

Surveiller les avortements chez les bovins à partir des données démographiques et de reproduction : un complément à la déclaration obligatoire ?

Anne Bronner (1) (anne.bronner@anses.fr), Eric Morignat (1), Aurélien Madouasse (2,3), Didier Calavas (1)

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

(2) Inra, UMR1300 Biologie, Épidémiologie et analyse de risque en santé animale, CS 40706, Nantes, France

(3) LUNAM Université, Oniris, Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation, Nantes Atlantique, UMR BioEpAR, Nantes, France.

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer la faisabilité d'utiliser les données démographiques (dates de vêlage) et de reproduction (dates d'insémination artificielle, IA) à des fins de surveillance syndromique des avortements chez les bovins, comme complément au dispositif actuel de déclaration des avortements, connu pour être peu sensible. Trois indicateurs de survenue d'avortements ont été élaborés : les taux d'avortements précoces (TAP) et tardifs (TAT) à partir des données d'IA, et le taux de vêlages de veaux viables (TVV) à partir des dates de vêlages. Le TAP et le TAT, disponibles pour une partie de la population contrairement au TVV (les dates d'IA sont disponibles auprès de 76 % environ des élevages laitiers, alors que les dates de vêlages sont disponibles pour l'ensemble des femelles, laitières et allaitantes), présentent l'intérêt d'être plus spécifiques que le TVV pour détecter la survenue d'avortements. Compte tenu du caractère abortif de la fièvre catarrhale ovine due au sérotype 8 (FCO-8), son influence sur chacun de ces indicateurs a été étudiée. Suite à l'épizootie de FCO-8 en 2007 et 2008, entre 60 et 76 % des départements concernés par l'épizootie ont présenté une augmentation anormale du TAP ou du TAT, et 45 à 86 % des départements une diminution anormale du TVV. En période « sans circulation de FCO-8 », ces alertes étaient significativement moins nombreuses. D'après ces résultats, il apparaît envisageable d'utiliser les données démographiques et de reproduction à des fins de surveillance syndromique en complément du dispositif actuel.

Mots-clés

Avortements, bovins, brucellose, surveillance syndromique, fièvre catarrhale ovine

Abstract

Using demographic and reproductive data for bovine abortion surveillance: a complement to the mandatory notification system?

This study aimed to assess the feasibility of using demographic data (calving dates and reproductive data (dates of artificial insemination AI) to implement a syndromic surveillance system for bovine abortions. Such a system could replace or complement the current clinical surveillance system, which has been recognised as having limited sensitivity. Three indicators of bovine abortions have been designed: a Mid-term abortion incidence rate (MAIR) and a Late-term abortion incidence rate (LAIR) using AI data (collected from about 76 % of French dairy cattle herds), and a calving incidence rate (CIR) using calving data (collected from every dairy or beefcattle herd). As bluetongue serotype 8 (BT8) has been reported to cause abortions, we assessed the ability of each indicator to identify a BT8-related increase in abortion rates. Following the BT8 epizootic in 2007 and 2008, an abnormal increase in the MAIR and LAIR was identified in 60 to 76 % of départements included in the study, and there was an abnormal decrease in the CIR in 45 % to 86 % of départements included in the study. In comparison, statistical alerts were less frequently identified prior to the BT8 epizootic. These results suggest that these indicators are good candidates for the implementation of a syndromic surveillance system for bovine abortions, as a complement to the current surveillance system.

Keywords

Abortion, Cattle, Brucellosis, Syndromic surveillance, Bluetongue

La surveillance des avortements chez les bovins repose actuellement en France sur la déclaration obligatoire de tout avortement (DA). Elle a pour objectifs d'assurer une détection précoce de toute réapparition d'un foyer de brucellose sur le territoire et de garantir le maintien du statut officiellement indemne, en complément de la surveillance programmée (dépistage sérologique annuel). Toutefois, de précédentes études ont mis en évidence un défaut de sensibilité de ce dispositif (près de trois quarts des éleveurs ayant détecté des avortements ne les déclareraient pas) (Bronner *et al.*, 2013), et une faible acceptabilité par les acteurs de terrain (Bronner *et al.*, 2014). Aussi, dans un contexte où le risque d'introduction de la brucellose est bien réel, comme l'ont rappelé les foyers survenus récemment en France et en Belgique (OIE, 2012), il y a lieu de s'interroger sur les modalités de renforcement de la surveillance des avortements.

Ce renforcement passe en premier lieu par l'amélioration du dispositif actuel. Toutefois, celui-ci restera dépendant de la participation des éleveurs et des vétérinaires sanitaires. Dès lors, sa sensibilité n'atteindra jamais 100 % et il apparaît important de réfléchir à d'autres modalités de surveillance complémentaires, afin de garantir la détection de tout foyer de brucellose. En particulier, certaines données démographiques (dates de vêlage) et de reproduction (dates d'insémination artificielle (IA)) sont disponibles pour tout ou partie de la population des femelles bovines, et sont collectées respectivement à des fins de traçabilité des animaux et d'amélioration génétique. L'objectif était donc d'étudier la

pertinence d'utiliser ces données à des fins de surveillance syndromique des avortements chez les bovins, complément au dispositif de DA actuel.

