

UNE APPROCHE QUANTITATIVE POUR LA DECLARATION D'UN PAYS COMME INDEMNE D'UNE MALADIE (INFECTION)*

L. Audigé¹, M. Doherr¹ et M.S. Salman²

RESUME : La mise en application des nouvelles règles recommandées par l'Organisation mondiale du commerce dans le cadre des échanges phytosanitaires impose de revoir les procédures visant à la déclaration d'un pays comme indemne d'une maladie. Cet article présente une approche visant à estimer quantitativement, à partir des résultats d'un sondage, le degré de confiance associé à la déclaration d'un pays ou d'une région comme indemne d'une maladie (et plus généralement d'une infection). Ce degré de confiance (probabilité après sondage), c'est-à-dire la valeur prédictive négative du résultat d'un sondage, dépend de notre connaissance «avant sondage» (probabilité avant sondage), de l'absence de l'infection dans le pays ou la région et de la validité du sondage (un sondage étant considéré comme un système de diagnostic). La validité du sondage est estimée par le rapport de la probabilité d'observer le résultat du sondage en absence de l'infection et de cette probabilité en présence de l'infection (rapport de vraisemblance). Une méthode pour l'estimation de la probabilité avant sondage est brièvement discutée. Cette approche est appliquée à titre d'exemple à l'interprétation du résultat d'un sondage réalisé en 1998 pour la déclaration de la Suisse comme officiellement indemne de rhinotrachéite infectieuse bovine (IBR). Nous pensons que cette approche a une application directe dans les processus de décision actuels par les autorités en matière de santé animale pour le commerce d'animaux ou de produits d'origine animale.

SUMMARY : The 1995 World Trade Organization agreement on the application of Sanitary and Phytosanitary Measures requires scientific validation in order to declare a country or a region free of a disease. This article presents a method to quantify from a survey result with specific confidence limits the likelihood of the absence of a disease (which is also valid to an infection) in a region or a country. This likelihood (post-survey probability), i.e. the negative predictive value of the survey result, depends on our prior knowledge (pre-survey probability) of the absence of the infection in the country or region as well as the validity of the applied survey (a survey being considered as a diagnostic system). The validity of the survey is assessed using the ratio of the probability of observing a negative survey result in the absence of the infection, to the probability of observing the same result in the presence of the infection (likelihood ratio). A method to evaluate the pre-survey probability is briefly discussed. For illustration, this approach is applied for the interpretation of the result of a survey conducted in 1998 to substantiate freedom from infectious bovine rhinotracheitis (IBR) in Switzerland. We believe the method has a valuable application in the current decision making process of animal health authorities for the trade of animal and animal products.



* Texte de la communication présentée le 7 mai 1999

¹ Institut de Virologie et d'Immunoprophylaxie, Boite Postale, CH-3147 Mittelhäusern, Suisse

² Université de l'Etat du Colorado, Fort Collins, Colorado 80523, USA

I - INTRODUCTION

L'accord de 1995 de l'Organisation mondiale du commerce sur l'application des règles sanitaires et phytosanitaires impose d'apporter des preuves scientifiques pour la déclaration d'un pays comme indemne d'une maladie. Bien que la terminologie « indemne d'une maladie » soit largement utilisée, nous pensons que, dans certains cas, il s'agit en réalité de l'éradication d'une infection par un agent spécifique d'une population animale. Le terme « infection » est donc utilisé dans cet article tout en sachant que l'approche s'applique aussi au cas plus restrictif d'une maladie.

Plusieurs approches méthodologiques visant à déterminer si un pays est indemne d'une infection ou maladie ont été présentées [Cannon & Roe, 1982 ; Garner *et al.*, 1997 ; Anon, 1998 ; Cameron & Baldock, 1998a ; Jordan, 1997]. Cependant, un certain nombre de suppositions prises en considération limitent les applications pratiques. Par exemple, certaines de ces approches considèrent que les tests de diagnostic sont parfaits [Cannon & Roe, 1982] ou que les prévalences de l'infection (en cas d'infection) dans les troupeaux et des troupeaux sont fixes [Garner *et al.*, 1997]. Pour l'évaluation des systèmes de diagnostic au niveau du troupeau (ce que nous appellerons par la suite "test troupeau"), la prévalence minimale attendue dans les troupeaux infectés est prise en considération au lieu d'une fourchette possible de prévalences [Garner *et al.*, 1997 ; Cameron & Baldock, 1998a]. Plus récemment, une méthode prenant en considération la variabilité de la prévalence de l'infection dans les troupeaux a été proposée, mais cette méthode ne prend en compte que le niveau du troupeau [Jordan & McEwen, 1998].

