Conduire une enquête à plus grande échelle auprès des acteurs concernés, par exemple par le biais d'un questionnaire en ligne. Cette enquête doit permettre de vérifier les hypothèses

³ « Un vétérinaire titulaire d'une habilitation est dénommé vétérinaire sanitaire. Cette habilitation est délivrée par le préfet et permet aussi à l'État de confier aux vétérinaires des missions dans le domaine de la santé publique vétérinaire. Le vétérinaire sanitaire est désigné par le propriétaire/détenteur des animaux pour effectuer les missions de prophylaxie collective et de police sanitaire » (Définition de l'Ordre national des vétérinaires : « <https://www.veterinaire.fr/outils-et-services/index-juridique/les-differents-visages-de-la-profession-veterinaire/le-veterinaire-sanitaire.html> »).

précédemment formulées et de recueillir les données quantitatives nécessaires au paramétrage de l'arbre de scénarios ;

4. Intégrer ces données dans l'arbre de scénarios en ajoutant les nœuds correspondant aux paramètres identifiés.

La mise en œuvre de ces étapes dans le cadre de l'exemple de l'évaluation du protocole d'investigation d'une suspicion faible de tuberculose bovine par la voie rapide est présentée dans la partie suivante.

2.2 APPLICATION DE LA MÉTHODE À L'ÉVALUATION DE LA SURVEILLANCE DE LA TUBERCULOSE BOVINE EN ÉLEVAGE : L'EXEMPLE DU PROTOCOLE D'INVESTIGATION D'UNE SUSPICION FAIBLE PAR LA VOIE RAPIDE

2.2.1 Collecte des données sociologiques qualitatives

Dans le cadre de l'évaluation de la surveillance de la tuberculose bovine en élevage, la qualité de la réalisation de l'acte d'ID par les vétérinaires sanitaires, ainsi que la déclaration par ces acteurs des résultats non négatifs, ont un impact évident sur l'efficacité de la surveillance. Des enquêtes de terrain permettant d'étudier l'acte d'ID et son acceptabilité par les vétérinaires sanitaires ont donc été mises en place. Elles s'appuyaient sur des entretiens semi-directifs avec une dizaine de vétérinaires sanitaires par département enquêté ainsi que, dans la mesure du possible, sur des observations de la réalisation de l'acte d'ID par les vétérinaires sanitaires.

Une première étude a été réalisée début 2018 dans des départements fortement infectés de tuberculose bovine depuis plusieurs années tels que la Côte-d'Or (21), la Dordogne (24), les Pyrénées-Atlantiques (64) et les Landes (40). Elle a été conduite par des élèves inspecteurs et stagiaires de l'École nationale de santé publique vétérinaire, encadrés par une sociologue à l'INRA. Lors de cette étude, plusieurs difficultés susceptibles d'avoir des conséquences sur l'efficacité de la surveillance ont été constatées [Gully *et al.*, 2018 ; étude publiée dans le même numéro de la revue *Épidémiologie et santé animale*] :

- Dans la réalisation de l'acte d'ID, les acteurs rencontraient souvent des difficultés de contention des animaux à tester, susceptibles d'avoir des conséquences sur la bonne réalisation du test et donc sa sensibilité et sa spécificité. Par exemple, ces difficultés de

contention poussaient certains vétérinaires à pratiquer les ID au pli caudal ;

- Pour certains vétérinaires sanitaires interrogés, les déclarations des suspicions (lecture de résultats non-négatifs), n'étaient pas toujours systématiquement réalisées auprès des directions départementales de la protection des populations (DDPP), notamment en raison des risques de résultats faussement positifs (compte tenu de la spécificité du test) et des conséquences économiques qu'engendre la mise sous surveillance des exploitations (APMS et blocage de celles-ci).

Par ailleurs, cette première étude a également permis d'obtenir quelques données qualitatives sur la perception de la surveillance et de la lutte contre la tuberculose bovine par les vétérinaires sanitaires (forte perception de l'enjeu zoonotique, questionnement relatif à l'importance de l'indemnisation au regard du temps passé et/ou de la difficulté de l'acte...) [Gully *et al.*, 2018].

Actuellement, une enquête du même type est en cours dans des départements indemnes à moyennement infectés (dans l'Yonne (89), la Vienne (86) et la Vendée (85)).