La surveillance syndromique peut être définie comme le suivi en continu d'un ou plusieurs indicateurs non spécifiques du danger surveillé, permettant d'assurer la détection précoce d'un risque infectieux ou non, déjà connu ou non, ou d'évaluer l'impact ou l'absence d'impact de ce risque sur la santé de cette population (Triple-S, 2011). Trois indicateurs de survenue d'avortements ont donc été élaborés à partir des données d'IA (le taux d'avortements précoces (TAP) et le taux d'avortements tardifs (TAT)) et des données de vêlage (le taux de vêlage de veaux viables (TVV)) (Tableau 1). L'intérêt d'étudier les deux types de données (démographiques et de reproduction) s'explique par le fait que le TAP et le TAT permettent d'identifier de manière assez spécifique la survenue d'avortements (ils ciblent les femelles ré-inséminées, ayant eu par définition un trouble de la reproduction); toutefois, ces taux ne peuvent être calculés que pour 76 % des élevages laitiers environ, pour lesquels les dates d'IA sont disponibles (les données d'IA ne couvrent qu'une très faible part des femelles allaitantes). À l'inverse, le TVV peut être calculé pour l'ensemble de la population des femelles bovines. Mais la survenue d'un vêlage (et donc le TVV) dépend de nombreux autres facteurs que les troubles de la reproduction : les délais de remise à la reproduction, le choix de l'éleveur d'allonger les intervalles vêlage-vêlage, etc. Compte tenu du caractère abortif de la fièvre catarrhale

ovine due au sérotype 8 (FCO-8) (DalPozzo *et al.*, 2009; Elbers *et al.*, 2008), son influence sur chacun des indicateurs (TAP, TAT, TVV) a été étudiée. Notre hypothèse était que la FCO-8 avait entraîné une augmentation rapide des TAP et TAT chez les femelles laitières, et une diminution du TVV chez les femelles laitières et allaitantes (au moment où les femelles ayant avorté suite à une infection par la FCO-8 auraient dû vêler).

Matériel et méthode

Données

Les dates d'IA étaient disponibles pour environ 76 % des élevages de vaches laitières recensés en France (ces élevages adhèrent au programme de Certification de filiation bovine) et ont été extraites du Système national d'identification génétique des bovins (SNIG). Ces données n'étant disponibles que pour environ 20 % des élevages allaitants et dans ces élevages, pour une très faible proportion de femelles (30 % environ), elles n'ont pas été étudiées pour la population de femelles allaitantes. Les dates de vêlage, disponibles pour l'ensemble de la population de femelles bovines, ont été extraites de la Base de données nationale d'identification (BDNI). L'ensemble de ces données était disponible pour la période allant du 1^{er} août 2004 au 31 juillet 2010 (soit six campagnes de reproduction, une campagne de reproduction allant du premier août de l'année *n* au 31 juillet de l'année *n*+1). Les données sur l'épizootie de FCO-8 concernaient les foyers cliniques qui permettaient d'approcher la date d'infection des élevages (contrairement aux foyers identifiés uniquement à partir de résultats sérologiques).

Élaboration des indicateurs de survenue d'avortements

Les trois indicateurs (TAP, TAT et TVV) ont été calculés pour chaque département, chaque catégorie de femelles, et chaque semaine de la période d'étude (Tableau 1). Un avortement précoce a été défini, pour

une femelle donnée, comme la survenue d'une nouvelle IA 90 à 179 jours suivant une précédente IA; un avortement tardif correspondait à la survenue d'une nouvelle IA 180 à 305 jours suivant une précédente IA; enfin, un vêlage de veau viable correspondait à un vêlage donnant naissance à un veau encore en vie sept jours après sa naissance.

Les TAP et TAT permettaient d'étudier le nombre d'avortements précoces ou tardifs survenus parmi la population de femelles « à risque d'avorter », ou, compte tenu des données disponibles, pour lesquelles il était possible d'identifier un avortement à partir des dates d'IA. Le TVV permettait quant à lui d'étudier le nombre de vêlages de veaux viables survenus parmi la population de femelles susceptibles de vêler (Tableau 1). Les catégories de femelles ont été définies par la parité (nullipares ou pares), et par le type de production (laitières ou allaitantes).