Dans le contexte actuel, les sondages visant à la déclaration d'un pays comme indemne d'une infection ou maladie sont réalisés afin d'identifier au moins un troupeau infecté pour le cas où la prévalence des troupeaux est supérieure ou égale à une limite

prédéterminée (par exemple 0,1%). Généralement les décideurs attendent de tels sondages qu'ils donnent un résultat considéré comme négatif si ils sont réalisés dans une région réellement indemne d'infection. En réalité, un tel résultat signifie que la prévalence réelle de l'infection des troupeaux est très probablement inférieure que la valeur limite envisagée. Cette conclusion devrait en fait prendre en compte un grand nombre de facteurs autres que le seul résultat du sondage, comme par exemple les infrastructures vétérinaires, les capacités de diagnostic, la preuve de la présence de l'agent de la maladie, l'historique de la maladie et la mise en œuvre de mesures efficaces de contrôle de la maladie dans le pays si elle survenait. En conséquence, le résultat du sondage à lui seul ne devrait pas permettre de conclure quand à l'absence de l'infection (et donc de la maladie). Une approche prenant en considération les facteurs ci-dessus mentionnés devrait être développée afin de quantifier notre degré de confiance dans la déclaration d'un pays comme indemne d'une maladie suivant la réalisation d'un sondage. Cette approche devrait considérer autant que possible une évaluation quantitative afin de permettre une standardisation entre les pays et les maladies.

Audigé et Beckett (1999) ont proposé d'évaluer la valeur d'un sondage en santé animale en utilisant la modélisation stochastique. Leur approche peut être utilisée pour déterminer l'efficacité d'un système de détection d'une infection dans un pays. Toutefois, elle ne permet pas d'obtenir un intervalle de confiance pour le rapport de vraisemblance calculé et ne prend pas en compte les facteurs influençant la conclusion du sondage. A partir d'une version plus avancée de ce modèle stochastique, cet article présente une approche quantitative pour la déclaration d'un pays comme indemne d'une infection ou maladie. Cette approche a été récemment présentée en langue anglaise [Audigé *et al.*, 1999].

II - DESCRIPTION DE L'APPROCHE

1. UN SONDAGE COMME SYSTEME DE DIAGNOSTIC

Un sondage peut être considéré comme un système de diagnostic visant à identifier la présence ou l'absence d'une infection ou maladie dans un pays ou une région. Par conséquent, la validité et la précision d'un sondage devraient être évaluées. Nous résumons brièvement ci-dessous l'approche de modélisation présentée par Audigé et Beckett (1999) qui permet le calcul de la sensibilité et la spécificité du sondage, ainsi que du rapport de vraisemblance pour le résultat:

Une première étape consiste en l'estimation de la sensibilité et la spécificité du test troupeau utilisé. Cette estimation est obtenue par deux distributions de probabilité du nombre attendu d'animaux positifs, d'une part, à partir de troupeaux indemnes, et, d'autre part, de troupeaux infectés. Ces distributions dépendent de la sensibilité et la spécificité du test individuel, de la taille des troupeaux, de la prévalence de l'infection dans les troupeaux infectés (en cas d'infection) et du nombre d'animaux prélevés dans chaque troupeau.

Dans une seconde étape, les distributions de probabilité du nombre attendu de troupeaux positifs au test troupeau sont déterminés, d'une part, dans une situation de pays indemne et d'autre part, de pays infecté à différent niveau de prévalence entre troupeaux. Ces distributions permettent de définir les valeurs de sensibilité et de spécificité du sondage, ainsi que les courbes ROC (receiver operating characteristic). Ces distributions de probabilité peuvent être utilisées de deux manières:

- Une valeur limite du nombre de troupeaux positifs peut être choisie afin que le résultat du sondage soit interprété comme "négatif" si le nombre observé de troupeaux positifs est inférieur à cette valeur limite. Dans le cas contraire, le résultat du sondage est interprété comme "positif". L'inconvénient majeur de cette approche correspond à l'arbitraire du choix de cette valeur limite.
- Il est également possible de calculer les rapports de vraisemblance pour chaque résultat possible du sondage. Le modèle permet une estimation du rapport de la probabilité d'observer le résultat du sondage en cas de présence de la maladie dans le pays à celui d'observer le même résultat si le pays est indemne de maladie. Nous considérons cette approche plus puissante pour l'interprétation des résultats du sondage.

Toutefois, le but d'un sondage est de permettre de conclure à partir de son résultat. Faisant référence à un test de diagnostic individuel, une telle conclusion se rapporte aux valeurs prédictives positive et négative du test [Smith, 1995 ; Fletcher *et al.*, 1996]. En terme statistique, il s'agit de la probabilité postérieure au test correspondant à une probabilité conditionnelle.