2.2.2 Hypothèses issues de l'enquête qualitative

Certaines hypothèses préliminaires sur les paramètres influençant la qualité de réalisation de l'ID ainsi que la probabilité de déclaration des résultats non négatifs par le vétérinaire sanitaire ont été formulées suite aux entretiens semi-directifs réalisés auprès de vétérinaires sanitaires dans les départements infectés de TB :

- L'historique de la tuberculose bovine dans le département ;
- Le type de production (laitier/allaitant/mixte) ;
- La race des animaux allaitants (certaines races étant réputées plus faciles à manipuler comme par exemple les Charolaises par rapport aux Limousines) ;
- Les caractéristiques des vétérinaires sanitaires : leur âge, leur sexe, leur expérience vis-à-vis de la tuberculose bovine... ;
- Les moyens de contentions disponibles.

Néanmoins, ces hypothèses doivent être affinées et enrichies à la lumière des résultats de la seconde enquête qualitative actuellement en cours.

2.2.3 Collecte des données sociologiques quantitatives

Un questionnaire en ligne auprès des vétérinaires sanitaires ruraux français est un moyen pour recueillir des données quantitatives sur les hypothèses pré citées. Ce questionnaire, en cours d'analyse au moment de la rédaction de cet article, permettra de recueillir des données quantitatives sur les caractéristiques du vétérinaire sanitaire (âge, sexe, département d'exercice, expérience vis-à-vis de la tuberculose bovine), la typologie de sa clientèle (type de production, races des animaux), les moyens de contention disponibles dans sa clientèle et ses pratiques de réalisation d'ID et de déclaration de suspicion, en fonction du type d'élevage et des moyens de contention disponibles. Le choix de l'échantillonnage a été complexe, prenant en compte plusieurs facteurs (département d'activité, type de production majoritaire dans le département, situation épidémiologique récente et historique vis-à-vis de la TB...). Au total, 250 vétérinaires ont répondu sur les 1 300 interrogés par voie électronique. Les caractéristiques sociodémographiques des vétérinaires de l'échantillon ont été comparées à celles de la population cible, révélant une assez bonne représentativité vis-à-vis des caractéristiques étudiées [G. Crozet, communication personnelle].

Les données issues de ce questionnaire permettront de valider - ou non - les hypothèses et d'estimer quantitativement :

- Les principaux moyens de contention utilisés en fonction du département, du type de production, de la taille des élevages, des races d'allaitantes, *etc.* ;
- Les pratiques d'ID en fonction des caractéristiques du vétérinaire sanitaire (âge, sexe, expérience vis-à-vis de la tuberculose bovine), des moyens de contention disponibles, du département et de son historique concernant cette infection ;
- Les pratiques de déclaration des réactions en fonction des caractéristiques du vétérinaire sanitaire, du type de production, du département, *etc.*

