

Utilisation des données d'insémination artificielle afin d'identifier l'impact d'un évènement abortif dans les élevages de bovins laitiers

A. BRONNER¹, E. MORIGNAT¹, A. MADOUASSE^{2,3}, P. GASQUI⁴, E. GAY¹, D. CALAVAS¹

¹ Anses-Lyon, Unité Epidémiologie, F-69364 Lyon, France

² INRA, UMR1300 BioEpAR, F-44307 Nantes, France

³ LUNAM Université, Oniris, UMR1300 BioEpAR, F-44307 Nantes, France

⁴ INRA, UR346 Unité d'Epidémiologie Animale, F-63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

Courriel : didier.calavas@anses.fr

La surveillance des maladies abortives chez les bovins présente un double enjeu, sanitaire et économique. Elle repose aujourd'hui essentiellement sur la déclaration obligatoire de tout avortement, dispositif connu pour être peu sensible. Les données d'insémination artificielle recueillies dans la majorité des élevages laitiers pourraient être utilement mobilisées pour mettre en place un outil complémentaire de surveillance syndromique des avortements chez les bovins.

De nombreuses causes, infectieuses (salmonellose, néosporose..., Anderson 2007) ou non (intoxication, Riet-Correa *et al* 2012), peuvent conduire à des avortements chez les ruminants. En particulier, ces dernières années en Europe, plusieurs maladies abortives ont eu des conséquences sanitaires et économiques majeures, que ce soit la fièvre Q aux Pays-Bas entre 2007 et 2010 (VandenWijngaard *et al* 2011), la brucellose en Belgique et en France en 2012 (Mailles *et al* 2012, OIE 2012), ou encore la fièvre catarrhale ovine due au sérotype 8 (FCO-8) en Europe du nord à partir de 2006 (Wilson et Mellor 2009). Ce contexte souligne l'importance de la surveillance des avortements en élevages de ruminants afin de détecter l'apparition d'épisodes abortifs, et participer à prévenir leur diffusion.

En France, les avortements chez les ruminants font l'objet d'une surveillance réglementée, afin d'assurer la détection précoce de toute réapparition d'un foyer de brucellose sur le territoire. La brucellose est en effet une zoonose majeure due à *Brucella abortus* (et plus rarement à *B. melitensis* et *B. suis*), qui, chez l'Homme, entraîne un syndrome fébrile et plus rarement des complications

telles que des orchites, des endocardites ou des arthrites. Le dispositif de Déclaration des Avortements (DA) impose la déclaration et le dépistage de toute femelle ayant avorté (Anonyme 2008). Toutefois, il reste spécifique de la brucellose, et présente une faible sensibilité (près de trois quarts des éleveurs de bovins ayant détecté des avortements ne les déclareraient pas) (Bronner *et al* 2013b) et une faible acceptabilité (Bronner *et al* 2014a). Il apparaît donc nécessaire d'étudier la faisabilité d'utiliser d'autres modalités de surveillance, pour à la fois renforcer la surveillance de la brucellose et assurer une vigilance vis-à-vis des autres maladies abortives.

Pour l'Institut de veille sanitaire, le renforcement de la détection précoce des différents dangers sanitaires susceptibles d'être introduits en France passe par l'amélioration de la surveillance événementielle¹ d'une liste finie de maladies exotiques, et le développement d'outils de surveillance non spécifiques, c'est-à-dire d'outils de surveillance syndromique (InVS 2008). La surveillance syndromique peut être définie comme le suivi en continu d'un ou plusieurs indicateurs non spécifiques du danger surveillé, permettant d'identifier l'impact (ou non)

d'un risque infectieux ou non, déjà connu ou non (Triple-S 2011). Plus précisément, les indicateurs de surveillance syndromique permettent de suivre des phénomènes pathologiques de manière directe (analyse des taux de mortalité chez les bovins utilisée pour évaluer l'impact de la canicule en 2003 et 2006 sur la mortalité bovine, Morignat *et al* 2014) ou indirecte (suivi des prescriptions d'antiviraux comme indicateur de la fréquence des syndromes grippaux en lien avec la pandémie A/H1N1 en Ecosse, Triple-S 2014).

La mise en place d'un outil de surveillance syndromique implique que l'évènement sanitaire d'intérêt conduit à des modifications des variations temporelles de l'indicateur. L'identification des conséquences (ou non) d'un danger sanitaire peut être rétrospective, par une analyse *a posteriori* du lien spécifique entre la survenue de ce danger et les variations temporelles de l'indicateur (Elliot *et al* 2010). Elle peut également être prospective, en recherchant en temps réel ou quasi-réel les variations temporelles anormales de l'indicateur (Josseran *et al* 2009, Perrin *et al* 2010). La mise en œuvre d'un outil de surveillance syndromique de manière prospective est

¹ Parfois dénommée surveillance « clinique » ou surveillance « passive ».

habituellement conditionnée par sa capacité à identifier un événement sanitaire de manière suffisamment rapide tout en limitant le nombre de « fausses alertes » (non liées à l'événement sanitaire recherché).