Dans le contexte de cet article, nous portons notre intérêt sur la probabilité de l'absence de l'infection ou maladie, c'est-à-dire la valeur prédictive négative du résultat de sondage. Cette valeur prédictive négative, ou probabilité après sondage d'être indemne de la maladie, peut être obtenue par la formule suivante:

$$\text{Probabilité après sondage} = \frac{(\text{odds avant sondage} \times \text{RV})}{(1 + \text{odds avant sondage} \times \text{RV})}$$

avec,

RV = Rapport de vraisemblance d'observer le résultat du sondage si le pays est indemne d'infection à celui d'observer le même résultat en cas d'infection dans le pays à un niveau de prévalence défini.

et,

$$\text{Odds avant sondage} = \frac{\text{Probabilité avant sondage}}{1 - \text{Probabilité avant sondage}}$$

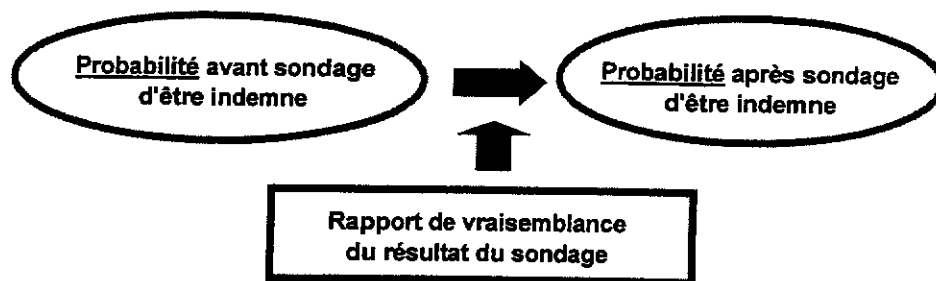
avec,

$$\text{Probabilité avant sondage} = \frac{\text{Probabilité d'être indemne d'infection (maladie) avant la réalisation du sondage}}{1 + \text{Probabilité d'être indemne d'infection (maladie) avant la réalisation du sondage}}$$

Le concept pour l'estimation de la probabilité d'être indemne d'une infection ou maladie est illustré dans la figure 1.

FIGURE 1

Approche pour l'estimation de la probabilité d'être indemne d'une infection ou d'une maladie



2. MODELE STOCHASTIQUE

Le modèle présenté par Audigé et Beckett (1999) a été modifié afin de permettre:

- d'évaluer la validité des sondages réalisés dans une population animale importante (plusieurs dizaines de

milliers de troupeaux) et avec un grand échantillon (plusieurs milliers de troupeaux);

- d'obtenir une distribution de probabilités pour le rapport de vraisemblance (pour un résultat de sondage donné);
- d'obtenir une distribution de probabilités pour la probabilité après sondage à partir de la formule

présentée ci-dessus, en spécifiant des distributions de probabilités pour la probabilité avant sondage et le rapport de vraisemblance. Ainsi, l'incertitude quand au résultat est prise en considération.

3. ESTIMATION DE LA PROBABILITE AVANT SONDAGE

Dans le contexte du diagnostic d'une maladie au niveau individuel, la probabilité avant le test de ne pas avoir la maladie peut être obtenue à partir d'une estimation de la prévalence de l'infection dans la population animale à laquelle appartient l'individu en question (probabilité avant le test = 1- prévalence de l'infection dans la population animale). Malheureusement, nous pensons que cette méthode n'est pas applicable pour l'interprétation d'un résultat de sondage [Audigé et Beckett, 1999] car il faudrait prendre en considération la proportion des pays ayant des animaux infectés. Une autre approche est donc nécessaire.

Nous proposons que la probabilité avant sondage d'être indemne d'infection soit estimée à partir d'un ensemble de critères qui contribueraient à l'identification de l'infection si celle-ci survenait dans le pays. Cette approche demanderait une évaluation en profondeur et une standardisation des facteurs influençant de l'apparition et de la détection de l'infection dans le pays. Une liste préliminaire non exhaustive de tels critères est présentée dans le tableau I. Cette méthode en cours de développement a été présentée récemment à la conférence annuelle du SVEPM par Doherr et al. [1999]. Cette méthode (qui apparaît *a priori* complexe) pourrait conduire à terme à l'utilisation d'une échelle d'évaluation simplifiée comme présentée dans le tableau II. La probabilité avant sondage serait présentée sous la forme d'une distribution de probabilités (comme par exemple une distribution Beta ou BetaPert) afin de refléter l'incertitude que des experts auraient dans son estimation.

TABLEAU I

Liste préliminaire non exhaustive de critères pouvant servir à l'estimation de la probabilité avant sondage d'être indemne d'une infection ou d'une maladie

Critères indépendants de l'infection ou de la maladie concernée	Critères spécifiques à l'infection ou à la maladie concernée
<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures vétérinaires • Education vétérinaire • Population animale • Mouvements d'animaux / commerce • Laboratoires de diagnostic • Activités de surveillance et de contrôle des infections ou des maladies 	<ul style="list-style-type: none"> • Historique de l'infection ou de la maladie dans le pays ou la région • Activités de surveillance et de contrôle de l'infection ou de la maladie • Activités de recherche

TABLEAU II

Proposition de grille pour l'estimation quantitative de la probabilité avant sondage d'être indemne d'une infection ou d'une maladie