2.2.4 Intégration de facteurs sociologiques à la modélisation par arbre de scénarios

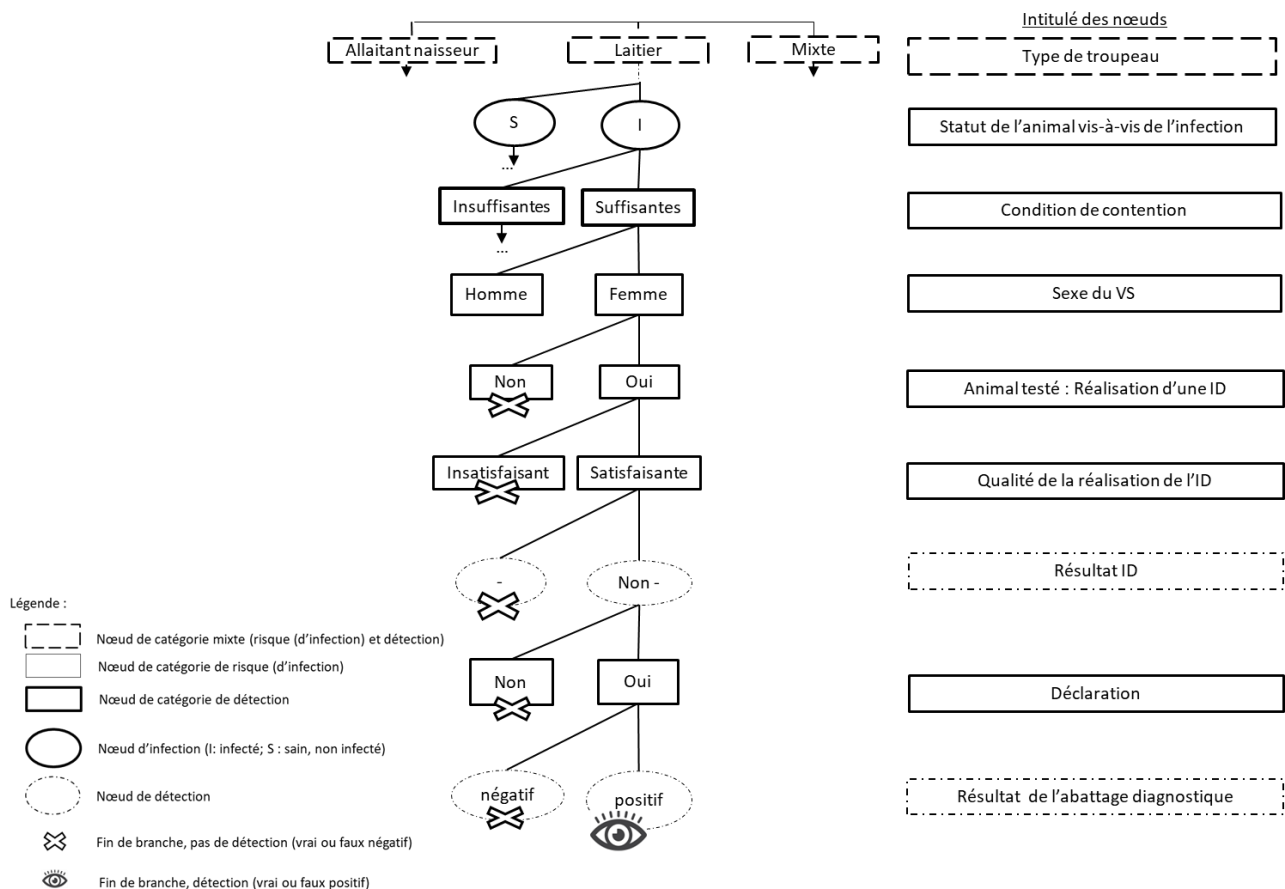
La dernière étape de cette démarche consiste à intégrer dans l'arbre de scénarios les données sociologiques ainsi collectées. Pour cela, des nœuds doivent être ajoutés dans l'arbre, correspondants aux paramètres pour lesquels il aura été possible de mettre en évidence une influence sur la qualité de réalisation de l'ID et/ou la déclaration des réactions non-négatives. À titre d'exemple, en faisant l'hypothèse que le sexe du vétérinaire sanitaire est bien un paramètre ayant une influence significative, la figure 5 représente la fin de l'arbre de scénarios pris comme exemple, après ajout des nœuds permettant la prise en compte du type d'élevage, du sexe du vétérinaire sanitaire et du type de contention disponible.

Les données quantitatives issues du questionnaire administré auprès des vétérinaires sanitaires ruraux devraient ensuite permettre de paramétrer les branches supplémentaires nées des nœuds ajoutés. Une grande variabilité des estimations des caractéristiques des IDS et IDC étant constatée dans la littérature scientifique, la modélisation de la sensibilité et la spécificité des ID, avant la prise en compte de ces paramètres, s'inscrivait déjà dans une large fourchette de valeurs représentant cette incertitude sur les caractéristiques réelles des ID. C'est pourquoi, seules deux branches concernant la qualité de réalisation des ID seront prises en compte :

- La qualité sera considérée comme « insatisfaisante » si les adaptations de pratiques par rapport à la réglementation sont jugées « réhivitoires », c'est-à-dire qu'elles annuleraient complètement l'efficacité du test comme c'est par exemple le cas pour l'absence de lecture des résultats. L'identification de ces points « réhivitoires » est actuellement en cours de réflexion.
- Dans les autres cas, elle sera jugée « satisfaisante » et les valeurs des caractéristiques de l'ID utilisées dans le modèle seront alors issues de la littérature scientifique. En effet, les estimations des caractéristiques de l'ID disponibles dans la littérature ont été réalisées à partir de données de terrain et intègrent donc déjà un certain degré de « non-conformité » des pratiques.