Pour la surveillance des avortements en élevage bovin laitier, il est possible d'utiliser les données d'Insémination Artificielle (IA) qui sont collectées en routine dans environ trois quarts des élevages à des fins d'amélioration des performances de reproduction (Anonyme 2006)². L'analyse des délais entre deux IA successives a déjà permis d'évaluer indirectement l'impact de maladies abortives (dont la FCO-8) sur les troubles de fertilité et la survenue d'avortements (Santman-Berends *et al* 2010, Nusinovici *et al* 2012).

Le présent article a pour objectif de discuter la faisabilité et l'intérêt que représenterait le suivi d'un indicateur indirect de survenue des avortements élaboré à partir des données d'IA, le Taux d'Avortements Précoces (TAP), afin d'identifier l'impact d'un événement abortif de manière rétrospective ou prospective. Deux études sont présentées pour illustrer le propos, ayant eu pour objet d'analyser l'impact de l'épizootie de FCO-8 sur les variations du TAP (Bronner *et al* 2015) et *ii*) en mimant une analyse prospective, permettant de caractériser les alertes statistiques qui auraient été émises si les variations temporelles du TAP avaient été étudiées en temps réel au cours de cette épizootie (Bronner *et al* 2014b).

1 / Analyse du taux d'avortements précoces pour identifier l'impact de la FCO-8

1.1 / Données utilisées

Les données démographiques et de reproduction des femelles bovines de race laitière sont extraites respectivement de la Base de Données Nationale d'Identification (BDNI) et du Système national d'information génétique (Snig). Pour chaque femelle, les données disponibles sont le département et l'élevage d'appartenance, l'identifiant, la date de naissance, les dates d'IA et de vêlages, ainsi que les dates et les raisons des mouvements (abattage, vente...).

L'épizootie de FCO-8 a émergé en France en 2006, puis s'est diffusée dans

une large partie du territoire métropolitain en 2007 et 2008. Les données de déclaration des foyers cliniques de FCO-8 ont été fournies par le Ministère chargé de l'Agriculture. Afin d'étudier l'effet

spécifique de la FCO-8, l'étude a exclu les départements dans lesquels des foyers de FCO-1, un autre sérotype ayant émergé au cours de la même période dans le sud de la France (Zientara 2010),

Encadré. Modalités de calcul du Taux d'Avortements Précoces (TAP).

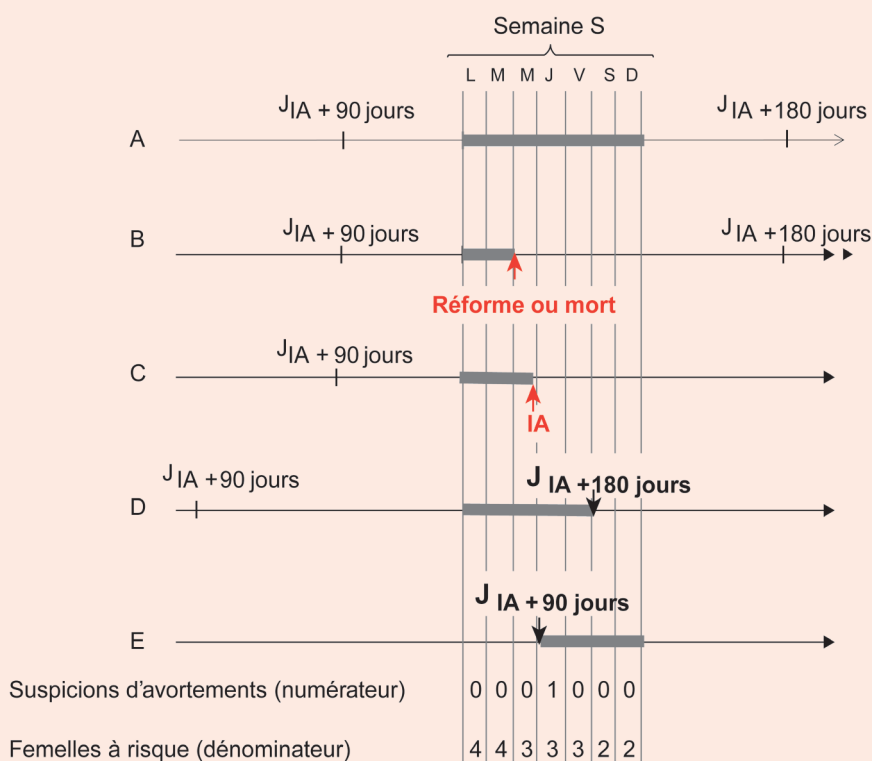
Pour chaque département, chaque catégorie de femelles (génisses ou vaches) et chaque jour J inclus dans la période d'étude, le nombre d'avortements précoces a été calculé comme le nombre de femelles inséminées le jour J et ayant déjà été inséminées au cours des 90 à 180 jours précédents ; le nombre de femelles à risque d'avorter précocement (dénominateur) a été calculé comme le nombre de femelles présentes le jour J et ayant fait l'objet d'une insémination au cours des 90 à 180 jours précédents.