Indemne de l'infection ou de la maladie concernée	Estimation de la probabilité avant sondage
Extrêmement improbable	0,01
Très improbable	0,05
Improbable	0,20
Plutôt improbable	0,40
Plutôt probable	0,60
Probable	0,80
Très probable	0,95
Extrêmement probable	0,99

III - APPLICATION DE CETTE APPROCHE (IBR EN SUISSE)

1. HISTORIQUE DE LA MALADIE

La rhinotrachéite infectieuse bovine (IBR) est une des maladies dont l'éradication a été entreprise en Suisse (Anon., 1995a). En dépit de quelques cas sporadiques enregistrés depuis 1994, la Suisse est reconnue officiellement indemne de cette maladie. Une revue complète de la campagne d'éradication en Suisse a été publiée (Riggenbach, 1998). Nous en apportons ici les grandes lignes.

L'IBR a été observée pour la première fois en Suisse en mars 1974 dans le canton de Fribourg et plusieurs foyers ont été enregistrés en automne et en hiver des années 1977 et 1978 dans les cantons de l'Appenzell et de St Gallen. L'IBR est devenue une maladie à déclaration obligatoire en juin 1978 (Ordonnance suisse sur les épizooties du 9 juin 1978). Jusqu'à la fin de 1987, 366 troupeaux étaient trouvés infectés sur la base de signes cliniques. Dans ces troupeaux, plus de 50% des animaux étaient trouvés séropositifs. Des mesures de contrôle de la maladie ont été prises au niveau cantonal. En juillet 1982, toutefois, des mesures nationales ont été instaurées afin d'éradiquer la maladie en Suisse. Jusqu'en 1993, tous les bovins de plus de 24 mois ont été testés annuellement par ELISA dans tous les troupeaux. Les animaux séropositifs ont été considérés comme porteurs du virus et en conséquence conduits à l'abattoir.

De 1994 à 1998, des sondages annuels ont été réalisés à partir d'un échantillon d'environ 4600 à 5000 troupeaux afin d'apporter la preuve du statut indemne d'IBR. La taille des échantillons de troupeaux était déterminée afin de sélectionner au moins un troupeau infecté si la prévalence des troupeaux était de 0,1% (à 99% de confiance) [Anon., 1995b]. Ces échantillons représentaient environ 8% des 62000 troupeaux de bovins en Suisse [Anon., 1996]. Des échantillons de sang étaient collectés à partir de tous les bovins de plus de 24 mois (et aussi plus jeunes si il y avait moins de 5 bovins de plus de 24 mois). Des échantillons de lait de mélange de 5 vaches laitières étaient collectés en remplacement des sérums si cela était possible. Les échantillons de lait et de sérums ont été testés par ELISA (IBR Checkit® Trachitest, Dr. Bommeli AG, Liebefeld-Bern). En 1998, seulement 5 bovins de plus de 24 mois ont été prélevés dans chaque élevage. Les sérums ont été analysés au moyen de la même trousse de diagnostic ELISA et tous les résultats douteux ou positifs ont fait l'objet d'une confirmation par test de séroneutralisation au laboratoire de référence pour l'IBR (Institut de Virologie, Faculté vétérinaire, Zurich). Au cours du sondage de 1997, sur 31 042 sérums, 39 tests de séroneutralisation ont été effectués et un élevage a été confirmé positif à l'IBR (une visite de confirmation a révélé 47 animaux positifs au test de séroneutralisation sur les 60 animaux de l'élevage).

Par ailleurs, toutes les vaches ayant avorté ainsi que les cas cliniques suspects sont testés par la méthode ELISA pour la présence d'anticorps contre le virus de l'IBR dans un des 17 laboratoires pouvant officiellement réaliser ce test en Suisse. Les échantillons positifs à ce test sont envoyés au laboratoire de référence à l'Institut de Virologie de la Faculté vétérinaire de Zurich. Des tests de dépistage sont aussi réalisés en routine dans le cadre des importations et exportations d'animaux et lors d'expositions. Au total, 147 animaux ont été identifiés positifs pour l'IBR par le test de séroneutralisation entre 1995 et 1998 (Stauber, Institut de Virologie, Zurich, comm. pers.). Toutefois, ces élevages positifs comprenaient des animaux testés lors d'importation vers la Suisse dont nous ne connaissons pas la proportion.

2. ESTIMATION DE LA PROBABILITE QUE LA SUISSE SOIT INDEMNE D'IBR A PARTIR DU RESULTAT DU SONDAGE DE 1998.

Le processus de modélisation stochastique implique trois étapes distinctes.