Étude de l'influence de la FCO-8 sur chacun des trois indicateurs

L'étude s'est focalisée sur les départements dans lesquels au moins un foyer clinique de FCO-8 avait été déclaré et dans lesquels aucun foyer dû au sérotype 1 n'avait été identifié, afin d'étudier spécifiquement l'influence du sérotype 8. Parmi les départements étudiés, 42 ont été infectés en 2007, et tous l'ont été en 2008. Compte tenu des différences de variations saisonnières de chacun des trois taux entre départements et catégories de femelles, un modèle statistique a été sélectionné pour chaque département et chaque catégorie de femelles. Chacun des taux a été modélisé suivant une régression de Poisson intégrant un paramètre de surdispersion et des variables temporelles permettant de prendre en compte des variations annuelles, semestrielles et/ou trimestrielles. Le modèle a été calibré sur trois campagnes, de 2004/2005 à 2006/2007, puis utilisé pour prédire le taux d'avortements ou de vêlages entre le 1^{er} août 2007 et la fin de la période « à risque de FCO-8 », pour le département étudié (Encadré). Une bande de prédiction a été calculée en retenant un seuil à 95 %,

Encadré. Définitions

Alerte statistique: une alerte statistique était identifiée à partir de l'analyse du TAP ou du TAT dès lors que, au cours d'une semaine donnée, le taux observé était supérieur à la borne supérieure de la bande de prédiction. Pour le TVV, une alerte statistique était identifiée dès lors que le TVV observé était inférieur à la borne inférieure de la bande de prédiction *a minima* au cours de deux semaines successives (alerte dite « groupée »).

Période « à risque de FCO »: elle correspond pour un département donné aux semaines comprises entre 30 jours avant la date de première déclaration d'un foyer clinique de FCO-8 et 180 jours (pour le TAP), 270 jours (pour le TVV) et 305 jours (pour le TAT) suivant la date de dernière déclaration d'un foyer de FCO-8 dans le département.

Période « hors risque de FCO-8 »: elle correspond pour un département donné aux semaines comprises entre le 1^{er} août 2007 et 60 jours avant la date de première déclaration d'un foyer clinique de FCO-8 dans le département. Certains départements n'avaient donc pas de période « hors risque » car des foyers cliniques de FCO-8 avaient été déclarés entre le 1^{er} août et le 1^{er} octobre 2007. Par ailleurs, les semaines comprises entre 30 et 60 jours précédant la date de première déclaration d'un foyer clinique de FCO-8 n'étaient rattachées

à aucune période, compte tenu de la situation sanitaire incertaine (la FCO-8 ayant pu ou non circulé au cours de ces semaines).

Proportion d'alertes par département: rapport entre le nombre de semaines au cours desquelles une alerte a été identifiée et le nombre total de semaines de la période considérée, pour un département donné.

Délai de déclenchement d'une alerte: intervalle entre la date de déclaration du premier foyer clinique de FCO-8 dans le département et la date d'identification de la première alerte statistique.

Ratio d'avortements en excès: rapport entre l'excès d'avortements observé au cours d'une période « à risque de FCO-8 » (correspondant à la différence entre le nombre d'avortements observé et le nombre d'avortements prédit au cours de cette période) et le nombre d'avortements prédit au cours de cette même période.

Ratio de déficit de vêlages: rapport entre le nombre de vêlages en déficit observé au cours d'une période « à risque de FCO-8 » (correspondant à la différence entre le nombre de vêlages prédit et le nombre de vêlages observé au cours de cette période) et le nombre de vêlages prédit au cours de cette période.

Tableau 1. Modalités de calcul des trois indicateurs de survenue d'avortements sur un pas de temps hebdomadaire

	Numérateur	Dénominateur	Catégories de femelles étudiées de manière distincte
Taux d'avortements précoces (TAP)	Nombre d'avortements précoces (i.e. nombre de femelles ré-inséminées 90 à 179 jours suivant une précédente IA)	Nombre de femelles-semaine à risque d'avorter précocement (i.e. nombre de femelles-jour inséminées depuis 90 à 179 jours/7)	Laitières nullipares/Laitières pares
Taux d'avortements tardifs (TAT)	Nombre d'avortements tardifs (i.e. nombre de femelles ré-inséminées 180 à 305 jours suivant une précédente IA)	Nombre de femelles-semaine à risque d'avorter tardivement (i.e. nombre de femelles-jour inséminées depuis 180 à 305 jours/7)	Laitières nullipares/Laitières pares
Taux de vêlages de veaux viables (TVV)	Nombre de vêlages de veaux viables (i.e. veaux avec une date de mort, si elle existe, au-delà des 7 jours suivant leur naissance)	Nombre de femelles-semaine à risque de vêler (i.e. nombre de femelles-jour nullipares âgées de plus de 650 jours et pares ayant vêlé depuis plus de 300 jours/7)	Laitières nullipares/Laitières pares Allaitantes nullipares/Allaitantes pares

Tableau 2. Caractéristiques des taux d'avortements et des alertes émises en période « à risque de FCO-8 » en fonction des catégories de femelles laitières