La majorité des éleveurs inséminent leurs femelles les jours ouvrés et le nombre d'IA chute le week-end. Afin de s'affranchir de cette variabilité journalière, les données ont été agrégées selon un pas de temps hebdomadaire. Le nombre de femelles-semaine à risque d'avorter précocement au cours d'une semaine s correspondait au nombre cumulé de jours de présence de chaque femelle à risque au cours de cette semaine, divisé par 7. Le taux d'avortements précoces (TAP), étudié sur un pas de temps hebdomadaire, a été calculé sous la forme :

$$\text{TAP}_{ijs} = \frac{Y_{ijs}}{N_{ijs}}$$

avec Y_{ijs} le nombre d'avortements précoces au cours de la semaine s dans le département i et pour les femelles de catégorie j , et N_{ijs} le nombre de femelles-semaine à risque d'avorter précocement.

En prenant l'exemple de cinq femelles A, B, C, D et E (voir schéma ci-dessous) inséminées pendant la semaine s , un avortement précoce a été identifié parmi 21 femelles-jour à risque au cours de la semaine s , soit un TAP d'une valeur d'un avortement précoce pour 3 femelles-semaine à risque.



² Ces données ne sont disponibles que pour environ 20% des élevages allaitants et dans ces élevages, seulement pour une faible proportion de femelles (30% environ), et ne peuvent donc pas valablement être utilisées dans cet objectif.

avaient été identifiés. Par ailleurs, les résultats ci-dessous se focalisent sur les départements ayant été concernés à la fois par l'étude rétrospective et l'étude prospective.

1.2 / Elaboration du Taux d'Avortements Précoces (TAP)

Un avortement précoce a été défini dès lors qu'une femelle donnée avait été ré-inséminée dans les 90 à 180 jours suivant sa première insémination. Le taux d'avortements précoces (TAP) correspondait au ratio entre le nombre d'avortements précoces et le nombre de femelles « à risque d'avorter précocement » (c'est-à-dire ayant fait l'objet d'une IA au cours des 90 à 180 jours précédents) (encadré 1). Ses variations

temporelles ont été étudiées selon un pas de temps hebdomadaire, pour chaque département dans lequel au moins une femelle à risque avait été identifiée pour chaque semaine de la période d'étude, et en distinguant les génisses des vaches. En effet, la fréquence des troubles de la reproduction varie entre ces deux catégories de femelles (Nusinovici *et al* 2012) et les périodes de mise à la reproduction peuvent différer.

1.3 / Identification *a posteriori* de l'impact de la FCO-8

L'analyse rétrospective a été conduite à partir d'un modèle explicatif couvrant la période du 1^{er} août 2004 au 31 juillet 2010, et intégrant une variable correspondant au nombre de foyers cliniques de

FCO-8 déclarés. Les effets estimés à partir des modèles ont permis de définir l'effet de la FCO-8 sur le TAP pour chaque catégorie de femelles.

Les résultats indiquent que l'épizootie de FCO-8 a conduit à une augmentation du TAP dans 44% ($n = 24$) des 54 départements retenus pour les génisses, et dans 68% ($n = 41$) des 60 départements pour les vaches (tableau 1 et figure 1). Chez les génisses, chaque nouveau foyer clinique de FCO-8 déclaré au cours d'une période comprise entre 13 et 8 semaines précédant la semaine s au cours de laquelle le TAP était calculé conduisait à une augmentation moyenne du TAP de 3,8% (min-max : 0,2 - 57,9%). Chez les vaches, chaque nouveau foyer clinique de FCO-8 déclaré au cours d'une période

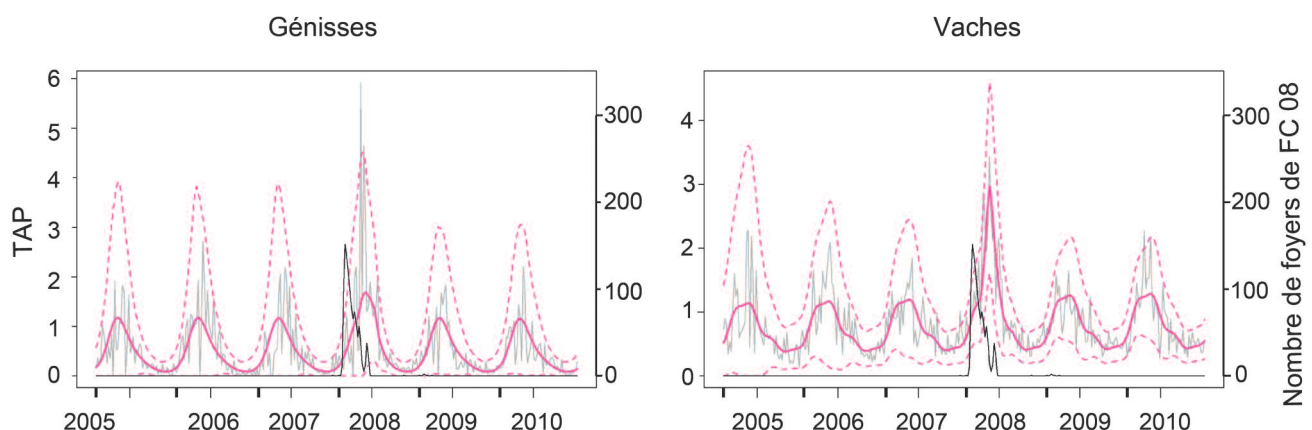
Tableau 1. Distribution des départements en fonction des résultats obtenus à partir de l'analyse rétrospective ou prospective.