2.1. PREMIERE ETAPE

La première étape vise à l'évaluation de la sensibilité et la spécificité du système de dépistage au niveau du troupeau (test troupeau). Cette étape a été décrite en détail par Audigé et Beckett [1999]. Les paramètres et les hypothèses du modèle ont été les suivantes:

- **Taille des troupeaux:** La distribution de la taille des troupeaux a été obtenue par la distribution du nombre de bovins de plus de 24 mois dans les élevages sélectionnés pour le sondage de 1997 (ces chiffres étaient inconnus pour 1998). Nous avons ignoré les troupeaux ayant moins de 5 bovins de plus de 24 mois.
- **Le nombre d'animaux prélevés par troupeau** était fixé à 5.
- **Les caractéristiques du test individuel:** Les sérums ont été analysés au moyen de l'ELISA IBR Checkit® Trachitest (Dr. Bommeli AG, Liebefeld-Berne). Selon la littérature [Bommeli *et al.*, 1980 ; Bommeli & Kihm, 1982 ; Roszkopf *et al.*, 1994], nous avons choisi de modéliser la variabilité de la sensibilité de l'ELISA par une distribution de probabilités BetaPert. Les valeurs minimales, les plus probables et maximales ont été fixées respectivement à 94%, 98% et 99.5%. L'utilisation de l'ELISA à grande échelle dans des élevages indemnes d'IBR en Suisse a permis une évaluation plus précise de la spécificité de l'ELISA. Nous avons pris en compte le nombre de sérums ayant donné un résultat douteux ou positif dans les élevages du sondage de 1997 n'ayant eu aucune confirmation ou suspicion d'IBR jusqu'en

juin 1999. Un total de 37 sérums sur près de 31 000 sérums analysés ont donné un tel résultat, et ces données ont été utilisées pour modéliser la variabilité de la spécificité de l'ELISA par une distribution de probabilités Beta.

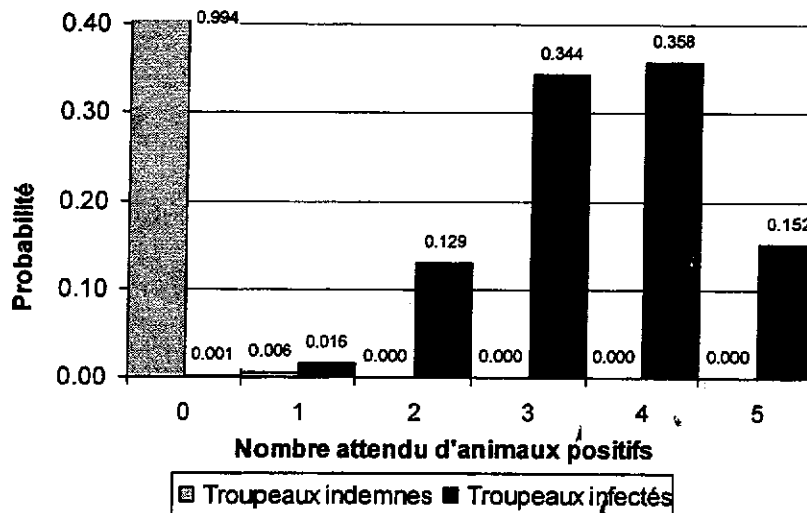
- **La prévalence de l'infection dans les troupeaux:** Dans les troupeaux sensibles à l'infection, il est fort probable que le virus de l'IBR se propagerait très rapidement à la plupart des animaux après l'introduction d'un animal infectieux, conduisant à une prévalence dans les troupeaux de plus de 50% (Hauser, Office Vétérinaire Fédéral Suisse, comm. pers.). En conséquence, nous avons modélisé cette prévalence au moyen d'une distribution de probabilités BetaPert avec les valeurs minimale, la

plus probable et maximale fixées respectivement à 50%, 70% et 100%.

Les distributions de probabilité du nombre attendu d'animaux positifs à l'ELISA respectivement dans les élevages indemnes d'IBR et les élevages infectés sont présentés dans la figure 2. Ces distributions ont permis de choisir un nombre limite d'animaux positifs égal à 2, en dessous duquel les élevages étaient considérés comme indemnes d'IBR. Suite à ce choix, la sensibilité et la spécificité du test troupeau ont été estimés respectivement à 98,3% ($1 - (0,016 + 0,001) = 0,983$) et 100%. Le choix du nombre limite permet ici de garantir une spécificité du test troupeau très élevée.

FIGURE 2

Distributions de probabilités du nombre attendu d'animaux positifs à l'ELISA respectivement dans les troupeaux indemnes et dans les troupeaux infectés



2.2. DEUXIEME ETAPE

La deuxième étape vise à l'estimation du rapport de vraisemblance pour le résultat du sondage. Les paramètres du modèle ont été les suivants:

- **nombre d'élevages dans la population :** le nombre d'élevages de bovins était estimé à 55 883 en 1997 (Bohnenblust, Office Fédéral Suisse des Statistiques, comm. pers.);
- **nombre d'élevages dans l'échantillon :** Le nombre d'élevages prélevés au cours du sondage de 1998 a été de 4 672 ;
- **prévalence de l'infection des troupeaux :** L'Office vétérinaire fédéral suisse considère la Suisse comme "indemne d'IBR" lorsque la prévalence des troupeaux infectés est au maximum de 0,1% [Anon., 1995b]. Cette limite correspond à un nombre de 56 troupeaux