	TAP		TAT	
	Nullipares	Pares	Nullipares	Pares
Taux moyen (min-max) (/100 femelles-semaine) ⁽¹⁾	0,53 (0,25 – 0,78)	0,72 (0,36 – 1,02)	0,45 (0,19 – 0,90)	0,20 (0,08 – 0,43)
Départements ⁽²⁾	48 (76 %)	49 (75 %)	38 (60 %)	47 (73 %)
Semaines ⁽³⁾	155 (3,4 %)	232 (5 %)	76 (1 %)	134 (2,2 %)
Délai médian de déclenchement d'une alerte (min-max) (en semaines)	12 (-4; 83)	12 (-4; 61)	43 (-4; 94)	17 (-4; 93)
Nombre d'avortements en excès (ratio)	6 186 (30 %)	22 751 (19 %)	-307 (-1 %)	8 315 (18 %)

Tableau 3. Caractéristiques du taux de vèlages et des alertes émises en période « à risque de FCO-8 » en fonction des catégories de femelles

	Laitières		Allaitantes	
	Nullipares	Pares	Nullipares	Pares
Taux moyen (min-max) (/100 femelles-semaine) ⁽¹⁾	1,9 (1,4-3,9)	4,2 (3,0 – 5,2)	1,5 (1,3 – 2,5)	5,4 (3,7 – 7,1)
Départements ⁽²⁾	38 (58 %)	52 (79 %)	30 (45 %)	57 (86 %)
Semaines ⁽³⁾	253 (5 %)	895 (17 %)	303 (6 %)	1 167 (22 %)
Délai médian de déclenchement d'une alerte (min-max) (en semaines)	31 (9; 77)	9 (-3; 82)	28 (-3; 80)	30 (-3; 75)
Nombre de vèlages en déficit (ratio)	17 128 (2 %)	300 519 (10 %)	45 214 (6 %)	443 574 (13 %)

(1) Moyenne, minimum et maximum du taux moyen départemental d'avortements précoces ou tardifs, calculé pour 100 femelles-semaine.

(2) Nombre (proportion) de départements dans lesquels des alertes statistiques sont identifiées en période « à risque FCO ».

(3) Nombre (proportion) de semaines au cours desquelles des alertes statistiques sont identifiées en période « à risque FCO ».

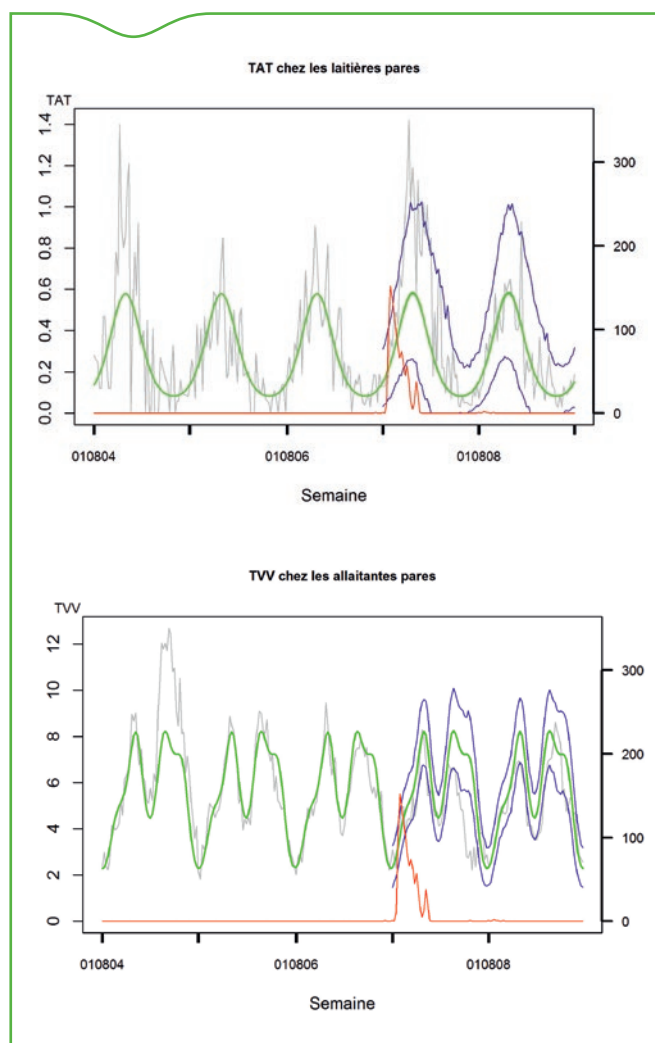


Figure 1. Variations du TAT et du TVV: exemple du département de l'Aisne chez les laitières paires et les allaitantes paires

En gris figure le taux observé, en vert le taux prédit par le modèle, en bleu les bornes inférieure et supérieure de la bande de prédiction, et en rouge, les foyers cliniques de FCO-8.

à partir de 10 000 valeurs prédites simulées pour chaque semaine, selon King *et al.* (King *et al.*, 2000). Cette bande de prédiction permet d'identifier la zone dans laquelle la totalité de la série temporelle a 95 % de chances de se trouver, et limite ainsi les risques d'erreur de type I (les « fausses alertes ») par rapport aux intervalles de prédiction.