Figure 5

Représentation graphique de la fin de l'arbre de scénarios utilisé pour la suspicion faible, voie rapide après ajout de facteurs sociologiques



III - DISCUSSION

Comme toute méthode de modélisation, les arbres de scénarios constituent une simplification de la réalité. Ils ne peuvent donc pas rendre pleinement compte de la diversité des situations existantes sur le terrain, ni même des différentes difficultés rencontrées selon les contextes locaux. Ainsi, certaines catégories, de type d'élevage par exemple, doivent être regroupées entre elles dans le modèle de simulation, ce qui peut augmenter l'incertitude des résultats finaux. Par ailleurs, certains paramètres sont difficiles à prendre en compte de manière exhaustive, comme par exemple la qualité de la communication entre les acteurs, leur perception de la surveillance et de son utilité, ou encore la perception du rôle et l'influence de la faune sauvage dans l'objectif d'éradication de la tuberculose bovine ; facteurs qui sont pourtant

importants dans un tel dispositif de surveillance. Ces données ne peuvent pas être aisément intégrées au modèle, mais doivent être prises en compte pour nuancer les résultats de la modélisation et ainsi affiner le schéma épistémologique, en permettant de mieux comprendre les contextes historique, professionnel et politique de la surveillance et les enjeux de son application concrète sur le terrain.

L'enquête quantitative est une des étapes charnières de l'intégration de données sociologiques aux arbres de scénarios. Ainsi, les limites habituelles de ce type d'enquête s'ajoutent aux limites de la modélisation. Par exemple, l'administration en ligne d'un questionnaire obtient généralement un taux de réponse assez faible, ce qui peut être problématique pour l'analyse

statistique des données recueillies. Ainsi, dans leur enquête portant sur les pratiques de vaccination contre la rage, Blanton *et al.* n'ont obtenu en 2018 qu'un taux de réponse de 21 %. Le questionnaire devait donc être administré au plus grand nombre d'acteurs concernés possible pour espérer obtenir *in fine* un nombre suffisant de réponses pour autoriser les croisements de variables par exemple. Mais il faudrait alors s'interroger sur la représentativité des personnes répondant au questionnaire par rapport à la population d'acteurs ciblés. En effet, contrairement à l'enquête sociologique qualitative pour laquelle l'échantillonnage vise à favoriser la diversité des situations (l'objectif étant d'arriver à un phénomène de saturation des réponses, c'est-à-dire à un stade où des entretiens avec de nouvelles personnes n'apportent pas de nouvelles informations), l'enquête quantitative vise quant à elle à obtenir des informations sur la totalité de la population cible : l'échantillon doit alors être représentatif de cette population, afin de permettre l'inférence souhaitée. Enfin, les questions de l'enquête quantitative doivent être formulées de telle manière qu'elles n'influencent pas les réponses des personnes interrogées et qu'elles garantissent autant possible des réponses sincères. En effet, dans l'investigation de pratiques réglementées, il est plus difficile d'obtenir des réponses non biaisées car l'enquête est généralement tenté de fournir la « bonne » réponse, c'est-à-dire celle correspondant à la pratique réglementaire imposée. L'élaboration du questionnaire et l'échantillonnage sont donc deux étapes importantes à ne pas négliger afin de limiter ces biais.

Dans notre exemple, une seule catégorie d'acteurs (les vétérinaires sanitaires) a été interrogée. Toutefois, bien que ce dispositif de surveillance repose en grande partie sur les vétérinaires sanitaires, ce ne sont pas les seuls acteurs du

dispositif à pouvoir influencer ses performances. Leurs relations avec les autres acteurs, comme les éleveurs ou le DDPP, peuvent par exemple avoir un impact sur leur pratique de l'ID et/ou sur leur comportement de déclaration des réactions non négatives au test de dépistage. De plus, les éleveurs ont un rôle direct dans la contention de leurs animaux, facteur primordial à la bonne réalisation de l'ID.