Cette distribution concerne les 54 départements (chez les génisses) et les 60 départements (chez les vaches) pour lesquels les modèles présentaient des résultats convergents en ce qui concerne les périodes au cours desquelles la variable FCO-8 était calculée. L'effet FCO-8 estimé à partir du modèle explicatif était « non conclusif » pour un département donné lorsque le sens de l'effet de la variable FCO-8 était différent en fonction des modèles.

			Analyse rétrospective		Total
			Absence d'alertes statistiques au cours des périodes à risque de FCO-8	Existence d'alertes statistiques au cours des périodes à risque de FCO-8	
Analyse prospective : effet FCO-8 estimé à partir du modèle	Chez les génisses	Non significatif	1	6	7
		Positif	6	18	24
		Non conclusif	7	16	23
		Total	14	40	54
	Chez les vaches	Non significatif	1	3	4
		Négatif	0	1	1
		Positif	9	32	41
		Non conclusif	4	10	14
		Total	14	46	60

Figure 1. Variations du TAP observé et prédit à partir de l'analyse rétrospective dans le département de l'Aisne.

Le TAP observé (en gris) a été étudié chez les génisses (à gauche) et les vaches (à droite). Le TAP prédit (en rose continu) et les intervalles de confiance (en pointillés roses) ont été prédits à partir du modèle explicatif intégrant la variable FCO. Le nombre de foyers de FCO-8 est représenté en noir.



comprise entre 12 et 6 semaines précédant la semaine *s* au cours de laquelle le TAP était calculé conduisait à une augmentation moyenne de 1,7% (min-max : 0,1 - 14,4%). L'étude est présentée en détail dans l'article de Bronner *et al* (2015).

1.4 / Identification en temps réel de l'impact de la FCO-8

Un modèle a été calibré sur la période allant du 1^{er} août 2004 au 31 juillet 2007, c'est à dire avant l'arrivée de la FCO-8, puis utilisé pour prédire les variations du TAP entre le 1^{er} août 2007 et le 31 juillet 2010. Une alerte statistique était déclenchée dès lors que le TAP observé dépassait la bande de prédiction calculée à partir des taux prédits (en retenant un seuil à 95%, et selon King *et al* 2000). Ces alertes ont été étudiées en distinguant, à l'échelle du département, une période « à risque de FCO-8 » (au cours de laquelle la FCO-8 avait circulé dans le département) et une période « hors risque de FCO-8 » (antérieure à l'arrivée de la FCO-8 dans le département).

Au vu des résultats, entre 74% (40/54, chez les génisses) et 77% (46/60, chez les vaches) des départements avaient présenté une alerte statistique au cours de la période « à risque de FCO-8 » (tableau 1). Cependant, pour 6 (chez les génisses) et 3 (chez les vaches) de ces départements, aucun effet de la FCO-8 n'avait été identifié par l'analyse rétrospective et il est possible que ces départements aient fait l'objet d'identification d'alertes en période « à risque de FCO-8 » qui n'étaient pas liées à la FCO-8. Le délai médian entre la date de déclaration du premier foyer clinique de FCO-8 dans un département et la date d'identification de la première alerte statistique était de 12 semaines (que ce soit chez les génisses ou les vaches). En période « hors risque », le nombre de départements dans lesquels au moins une alerte statistique avait été identifiée était significativement plus faible qu'en période « à risque », que ce soit chez les génisses ou chez les vaches. L'étude est présentée en détail dans l'article de Bronner *et al* (2014b).

2 / Utilisation du taux d'avortements précoces pour identifier l'impact de différentes maladies abortives

Les deux études présentées soulignent qu'une analyse des variations temporelles du TAP a permis d'identifier *a posteriori* l'impact de la FCO-8 sur la survenue d'avortements en élevage de bovins, et que l'analyse hebdomadaire prospective

des variations temporelles du TAP aurait permis d'identifier relativement rapidement l'impact de la FCO-8. Plus globalement, la capacité d'un outil de surveillance syndromique basé sur le TAP à identifier l'impact d'un événement sanitaire abortif sur le cheptel bovin mérite d'être discutée en tenant compte des différents facteurs susceptibles de l'influencer.

2.1 / Population atteinte et population surveillée

La capacité à détecter un événement sanitaire sera plus élevée dans les départements à orientation laitière majoritaire, et pour lesquels la majorité des élevages laitiers pratique l'IA. Ainsi, dans 50% des départements, le TAP peut être calculé pour plus de 52% de la totalité des élevages détenant des femelles reproductrices (tous types de production confondus). Et dans 89 départements, il peut être calculé pour la majorité des élevages laitiers (pratiquant donc l'IA).

Par ailleurs, sont exclues du calcul du TAP les femelles qui avortent et sont envoyées directement à la réforme, sans être ré-inséminées. La capacité à détecter un événement sanitaire pourrait donc varier en fonction des départements, selon les pratiques de mise à la réforme des femelles qui avortent. La part de ces femelles est inconnue mais à titre indicatif, il a été estimé que 25 à 40% des femelles ayant fait l'objet d'une déclaration d'avortement dans le cadre de la surveillance de la brucellose (et ayant donc avorté pour la plupart au-delà de 6 mois de gestation) étaient directement réformées (données personnelles). Ainsi, l'apparition d'un événement abortif accompagné d'une augmentation de la réforme des femelles avortées pourrait rester non détectée, ou son impact être sous-estimé.