La bande de prédiction a permis d'identifier des alertes statistiques qui ont été étudiées en distinguant la période « à risque de FCO » et une période « hors risque de FCO » (Encadré). La proportion d'alertes par département a été calculée pour chaque période. Le délai de déclenchement d'une alerte, un nombre et un ratio d'avortement en excès (pour le TAP et le TAT) et un nombre et un ratio de déficit de vèlages (pour le TVV) ont été étudiés au cours de la période « à risque » et pour les départements dans lesquels au moins une alerte avait été identifiée pendant cette période (Encadré).

L'ensemble des analyses a été réalisé avec le logiciel R.

Résultats

Les variations de chacun des taux étaient cycliques (voir l'exemple dans la Figure 1), avec des taux d'avortements (précoces ou tardifs) nettement plus faibles que le TVV (comme on pouvait s'y attendre, la survenue d'avortements étant bien plus rare que la survenue des vèlages) (Tableaux 2 et 3).

En ciblant les départements présentant à la fois une période « à risque » et une période « hors risque », le nombre de départements concernés par des alertes était significativement plus élevé en période « à risque » qu'en période « hors risque » quels que soient le taux et la catégorie de femelles étudiés (test du chi-2 sur séries appariées, résultats non montrés). A l'échelle nationale, entre 69 % (chez les paires) et 81 % (chez les nullipares) des alertes émises pour le TAP étaient survenues en période « à risque »; cette proportion variait entre 55 % (chez les paires) et 83 % (chez les nullipares) pour le TAT, et entre 72 % (chez les laitières nullipares) et 96 % (chez les allaitantes paires) pour le TVV.

En période « à risque de FCO-8 », la médiane du délai de déclenchement des alertes estimé dans chaque département variait entre neuf semaines (pour le TVV chez les laitières paires) et 40 semaines (pour le TAP chez les laitières nullipares) (Tableaux 2 et 3).

À l'exception de l'analyse du TAT chez les nullipares (catégorie pour laquelle le TAT observé était inférieur au TAT prédit), les autres analyses ont mis en évidence un ratio d'avortements en excès variant entre 18 et 30 %, et un ratio de déficit de vêlages variant entre 2 et 13 % selon les catégories de femelles étudiées (Tableaux 2 et 3). Ce ratio, calculé à l'échelle départementale chez les allaitantes paires, était nettement plus faible en 2007 dans les départements infectés par la FCO-8 en 2007, qu'en 2008 dans les départements infectés pour la première fois par la FCO-8 (test de Student, p -value < 7.10^{-14}) (Figure 2).

Discussion

Cette étude propose le calcul de trois indicateurs de survenue d'avortements: deux taux d'avortements (le TAP et le TAT), couvrant 76 % environ des élevages laitiers, et le taux de vêlages de veaux viables, le TVV, couvrant l'ensemble de la population de femelles bovines. Selon les catégories de femelles, entre 45 et 86 % des départements ont présenté une augmentation anormale du TAP et du TAT, ou une diminution anormale du TVV en période « à risque de FCO-8 ». Pour chacun des taux et des populations étudiés, le nombre de départements dans lesquels au moins une alerte avait été identifiée était plus élevé en période « à risque » qu'en période « hors risque » de FCO-8. Ainsi, globalement, il existe un lien entre la période de circulation de la FCO-8 et d'une part l'augmentation du TAP et du TAT, et d'autre part la diminution du TVV.

Taux d'avortements vs taux de vêlage

Le TAP et le TAT ciblent les femelles laitières ayant eu des troubles de la reproduction qui sont ensuite ré-inséminées; ils ne permettent donc pas d'identifier les femelles ayant avorté qui sont directement réformées. À l'inverse, le TVV cible les femelles n'ayant pas vêlé au moment où elles auraient dû, en raison de troubles de la reproduction, mais également en cas de mise à la réforme anticipée (que la femelle ait avorté ou non), ou de décision de l'éleveur d'augmenter les intervalles vêlages-vêlages de ses femelles. Pour la population de femelles laitières, les alertes émises à partir de l'analyse du TAP et du TAT sont ainsi *a priori* plus spécifiques que le TVV pour la détection de la survenue d'avortements.

Parmi la population de femelles laitières, les alertes étaient plus rares et plus fréquemment isolées pour le TAP et le TAT que pour le TVV : seules 14 à 41 % des semaines présentant un TAP ou un TAT observé supérieur à la borne supérieure de la bande de prédiction étaient groupées; pour le TVV, 71 à 86 % des semaines présentant un TVV observé inférieur à la borne inférieure de la bande de prédiction étaient groupées. La faible proportion d'alertes groupées pour le TAP et le TAT peut s'expliquer par la faible valeur de ces indicateurs et par la plus grande incertitude qui découle de leur prédiction (Tableaux 2 et 3). Par ailleurs, comme mentionné précédemment, le TAP et le TAT ne permettent pas d'identifier les avortements chez les femelles réformées sans avoir été ré-inséminées; à l'inverse, ces femelles conduisent à une diminution du TVV au moment où elles auraient dû vêler. À titre indicatif, à partir des données de déclarations d'avortements, 25 à 40 % des femelles qui avortent sont directement réformées. Enfin, il est possible que les femelles ayant avorté soient ré-inséminées dès que l'éleveur a constaté l'avortement. Dans ce cadre, le choix de définir différemment une alerte statistique pour le TAP et le TAT d'une part, et le TVV d'autre part, a été le compromis retenu ici pour identifier des variations anormales de ces taux liées à la FCO-8 tout en limitant les fausses alertes (survenant en période « hors risque »).