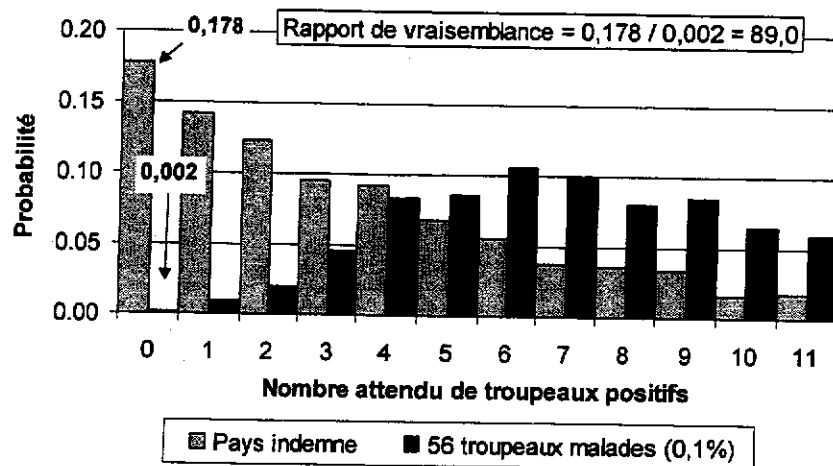
atteints d'IBR dans la population de 55 883 troupeaux.

Les distributions de probabilité du nombre attendu de troupeaux positifs au test troupeau, respectivement en cas d'absence de l'infection en Suisse et au cas où 56 troupeaux étaient infectés, sont présentées dans la figure 3.

Au cours du sondage de 1998, 30 troupeaux ont été identifiés avec un seul sérum douteux à l'ELISA. Considérant le nombre limite défini auparavant, ces troupeaux ont été considérés comme négatifs au test-troupeau. Le rapport de vraisemblance pour un résultat de zéro troupeau positif au test troupeau a été estimé à 89,1. Ce rapport signifie qu'il y avait 89,1 fois plus de chance d'observer ce résultat si la Suisse était indemne d'IBR par rapport au cas où 0,1% des troupeaux étaient atteints d'IBR en Suisse.

FIGURE 3

Distributions de probabilités du nombre attendu de troupeaux positifs au test troupeau respectivement en cas d'absence d'IBR et au cas où 56 troupeaux étaient infectés en Suisse, et calcul du rapport de vraisemblance



2.3. TROISIEME ETAPE

La troisième étape permet d'estimer la probabilité que la Suisse soit indemne d'IBR. Cette probabilité (ou probabilité après sondage) est obtenue à partir de la formule préalablement présentée, c'est-à-dire à partir d'une estimation de la probabilité avant sondage et le rapport de vraisemblance. Une simulation stochastique avec 1 000 répétitions a été réalisée au moyen du logiciel @Risk (Palisade corporation, Redmont, USA).

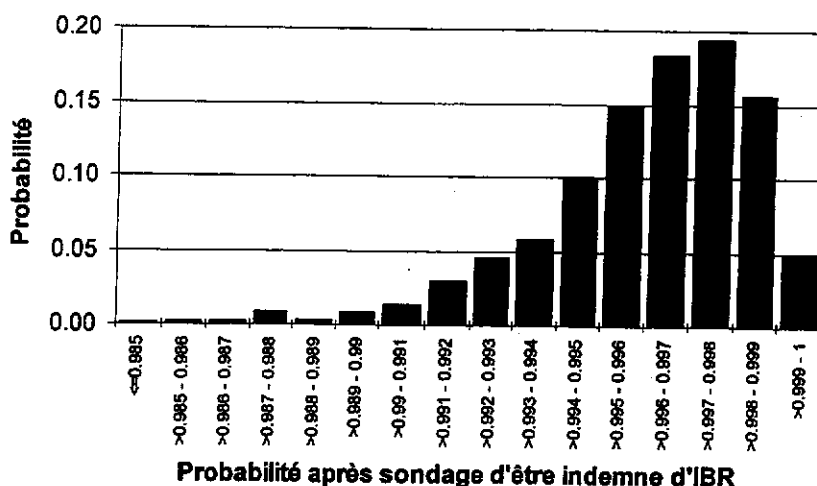
A titre d'illustration, en considérant l'historique de l'IBR en Suisse, notamment les résultats des sondages annuels et de la surveillance sanitaire, nous pourrions prétendre que la Suisse était probablement indemne d'IBR avant la réalisation du sondage de 1998. Ce jugement subjectif correspondrait à une probabilité avant sondage de 80% selon le tableau II. Notre jugement toutefois est incertain.