2.2 / Identification des avortements précoces par le TAP

Le TAP élaboré à partir des données d'IA est un indicateur indirect de la survenue d'avortements précoces, identifiables s'ils sont suivis d'une ré-insémination dans un délai compris entre 90 et 180 jours suivant une précédente IA. Ce délai entre deux IA dépend :

i) du délai entre l'exposition à la maladie et la survenue de l'avortement, et/ou du stade de gestation de la femelle. Ainsi, pour la FCO-8, les femelles infectées après leur première insémination avortent dans un délai compris entre 2 et 18 jours (Nusinovici *et al* 2012). Pour la brucellose, la bactérie se multiplie au cours des deux derniers tiers de gestation, et les femelles avortent en général

à partir du 5^{ème} mois de gestation, quel que soit le moment de l'infection (Nicoletti 1980) ;

ii) du délai entre la détection de l'avortement et la ré-insémination de la femelle. La ré-insémination implique que le retour en chaleur ait été détecté (cette capacité de détection dépendant de la conduite de l'élevage, de l'éleveur, du stade de gestation de la femelle au moment de l'avortement), sachant que le délai entre la survenue d'un problème de reproduction et la ré-insémination ne peut être inférieur à 21 jours (délai minimum de retour en chaleur pour une femelle). Pour exemple, le délai de ré-insémination des femelles ayant fait l'objet d'une déclaration d'avortement dans le cadre de la surveillance clinique de la brucellose est de moins de 105 jours pour 75% des femelles ayant avorté (données non publiées). Ainsi, un événement sanitaire sera plus facilement détecté par l'analyse du TAP s'il provoque en particulier des avortements en début de gestation (4^{ème} et 5^{ème} mois de gestation), suivis d'une ré-insémination rapide.

2.3 / Augmentation du niveau de l'indicateur en lien avec l'introduction de la maladie

La capacité à identifier des variations anormales de l'indicateur en lien avec l'introduction d'un danger sanitaire sous-entend qu'une part suffisante de la population surveillée est sensible mais également réceptive au danger sanitaire. L'unité géographique et le pas de temps retenus pour le calcul de l'indicateur doivent être adaptés au danger sanitaire ciblé, afin d'éviter tout effet de « dilution » des variations anormales de l'indicateur. Dans l'étude de la FCO-8, le choix a été fait d'étudier les variations du TAP selon un pas de temps hebdomadaire, dans chaque département. Il est probable que cette échelle départementale, couvrant un grand nombre d'élevages, soit plus adaptée à la surveillance de danger sanitaire non infectieux telles que des intoxications (Riet-Correa *et al* 2012), ayant une faible prévalence intra-élevage (peu d'animaux atteints au sein d'un élevage), mais une forte prévalence inter-élevages (beaucoup d'élevages atteints dans une zone géographique donnée). A l'inverse, l'échelle géographique mériterait d'être restreinte pour un danger sanitaire entraînant rapidement une forte prévalence intra-élevage (cas d'une maladie hautement contagieuse comme la fièvre de la vallée du Rift). Enfin, la brucellose, sous sa forme sporadique (à l'image de ce qui a été observé en Haute-Savoie en 2012), ne sera très vraisemblablement pas détectée par un tel outil de surveillance syndromique, quelle que soit l'échelle géographique retenue.

2.4 / Capacité des outils statistiques à identifier des variations anormales du TAP

Dans l'étude visant à mimer une analyse prospective de l'impact de la FCO-8, la capacité à identifier des variations anormales du TAP était significativement liée aux effectifs de femelles dans chaque département. Il est vraisemblable que cet effet de la taille de la population dans chaque département influence également la capacité de l'analyse rétrospective à identifier des variations anormales du TAP. En l'état, il sera dès lors plus facile et plus rapide d'identifier une augmentation anormale du TAP dans des départements présentant un nombre élevé de femelles soumises à l'IA. Afin d'assurer une même capacité de détection entre les unités géographiques, il est envisagé de définir des unités spatiales composées d'effectifs homogènes, en ayant recours à des méthodes de partitionnement (Justin et Williams 1995).

De même, les femelles étant majoritairement inséminées en novembre et décembre (soit environ deux mois après le pic de vêlages), la majorité des femelles laitières participe au calcul du TAP entre février-mars et mai-juin (soit entre trois et six mois après le pic des IA). Il est probable qu'un évènement abortif serait plus facilement identifié s'il survenait au cours de cette période (les effectifs étant plus importants, la capacité à identifier un effet s'en trouve améliorée), sous réserve d'une ré-insémination des femelles dans les 180 jours suivant leur première IA (et donc d'une ré-insémination rapide en dehors des périodes habituelles de novembre – décembre). A l'inverse, un évènement abortif apparaissant au cours du 2^{ème} semestre nécessitera certainement de toucher une plus grande proportion de femelles en début de gestation (ces femelles étant peu nombreuses), mais la capacité à le détecter ne sera pas conditionnée à une modification des pratiques de ré-insémination.