Ces alertes sporadiques identifiées à partir du TAP et du TAT sont en cohérence avec les résultats d'une autre étude, qui avait quantifié comme faible l'effet de la FCO-8 sur les variations du TAP et du TAT (en intégrant cette variable dans une modélisation temporelle) (Bronner *et al.*, soumis). Très peu de semaines ont été concernées par des alertes identifiées pour le TAT chez les nullipares, le nombre d'avortements observé étant très proche (légèrement inférieur) du nombre d'avortements prédit au cours des périodes « à risque ».

Facteurs influençant la survenue d'alertes pour un taux donné

Quels que soient le taux et la catégorie de femelles étudiés, la survenue d'alertes apparaît globalement plus fréquente en période « à risque » qu'en période « hors risque ». En période « à risque de FCO-8 », les départements ne présentant pas d'alertes étaient ceux pour lesquels l'incertitude autour de chacun des taux prédits (TAP, TAT, TVV) était la plus élevée (en lien avec de faibles effectifs de bovins). Ces résultats

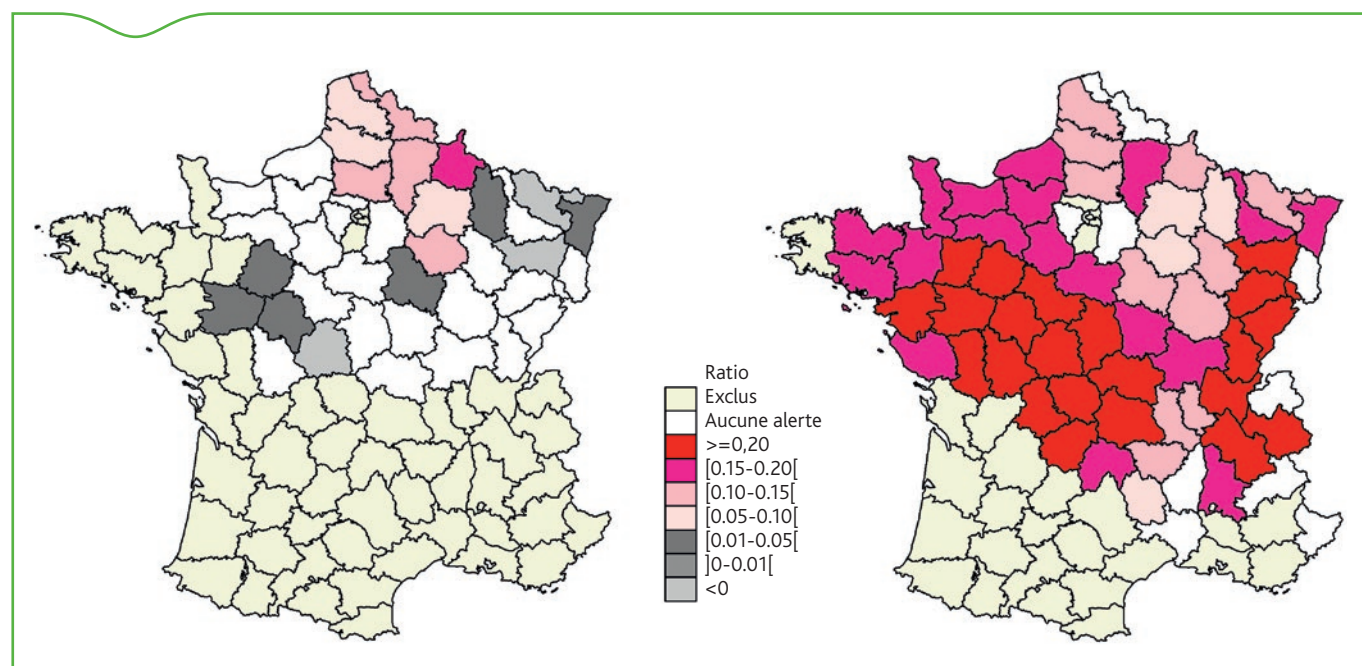


Figure 2. Ratio du déficit de vêlages chez les femelles allaitantes paires calculé à l'échelle départementale en 2007 (à gauche) et 2008 (à droite)

Les départements exclus correspondent aux départements pour lesquels les critères d'inclusion de l'étude ne sont pas rencontrés ou, pour 2007, aux départements n'ayant pas fait l'objet de déclaration de foyers de FCO-8 en 2007.

peuvent être légèrement biaisés par le fait que le nombre de semaines appartenant à une période « à risque » était nettement plus élevé que pour la période « hors risque ». Ainsi, sous l'hypothèse nulle d'absence d'effet de la FCO-8, la probabilité d'identifier des fausses alertes en période « à risque » était mécaniquement plus élevée qu'en période « hors risque ». Ces délais variables entre période « à risque » et période « hors risque » ne permettent par ailleurs pas de calculer une valeur prédictive positive pour les alertes statistiques émises.