Finalement, la multiplicité des étapes et la nécessité de réaliser des enquêtes sociologiques sur le terrain rendent cette méthode assez coûteuse en temps et difficile à mettre en œuvre. Toutefois, elle présente l'avantage d'être adaptée aux dispositifs complexes et elle permet d'obtenir, à partir de sources de données très diverses, une évaluation coût/efficacité la plus réaliste possible d'un dispositif de surveillance, en prenant en compte l'influence et la diversité des contextes locaux. Grâce à une telle méthode, il est possible de prendre en compte certains facteurs sociologiques importants (déclaration des suspicions, pratiques de terrain dans la réalisation des tests), ce qui permet de se rapprocher de la réalité du terrain. Ces facteurs sociologiques doivent toutefois auparavant être identifiés puis estimés, par des enquêtes qualitatives sur le terrain (par exemple, entretiens semi-directifs auprès de différentes catégories d'acteurs) et « mesurés » par des enquêtes quantitatives (par exemple, questionnaire en ligne permettant d'estimer la proportion de chaque catégorie d'acteurs concernés par chaque facteur sociologique d'intérêt). L'investigation de ces facteurs sociologiques présente un avantage supplémentaire : grâce à l'implication des acteurs dans l'évaluation du dispositif et à la prise en compte des difficultés qu'ils rencontrent dans leur pratique quotidienne, elle permet une meilleure acceptabilité des éventuelles recommandations d'évolution du dispositif qui peuvent émerger de cette évaluation.

IV - CONCLUSION

L'intégration de données d'ordre sociologique dans l'évaluation coût-efficacité de la surveillance en élevage de la tuberculose bovine va donc être réalisée en quatre étapes (collecte des données qualitatives, formulation d'hypothèses, collecte des données quantitatives, intégration de ces données à l'arbre de scénario) et permettra une estimation

coût-efficacité de la surveillance de la TB en élevage en France la plus proche possible des réalités du terrain. Cette même méthode sera ensuite utilisée pour l'évaluation des autres composantes de la surveillance de la TB en France (surveillance lors des mouvements d'animaux, à l'abattoir, et à travers les enquêtes épidémiologiques).

Ces quatre étapes peuvent probablement servir de méthode d'intégration plus générique de données sociologiques dans des arbres de scénarios en vue d'évaluer le fonctionnement de dispositifs de surveillance. Dans un premier temps, des enquêtes sociologiques (semi directives) sur le terrain permettent de recueillir des données qualitatives sur des pratiques « sensibles » (c'est-à-dire pouvant influencer certains nœuds importants d'un arbre de scénarios). Puis, l'analyse de ces données qualitatives permet de dégager des hypothèses sur les paramètres influençant la qualité de réalisation de ces pratiques sensibles (dans notre étude, l'ID et la déclaration des résultats non négatifs). À partir de ces hypothèses, un questionnaire peut être élaboré et administré pour les acteurs de terrain réalisant ces pratiques afin d'en mesurer l'importance. Ce

questionnaire doit permettre de recueillir des données quantitatives sur la base desquelles les hypothèses initiales sont vérifiées. En fonction des hypothèses qui sont validées, des nœuds doivent être ajoutés à l'arbre de scénarios et les branches qui en sont issues doivent être associées à des probabilités d'occurrence à l'aide des données quantitatives recueillies au cours de la deuxième enquête.

Cette méthodologie permet une approche multidisciplinaire nécessitant des compétences à la fois techniques, réglementaires, épidémiologiques, économiques et sociologiques, indispensables pour mener l'évaluation approfondie d'un dispositif de surveillance.