2.5 / Analyse prospective : spécificité des alertes et délais de détection

Contrairement à l'analyse rétrospective, l'analyse prospective ne permet d'étudier le lien entre un évènement sanitaire donné et les variations du TAP qu'avec très peu de spécificité. Toutefois, d'après l'étude présentée ci-dessus (Bronner *et al* 2014b), le nombre de « fausses alertes » apparaît limité. Ces alertes peuvent être dues à un évènement sanitaire autre que celui visé, ou encore à une augmentation non pas des avortements précoces,

mais de troubles de la reproduction dans les trois premiers mois de gestation (suivis d'une ré-insémination entre 3 et 6 mois suivant la première IA). Ces alertes peuvent également être dues à l'absence de prise en compte d'une tendance linéaire³, compte tenu de la période réduite de calibration. La qualité et la robustesse des prédictions devraient ainsi s'améliorer à l'avenir, avec l'allongement de la période de calibration.

Au vu de l'étude ciblée sur la FCO-8, les délais de détection, pour un outil de surveillance syndromique visant à détecter rapidement l'introduction d'un évènement sanitaire, apparaissent élevés (plusieurs semaines). Toutefois, il est probable qu'une analyse des variations du TAP à une échelle infra-départementale permettrait de raccourcir ces délais.

3 / Vers la mise en place d'une surveillance intégrée des avortements en élevage de bovins ?

Au vu des résultats précédents, il apparaît pertinent de réfléchir à la mise en place d'une surveillance intégrée des avortements en élevage de bovins, qui reposerait sur deux volets : la déclaration obligatoire des avortements (dispositif actuel révisé) et un outil de surveillance syndromique.

3.1 / Déclaration obligatoire des Avortements (DA)

Le dispositif actuel de DA présente un net défaut de sensibilité, avec une forte hétérogénéité en fonction des départements et des types de production. La sous-déclaration des avortements s'explique par le fait que différents facteurs influencent le choix des éleveurs et des vétérinaires à déclarer ou non des avortements. Parmi ces facteurs figurent : *i*) un risque d'introduction de la brucellose perçue comme faible, *ii*) une définition personnelle de l'avortement et de suspicion de maladie abortive plus restrictive que la définition réglementaire (les retours en chaleurs et veaux morts nés ne sont pas considérés comme des avortements par la majorité des éleveurs et des vétérinaires, et les avortements sporadiques ne sont pas considérés par les éleveurs comme résultant d'un risque infectieux), *iii*) une prise en compte des intérêts et contraintes propres à déclarer ou non des avortements (intérêt sanitaire, contrainte financière et pratique...), *iv*) la qualité de la relation entre l'éleveur

et son vétérinaire. Face à ce constat, et compte tenu de l'épidémiologie de la brucellose, des réflexions sont en cours pour réviser le protocole actuel de DA (en excluant de la définition de l'avortement les veaux morts nés et en n'imposant le dépistage des femelles ayant avorté qu'au-delà d'un certain seuil d'avortements). Parallèlement, un protocole de diagnostic différentiel des causes d'avortements est en cours de déploiement, intégrant des maladies abortives d'intérêt pour les éleveurs. Ces deux volets nécessiteront une forte coordination au niveau local et national.

3.2 / Outil de surveillance syndromique

D'après les résultats des deux études précédentes, il apparaît envisageable d'utiliser les données de reproduction à des fins de surveillance syndromique, en complément du dispositif de déclaration des avortements. Un tel dispositif pourrait être mis en place sous la responsabilité du Ministère chargé de l'Agriculture, qui bénéficie d'un droit d'accès aux données d'IA, collectées dans le cadre d'une mission de service public (Anonyme 2015). Ces données pourraient être utilisées pour identifier rétrospectivement l'impact (ou l'absence d'impact) d'un évènement sanitaire sur la survenue d'avortements, avec l'intérêt d'être mis en place facilement. La faisabilité et l'intérêt de mettre en place un outil de surveillance syndromique basé sur une analyse prospective des variations du TAP mériteront d'être discutés avec les acteurs impliqués. Même si le nombre de « fausses alertes » apparaît limité au vu de l'étude ciblée sur la FCO-8, chacune de ces alertes nécessitera des investigations de terrain et donc une mobilisation importante des acteurs, dont les modalités restent à définir. Compte tenu des délais de détection estimés, il pourrait être intéressant au préalable d'étudier la faisabilité de suivre les variations temporelles du TAP à une échelle infra-départementale.

Le suivi de cet indicateur mériterait d'être complété par le suivi d'autres indicateurs basés également sur les données d'IA mais ciblant d'autres périodes de la gestation et en particulier, les avortements tardifs, qui permettent de détecter la présence de la FCO-8 dans un délai médian de 17 à 43 semaines (chez les parés et les nullipares respectivement, Bronner *et al* 2014b, Marceau *et al* 2014). Par ailleurs, une étude est en cours afin d'évaluer la faisabilité d'utiliser les données de vêlages (qui présentent l'avantage d'être exhaustives) à des fins de surveillance des avortements.

³ L'ajout d'une tendance linéaire aurait permis, en plus des variations cycliques du TAP considérées par les modèles sélectionnés, d'intégrer une augmentation (ou diminution) régulière du TAP dans le temps.