Nous pensons que cette incertitude tient d'une part à la qualité des informations disponibles relatives à la maladie en question, d'autre part à la part de subjectivité inévitable qui est associée à cette estimation. Dans le cas de l'IBR en Suisse, la qualité des informations disponibles est considérée comme bonne car les systèmes de surveillance et les capacités de diagnostic en laboratoire sont performants. Pour cet article, nous avons choisi de modéliser la probabilité avant sondage par une distribution de probabilités BetaPert avec les valeurs minimale, la plus probable et maximale respectivement fixées à 75%, 80% et 90%.

La distribution de probabilités de la probabilité après sondage d'être indemne d'IBR est présentée dans la figure 4.

FIGURE 4

Distribution de probabilités de la probabilité pour la Suisse d'être indemne d'IBR après la réalisation du sondage de 1998



Alors que la probabilité avant sondage a été estimée subjectivement entre 75% et 90%, la probabilité après sondage a été estimée au dessus de 99% dans 962 des 1 000 répétitions. En conséquence, le résultat du sondage de 1998 a permis d'accroître notre confiance quand à la

déclaration de la Suisse comme indemne d'IBR. Selon l'échelle de valeur présentée dans le tableau II, l'interprétation de ce résultat serait qu'il était extrêmement probable que la Suisse soit indemne d'IBR après la réalisation du sondage de 1998.

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous avons présenté une approche innovatrice pour une estimation quantitative du degré de confiance associé à la déclaration d'un pays ou d'une région comme indemne d'une infection à partir du résultat d'un sondage. Le cas de l'IBR en Suisse a été utilisé pour montrer son application pratique, mais l'objectif de cet article ne vise pas à supporter le statut indemne d'IBR de la Suisse en tant que tel. Une étude plus approfondie des paramètres du modèle et de leur influence respective sur le résultat final est nécessaire. Après réévaluation de ce modèle, il est apparu que les résultats préliminaires récemment publiés [Audigé *et al.*, 1999] soient erronés à cause d'une mauvaise spécification de la spécificité du test troupeau dans le modèle. Par ailleurs, il nous est apparu que la spécificité de l'ELISA était très probablement supérieure aux valeurs trouvées dans la littérature, aussi nous avons préféré utiliser les données du sondage de 1997 qui se rapportent à la population bovine suisse. Ce choix nous semble plus approprié. Cet article présente les résultats ainsi corrigés.

Cette approche prend en considération la méthodologie du sondage, notamment la qualité des tests de dépistage utilisés, ainsi que les facteurs influençant notre connaissance avant sondage sur l'absence de l'infection dans le pays ou la région considérée. Toma *et al.* [1998] ont recommandé la prise en compte de la qualité des infrastructures vétérinaires et des réseaux de surveillance pour l'estimation de la prévalence la plus probable d'une infection dans un pays, au moyen d'une grille d'évaluation. Leur approche a le mérite de vouloir développer une méthode aussi objective que possible.

Cependant, cette approche ne s'inscrit pas dans le cadre de l'absence de l'infection.

Il est important de souligner que notre approche n'en est qu'une parmi d'autres. Nous sommes au fait que d'autres groupes de recherche travaillent sur le même sujet et qu'ils ont envisagé ou envisagent des approches méthodologiques différentes. Par exemple, Cameron et Baldock [1998b] ont développé un logiciel (appelé "FreeCalc") permettant de calculer la taille des échantillons dans le cadre des sondages. Ce logiciel toutefois n'a pas été conçu pour l'interprétation des résultats de sondage. Un groupe allemand travaille actuellement sur les considérations théoriques liées à l'échantillonnage dans ces sondages [Ziller *et al.*, 1999]. Gardner *et al.* (comm. pers.) tentent d'utiliser l'approche bayésienne et la procédure d'échantillonnage Gibbs [Casella et George, 1992] pour quantifier la probabilité d'être indemne d'infection. Nous considérons leur approche comme complémentaire et il est planifié de la valider dans un proche avenir avec les données de cet article afin de comparer les résultats et d'évaluer chaque méthode à juste titre.

La méthode présentée dans cet article est en cours de développement. Une collaboration étroite entre les différents groupes de recherche travaillant sur ce thème sera nécessaire afin d'obtenir un degré élevé de standardisation et d'acceptation au niveau international. Nous pensons toutefois qu'elle revêt un intérêt certain dans les processus de décision actuels des autorités sanitaires quand aux mouvements d'animaux et de produits d'origine animale.

V - BIBLIOGRAPHIE

Anonyme. ~ Ordonnance sur les épizooties du 27 juin 1995. Office Vétérinaire Fédéral Suisse, 1995a, 89 pages.

Anonyme. ~ Art. 130: Surveillance du cheptel suisse. In: Ordonnance sur les épizooties du 27 juin 1995. Office Vétérinaire Fédéral Suisse, 1995b, 42.

Anonyme. ~ Eidgenössische Viehzählung 1996, Nutztierhaltung in den Kantonen. Office Vétérinaire Fédéral Suisse, 1996.

Anonyme. ~ Recommended standards for the epidemiological surveillance system for rinderpest. *Office International des Epizooties*, 1998.