BIBLIOGRAPHIE

- Bekara M.E.A. - Impact de l'évolution du schéma de prophylaxie et des structures et pratiques d'élevage sur l'évolution de la tuberculose bovine en France entre les années 1965 et 2000 : modélisation de l'incidence cheptel et de la dynamique de transmission intra-élevage de l'infection. Thèse Univ., Université Paris Sud-Paris XI, 2014.
- Bessell P.R., Orton R., White P.C., Hutchings M.R., Kao R.R. - Risk factors for bovine tuberculosis at the national level in Great Britain. *BMC veterinary research*, 2012, **8**, 51.
- Blanton J.D., Colwell E., Walden C.L., Davis L.M., Hoang C., Legred J.A., Pieracci E.G., Wallace R.M., Ebell M.H., Fu Z.F., Shwiff S.A., Lee J.M. - Rabies exposures and pre-exposure vaccination practices among individuals with an increased risk of rabies exposure in the United States. *Public Veterinary Medicine: Public Health*, 2018, **252**(12), 1491-1502.
- Branscum A.J., Gardner I.A., Johnson W.O. - Estimation of diagnostic-test sensitivity and specificity through Bayesian modeling. *Prev. Vet. Med.*, 2005, **68**, 145-163.
- Broughan J.M., Maye D., Carmody P., Brunton L.A., Ashton A., Wint W., Alexander N., Naylor R., Ward K., Goodchild A.V., Hinchliffe S., Eglin R.D., Upton P., Nicholson R., Enticott G. - Farm characteristics and farmer perceptions associated with bovine tuberculosis incidents in areas of emerging endemic spread. *Prev. Vet. Med.*, 2016, **129**, 88-98.
- Calba C., Goutard F.L., Vanholme L., Antoine-Moussiaux N., Hendrikx P., Saegerman C. - The Added-Value of Using Participatory Approaches to Assess the Acceptability of Surveillance Systems: The Case of Bovine Tuberculosis in Belgium. *PLoS ONE*, 2016, **11**(7), 19 pages.
- Christensen J., Stryhn H., Vallières A., Allaki, F.E. - A scenario tree model for the Canadian Notifiable Avian Influenza Surveillance System and its application to estimation of probability of freedom and sample size determination. *Prev. Vet. Med.*, 2011, **99**, 161-175.
- Griffin J.M., Martin S.W., Thorburn M.A., Eves J.A., Hammond R.F. - A case-control study on the association of selected risk factors with the occurrence of bovine tuberculosis in the Republic of Ireland. *Prev. Vet. Med.*, 1996, **27**, 75-87.
- Gully S., Hamelin E. - L'acceptabilité par les vétérinaires sanitaires de l'intradermotuberculose comme méthode de dépistage de la tuberculose bovine en France. *Épidémiol. et santé anim.*, 2018, **73**, 35-47.
- Hars J., Richomme C., Rivière J., Faure E., Boschioli M.L. - Dix années de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage française et perspectives. *Bull. Épidémiol.*, 2012, **52**, 2-6.

- Johnston W.T., Gettinby G., Cox D.R., Donnelly C.A., Bourne J., Clifton-Hadley R., Le Fevre A.M., McInerney J.P., Mitchell A., Morrison W.I., Woodroffe R. - Herd-level risk factors associated with tuberculosis breakdowns among cattle herds in England before the 2001 foot-and-mouth disease epidemic. *Biology Letters*, 2005, **1**, 53-56.
- Lahuerta-Marin A., McNair J., Skuce R., McBride S., Allen M., Strain S.A.J., Menzies F.D., McDowell S.J.W., Byrne A.W. - Risk factors for failure to detect bovine tuberculosis in cattle from infected herds across Northern Ireland (2004–2010). *Research in Veterinary Science*, 2016, **107**, 233-239.
- Martin P.A.J., Cameron A.R., Barfod K., Sergeant E.S.G., Greiner M. - Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources 2: Case study-Classical swine fever in Denmark. *Prev. Vet. Med.*, 2007a, **79**, 98-115.
- Martin P.A.J., Cameron A.R., Greiner M. - Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources. *Prev. Vet. Med.*, 2007b, **79**, 71-97.
- Ramírez-Villaescusa A.M., Medley G.F., Mason S., Green L.E. - Risk factors for herd breakdown with bovine tuberculosis in 148 cattle herds in the south west of England. *Prev. Vet. Med.*, 2010, **95**, 224-230.
- Rivière J, Le Strat Y., Dufour B., Hendrikx P. - Sensitivity of Bovine Tuberculosis Surveillance in Wildlife in France: A Scenario Tree Approach. *PLoS ONE*, 2015, **10**(10), 18 pages.
- Tefka N. - Contribution à l'étude de la valeur des techniques d'intradermotuberculinations dans le diagnostic de la tuberculose bovine selon le contexte épidémiologique. Thèse Méd. Vét., 1986, Miliana, Algérie, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- Winkler B., Mathews F. - Environmental risk factors associated with bovine tuberculosis among cattle in high-risk areas. *Biology Letters*, 2015, **11**, 20150536.



Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la DGAL et l'Anses pour le financement de ce projet et pour les données qu'elles nous ont fournies ; les élèves stagiaires et inspecteurs de l'ENSV qui ont mené les enquêtes qualitatives sur le terrain et leur encadrante ; tous les acteurs qui ont accepté de répondre à nos questions et/ou qui nous ont fourni des données (Coordinateurs tuberculose, DDPP, laboratoire national de référence, laboratoires départementaux d'analyse), l'ADILVA pour nous avoir aidé à diffuser le questionnaire adressé aux laboratoires départementaux d'analyse ainsi que les étudiants de master qui travaillent avec nous sur ce projet.