3.3 / Complémentarité entre DA et surveillance syndromique

A l'inverse du dispositif actuel de DA, l'outil de surveillance syndromique présenterait l'avantage de reposer sur des données pour lesquelles la sous-déclaration est très peu vraisemblable (compte tenu de l'intérêt direct qu'ont les éleveurs à notifier les données qui seraient par ailleurs utilisées pour construire l'outil de surveillance syndromique), pour les bovins laitiers (TAP) ou pour tout le cheptel bovin (indicateur basé sur les vêlages). Le fait d'être recueillies à d'autres fins que la surveillance des maladies abortives (*i.e.* l'amélioration des performances génétiques, ou la traçabilité du cheptel) garantit la robustesse de ces données : leur collecte ne devrait pas être modifiée par l'apparition d'un événement sanitaire, contrairement au dispositif de DA (pour lequel la sensibilisation des acteurs à la maladie, et donc leur inclination à déclarer des avortements, varie en fonction de l'actualité sanitaire).

Compte tenu de la définition des avortements adoptée par les acteurs de terrain et des difficultés de détection des avortements précoces, les avortements déclarés dans le cadre du dispositif actuel de DA surviennent habituellement dans le dernier tiers de gestation. Certes, la plupart des maladies abortives (dont la brucellose) sont considérées provoquer des avortements survenant au cours du dernier tiers de gestation. Toutefois, il est probable qu'une partie de ces affirma-

tions soit liée à la plus grande capacité à détecter les avortements à ce moment, et l'analyse des variations temporelles du TAP permettrait de cibler des avortements non surveillés par le dispositif de DA.

La détection d'un événement sanitaire à partir de l'analyse des variations d'un indicateur non spécifique requiert que le danger sanitaire provoque des phénomènes pathologiques détectables par cet indicateur, du fait de leur nature (mortalité, signes cliniques ou lésions pathognomoniques) et de leur nombre. La surveillance événementielle apparaît donc à privilégier pour détecter très rapidement la présence de maladies hautement contagieuses (telles que la fièvre de la vallée du Rift par exemple). A l'inverse, une augmentation diffuse de la survenue d'avortements dans plusieurs élevages d'une zone géographique donnée pourrait ne pas être identifiée par la DA, mais l'être par le dispositif de surveillance syndromique (Buehler *et al* 2004, Mandl *et al* 2004). En outre, la surveillance syndromique pourrait permettre d'évaluer de manière exhaustive la situation sanitaire dans un département ou une région en cas de détection d'un foyer de maladie infectieuse 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, par exemple sur un plan local ou loco-régional (au-delà des investigations à conduire dans les élevages concer-

nés par l'alerte statistique) (Bronner *et al* 2013a). Enfin, le fait de mener des investigations sur le terrain en cas d'alarmes identifiées à partir de la surveillance syndromique (y compris de « fausses alarmes », non associées au danger sanitaire visé) pourrait contribuer à maintenir la vigilance des acteurs de terrain. Par exemple, même si les délais d'identification d'une variation anormale du TAP peuvent apparaître longs, les investigations menées suite à une alarme pourraient indirectement inciter les acteurs à mieux déclarer les avortements.

Conclusion

Cette analyse confirme l'intérêt d'utiliser les données d'insémination artificielle, collectées à des fins d'amélioration des performances de reproduction, pour mettre en place un dispositif de surveillance syndromique. Un tel dispositif pourrait participer, en complément du dispositif de déclaration des avortements, à l'identification rétrospective et prospective de l'impact d'événements sanitaires abortifs.