AUDIGE L. and BECKETT S. ~ A quantitative assessment of the validity of animal-health surveys using stochastic modelling. *Prev. Vet. Med.*, 1999, 38: 259-276.

AUDIGE L., DOHERR M.G. and SALMAN M. ~ A quantitative approach in declaring a country free of a

- disease, in: *Proc. of the Soc. for Vet. Epid. and Prev. Med.*, edited by Goodall E.A. and Thrusfield M.V., 24-26 March 1999, Bristol UK, 1999, 78-87.
- BOMMELI W.R., KIHM U., LAZAROWICZ M. and STECK F. ~ Rapid detection of antibodies to infectious bovine rhinotracheitis (IBR) virus by micro enzyme linked immunosorbent assay (micro ELISA), in: *Proc. of the 2nd Int. Symp. of Vet. Lab. Diagn.*, 1980, 235-239.
- BOMMELI W. and KIHM U. - ELISA ~ The nucleus of the IBR/IPV control programm in Switzerland, in: *The ELISA : Enzyme linked immunosorbent assay in veterinary research and diagnosis*, edited by Martinus Nighoff Publishers, 1982, 242-251.
- CAMERON A.R. and BALDOCK F.C. ~ A new probability formula for surveys to substantiate freedom from disease. *Prev. Vet. Med.*, 1998a, 34: 1-17.
- CAMERON A.R. and BALDOCK F.C. ~ Two-stage sampling in surveys to substantiate freedom from disease. *Prev. Vet. Med.*, 1998b, 34: 19-30.
- CANNON R.M. and ROE R.T. ~ Livestock Disease Surveys: A field manual for veterinarians, Australian Bureau of Animal Health, Canberra, 1982, 35 pages.
- CASELLA G. and GEORGE E.I. ~ Explaining the Gibbs sampler. *The Am. Stat.*, 1992, 46(3): 167-174.
- DOHERR M.G., AUDIGE L. and SALMAN M. ~ A quantitative method to evaluate existing surveillance systems for ruminant TSE in Europe. Poster presented at the annual conference of the *Soc. for Vet. Epid. and Prev. Med.*, 24-26 March 1999, Bristol UK, 1999.
- FLETCHER R.H., FLETCHER S.W. and WAGNER E. H. ~ Clinical epidemiology, The essentials, Williams & Wilkins, Maryland, USA, 1996, 276 pages.
- GARNER M.G., GLEESON L.J., HOLYOAKE P.K., CANNON R.M. and DOUGHTY W.J. ~ A national serological survey to verify Australia's freedom from porcine reproductive and respiratory syndrome. *Aust. Vet. J.*, 1997, 75 (8): 596-600.
- JORDAN D. ~ Aggregate testing for the evaluation of Johne's disease herd status. *Aust. Vet. J.*, 1997, 73: 16-19.
- JORDAN D. and McEWEN S.A. ~ Herd-level test performance based on uncertain estimates of individual test performance, individual true prevalence and herd true prevalence. *Prev. Vet. Med.*, 1998, 36: 187-209.
- RIGGENBACH Ch. ~ Die Bekämpfung der Infektiösen bovinen Rhinotracheitis (IBR) in der Schweiz, Swiss Federal Veterinary Office, Bern-Liebefeld, 1998, 72 pages.
- ROSSKOPF M., STAUB E. and ACKERMANN M. ~ Vergleich zweier ELISA Systeme zum Nachweis von Antikörpern gegen IBR/IPV sowie gegen EBL. *Schw. Arch. für Tierheilk.*, 1994, 136 (2): 58-67.
- SMITH R.D. ~ Veterinary Clinical Epidemiology - A Problem-Oriented Approach - Second Edition, CRC Press, London/Tokyo, 1995, 279 pages.
- TOMA B., DUFOUR B., BONJOUR P., SANAA M. and ANGOT, J.-L. ~ A method for incorporating the evaluation of veterinary services and surveillance programmes in animal health risk assessments, in: *Proc. of the annual conf. of the Soc. for Risk Anal. - Europe "Risk Analysis: opening the progress"*, 1998, 1-10.
- ZILLER M., SELHORST T., TEUFFERT J. and SCHLÜTER H. ~ Sample strategies to substantiate freedom from disease: a theoretical approach, in: *Proc. of the Soc. for Vet. Epid. and Prev. Med.*, edited by Goodall E.A. et Thrusfield M.V., 24-26 March 1999, Bristol UK, 1999, 44-52.



REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Madame Ruth Hauser (Office Vétérinaire Fédéral Suisse) et le Dr Norbert Stauber (Institut de Virologie, Faculté vétérinaire de Zurich) pour leur aide dans la collection des données relatives à l'IBR en Suisse. Nous remercions également le Dr. Barbara Dufour (Agence française pour la sécurité sanitaire des aliments, France) pour ses corrections apportées lors de la rédaction de cet article.