Aucun lien n'a pu être mis en évidence entre la prévalence de la FCO-8 et l'existence d'alertes dans un département, ou la proportion départementale d'alertes. Toutefois, il est vraisemblable que les données cliniques de FCO-8 disponibles présentent des biais de sous-déclaration variables entre départements (Durand *et al.*, 2010; Elbers *et al.*, 2007; Nusinocivi *et al.*, 2014), et reflètent donc de manière hétérogène la prévalence réelle de la maladie.

Un effet de la FCO-8 sur le TVV variable en fonction des catégories de femelles

L'analyse du TVV identifie un nombre de départements concernés par des alertes et un nombre d'alertes en période « à risque » particulièrement élevé pour les allaitantes pères. Par ailleurs, le ratio de déficit de vêlages estimé à partir de l'analyse du TVV chez les allaitantes pères était plus prononcé dans les départements nouvellement infectés en 2008 que dans ceux infectés dès 2007.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le délai entre l'arrivée de la FCO-8 et le pic de vêlages était plus long pour les femelles allaitantes pères que pour les autres catégories de femelles, et que ce délai a augmenté entre 2007 et 2008 chez les allaitantes pères. Ainsi, dans les départements primo-infectés par la FCO-8 en 2007, le pic de vêlages était survenu en moyenne 27 semaines après l'arrivée de la FCO-8 chez les allaitantes pères, contre six à treize semaines pour les autres catégories de femelles. Dans les départements primo-infectés par la FCO-8 en 2008, le pic de vêlages chez les allaitantes pères est survenu en moyenne 31 semaines après l'arrivée de la FCO-8 (contre 12 à 21 semaines pour les autres catégories de femelles). En effet, la FCO-8 a circulé plus précocement en 2008 qu'en 2007 dans les départements: 72 % des départements étudiés et infectés en 2007 l'ont été au cours du dernier trimestre, contre 11 % des départements étudiés et infectés pour la première fois en 2008.

Ainsi, la majorité des femelles allaitantes pères a vêlé après l'arrivée de la FCO-8, plus tard que les autres catégories de femelles, et plus tard en 2008 qu'en 2007. Cette population de femelles a donc été exposée plus longtemps avant la période de vêlages au risque de FCO-8 en 2008, et le risque d'avortements ou de troubles de la reproduction en a été certainement accru (par rapport à 2007, et par rapport aux autres catégories de femelles).

Vers une articulation entre surveillance syndromique et déclaration obligatoire des avortements

Les résultats de cette étude mettent en évidence un lien entre la survenue de la FCO-8 et une augmentation du TAP et du TAT, et une diminution du TVV, et soulignent l'intérêt que pourrait présenter l'analyse des données démographiques et de reproduction à des fins de surveillance syndromique, en complément du dispositif actuel. Ces résultats confirment ainsi pour partie les résultats d'une précédente étude qui avait analysé les variations de différents indicateurs de troubles de la reproduction au moment de l'épizootie de FCO-8 (Marceau *et al.*, 2014).

Contrairement à notre hypothèse de départ, les délais de déclenchement d'une alerte n'étaient pas plus faibles pour le TAP et le TAT que pour le TVV. Ces délais semblent longs, et dépendent du délai de ré-insémination suite à une interruption de gestation et du délai de notification des dates d'insémination (pour les taux d'avortements), ainsi que du nombre de femelles exposées. Il conviendrait toutefois de relativiser ces délais de déclenchement d'une alerte au vu du niveau de contagiosité de la maladie visée par le dispositif de DA (en France aujourd'hui la brucellose) et du nombre d'élevages qui seraient

infectés avant que la maladie ne soit détectée (qui peut être faible, à l'exemple des foyers de brucellose déclarés en Belgique en 2012 et 2013 (OIE, 2012)).

En cas de variations anormales de ces taux, des investigations devront être menées pour en identifier la cause. En effet, chacun des indicateurs ne reflète qu'indirectement le réel taux d'avortements: le TAP et le TAT peuvent englober d'autres troubles de la reproduction (par ex., une mortalité embryonnaire suivie d'un long délai de ré-insémination), et les variations du TVV intègrent également les variations du taux de réforme. D'autre part, ces investigations devront permettre de caractériser l'événement abortif en cours (épisode infectieux, intoxication, ou autre).

Un tel outil de surveillance des avortements basé sur les trois taux proposés pourrait utilement compléter le dispositif actuel de DA en intégrant dans l'analyse les élevages ne déclarant pas d'avortements, et en permettant de détecter des patrons abortifs différents (non pas des avortements isolés mais des variations anormales de survenue d'avortements groupés). L'association des deux modalités de surveillance devrait permettre de renforcer la probabilité de détecter un foyer de brucellose et ainsi d'améliorer globalement les délais de détection d'un épisode abortif. Ce point mériterait toutefois d'être objectivé par des études complémentaires (en ayant recours par ex. à la simulation). En outre, la surveillance syndromique pourrait permettre d'évaluer *a posteriori* de manière exhaustive la situation sanitaire, en cas de détection d'un foyer de brucellose à partir du dispositif de DA. Inversement, le déclenchement d'une alerte à partir du dispositif de surveillance syndromique pourrait conduire à un renforcement de la vigilance des acteurs de terrain impliqués dans le dispositif de DA (au-delà des investigations à conduire dans les élevages concernés par l'alerte statistique).

Cette étude est une première étape dans l'analyse de la pertinence de mettre en place un outil de surveillance syndromique des avortements chez les bovins basé sur des données démographiques et de reproduction. Des analyses complémentaires sont envisagées afin d'étudier la capacité à identifier des variations anormales de chacun de ces taux à une échelle géographique plus réduite (sachant qu'un nombre réduit de données peut limiter les capacités à identifier des variations anormales des indicateurs). Par ailleurs, il conviendra d'évaluer la faisabilité de mise en œuvre d'un tel système avec les différents acteurs, à l'image de ce qui est fait actuellement pour les données de mortalité chez les bovins.

Remerciements

Le ministère chargé de l'agriculture pour la fourniture des données de surveillance de la FCO, et le Centre de traitement de l'information génétique (Inra, Jouy-en-Josas, France) pour la fourniture des données d'insémination artificielle.

Références bibliographiques

- Bronner, A., Hénaux, V., Fortané, N., Hendrikx, P., Calavas, D., 2014. Why farmers and veterinarians do not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France? BMC Vet Res 10, 93.
- Bronner, A., Hénaux, V., Vergne, T., Vinard, J.-L., Morignat, E., Hendrikx, P., Calavas, D., Gay, E., 2013. Assessing the mandatory bovine abortion notification system in France using unilist capture-recapture approach. Plos one 8, e63246.
- Bronner, A., Morignat, E., Madouasse, A., Gay, E., Calavas, D., Devising an indicator to detect mid-term abortions in dairy cattle: a first step towards syndromic surveillance of abortive diseases. submitted.
- Dal Pozzo, F., Saegerman, C., Thiry, E., 2009. Bovine infection with bluetongue virus with special emphasis on European serotype 8. Vet J. 182, 142-151.
- Durand, B., Zanella, G., Biteau-Coroller, F., Locatelli, C., Simon, C., Le Dréan E., Delaval, J., Prengère, E., Beauté, V., Guis, H., 2010. Anatomy of Bluetongue virus serotype 8 epizootic wave, France, 2007-2008. Emerg Infect Dis 16, 1861-1868.

- Elbers, A., Backx, A., Meroc, E., Gerbier, G., Staubach, C., Hendrickx, G., Spek, A.v.d., Mintiens, K., 2008. Field observations during the bluetongue serotype 8 epidemic in 2006. I. Detection of first outbreaks and clinical signs in sheep and cattle in Belgium, France and the Netherlands. *Prev Vet Med* 87, 21-30.
- Elbers, A., Mintiens, K., Staubach, C., Gerbier, G., Meroc, E., Ekker, H., Conraths, F., VanderSpek, A., Backx, A. 2007. Nature and severity of disease in sheep and cattle. Appendix II. Epidemiological analysis of the 2006 bluetongue virus serotype 8 epidemic in north-western Europe (EFSA), 366.
- King, G., Tomz, M., Wittenberg, J., 2000. Making the most of statistical analyses: improving interpretation and presentation. *Am. J Politic. Sci.* 44, 341-355.
- Marceau, A., Madouasse, A., Lehébel, A., Van Schalk G., Veldhuis, A., Stede, Y.V.d., Fourichon, C., 2014. Can routinely recorded reproductive events be used as indicators of disease emergence in dairy cattle? An evaluation of 5 indicators during the emergence of bluetongue virus in France in 2007 and 2008. *J. Dairy Sci.* 97, 1-16.
- Nusinocivi, S., Monestiez, P., Seegers, H., Beaudeau, F., Fourichon, C., 2014. Using animal performance data to evidence the under-reporting of case herds during an epizootic: application to an outbreak of Bluetongue in cattle. *PLoS One* 9, e100137.
- OIE 2012. Country reports (Available: http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Countryinformation/Countryreports. Accessed 4 August 2014).
- R-Development-Core-Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0.
- Triple-S, 2011. Assessment of syndromic surveillance in Europe. *Lancet* 378, 1833-1834.