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

- Anderson M., 2007. Infectious causes of bovine abortion during mid- to late-gestation. *Theriogenology*, 68, 474-486.
- Anonyme, 2006. Arrêté du 28 décembre 2006 relatif à la pratique de l'insémination dans le cadre de la monte publique dans les espèces bovine, ovine et caprine. JORF n°303 du 31 décembre 2006, http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?jsessionid=43D1294D26893F0BBCA1F6194D39FD85.tpdjo04v_1?cidTexte=JORFTEXT000000821256&dateTexte=20140929.
- Anonyme, 2008. Arrêté du 22 avril 2008 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie collective et à la police sanitaire de la brucellose des bovinés. JORF du 2 mai 2008, <http://www.legifrance.gouv.fr/>.
- Anonyme, 2015. Arrêté du 24 mars 2015 relatif aux systèmes nationaux d'information génétique des espèces bovine, ovine, caprine et porcine. JORF n°0083 du 9 avril 2015, 6445.
- Bronner A., Gay E., Hénaux V., Calavas D., 2013a. Comment adapter la surveillance dans un contexte sanitaire favorable : l'exemple de la surveillance de la brucellose et de la déclaration des avortements chez les bovins en France. *Epidémiol. Santé Anim.*, 64, 49-56.
- Bronner A., Hénaux V., Vergne T., Vinard J.L., Morignat E., Hendrikx P., Calavas D., Gay E., 2013b. Assessing the mandatory bovine abortion notification system in France using unilist capture-recapture approach. *PLoS One*, 8, e63246.
- Bronner A., Hénaux V., Fortané N., Hendrikx P., Calavas D., 2014a. 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., Morignat E., Madouasse A., Calavas D., 2014b. Surveiller les avortements chez les bovins à partir des données démographiques et de reproduction : un complément à la déclaration obligatoire ? *Bull. Epidémiol. Santé Anim. Alim.*, 65, 6-11.
- Bronner A., Morignat E., Madouasse A., Gay E., Calavas D., 2015. Devising an indicator to detect mid-term abortions in dairy cattle: a first step towards syndromic surveillance of abortive diseases. *PLoS One*, 10, e0119012.
- Buehler J.W., Hopkins R.S., Overhage J.M., Sosin D.M., Tong V., Group C.W., 2004. Framework for evaluating public health surveillance systems for early detection of outbreaks: recommendations from the CDC working group. In: *MMWR Recomm Rep.* (Ed). CDC, p11.
- Elliot A.J., Singh N., Loveridge P., Harcourt S., Smith S., Pnaiser R., Kavanagh K., Robertson C., Ramsay C.N., McMenamin J., Kibble A., Murray V., Ibbotson S., Catchpole M., McCloskey B., Smith G.E., 2010. Syndromic surveillance to assess the potential public health impact of the Icelandic volcanic ash plume across the United Kingdom. *Euro Surveill*, 15, 6-9.
- InVS, 2008. Rapport annuel 2007. http://www.invs.sante.fr/publications/2008/rapport_annuel_2007. consulté le 09/12/2014.
- Josseran L., Caillère N., Brun-Ney D., Rottner J., Filleul L., Brucker G., Astagneau P., 2009. Syndromic surveillance and heat wave morbidity: a pilot study based on emergency departments in France. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, 9, 14.
- Justin C., Williams J., 1995. Political redistricting: a review. *Pap. Reg. Sci.*, 74, 13-40.
- King G., Tomz M., Wittenberg J., 2000. Making the most of statistical analyses: improving interpretation and presentation. *Am. J. Pol. Sci.*, 44, 341-355.

- Mailles A., Rautureau S., Le Horgne J.M., Poignet-Leroux B., d'Arnoux C., Denetiere G., Faure M., Lavigne J.P., Bru J.P., Garin-Bastuji B., 2012. Re-emergence of brucellosis in cattle in France and risk for human health. *Euro Surveill.*, 17, 13-15.
- Mandl K.D., Overhage J.M., Wagner M.M., Lober W.B., Sebastiani P., Mostashari F., Pavlin J.A., Gesteland P.H., Treadwell T., Koski E., Hutwagner L., Buckeridge D.L., Aller R.D., Grannis S., 2004. Implementing syndromic surveillance: a practical guide informed by the early experience. *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, 11, 141-150.
- 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.
- Morignat E., Perrin J.B., Gay E., Vinard J.L., Calavas D., Hénaux V., 2014. Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. *PLoS One*, 0093176.
- Nicoletti P., 1980. The epidemiology of bovine brucellosis. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.*, 24, 69-98.
- Nusinovici S., Seegers H., Joly A., Beaudeau F., Fourichon C., 2012. Increase in the occurrence of abortions associated with exposure to the bluetongue virus serotype 8 in naïve dairy herds. *Theriogenology*, 78, 1140-1151.
- OIE, 2012. Country reports. http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Countryinformation/Countryreports consulté le 09/12/2014.
- Perrin J.B., Ducrot C., Vinard J., Morignat E., Gauffier A., Calavas D., Hendrikx P., 2010. Using the National Cattle Register to estimate the excess mortality during an epidemic: Application to an outbreak of Bluetongue serotype 8. *Epidemics*, 2, 207-214.
- Riet-Correa F., Medeiros R., Schild A.L., 2012. A review of poisonous plants that cause reproductive failure and malformations in the ruminants of Brazil. *J. Appl. Toxicol.*, 32, 245-254.
- Santman-Berends I., Hage J., Rijn P., Stegeman J., Schaik G., 2010. Bluetongue virus serotype 8 (BTV-8) infection reduces fertility of Dutch dairy cattle and is vertically transmitted to offspring. *Theriogenology*, 74, 1377-1384.
- Triple-S, 2011. Assessment of syndromic surveillance in Europe. *Lancet*, 378, 1833-1834.
- Triple-S, 2014. Syndromic surveillance systems in Europe. <http://www.syndromicsurveillance.eu/> consulté le 09/12/2014.
- VandenWijngaard C., Dijkstra F., Pelt W.V., Asten L.V., Kretzschmar M., Schimmer B., NJ N., Vellema P., Donker G., Koopmans M., 2011. In search of hidden Q fever outbreaks : linking syndromic hospital clusters to infected goat farms. *Epidemiol. Infect.*, 139, 19-26.
- Wilson A., Mellor P., 2009. Bluetongue in Europe: past, present and future. *Philos. Trans. Royal Soc. Lond B Biol. Sci.*, 364, 2669-2681.
- Zientara S., 2010. Historique des introductions successives de la FCO en Europe. *Bull. Epidémiol. Santé Anim. Alim.*, 35, 2-4.

Résumé

Le présent article a pour objectif de discuter de la faisabilité et de l'intérêt que représenterait le suivi d'un indicateur indirect de survenue des avortements élaboré à partir des données d'insémination artificielle, le taux d'avortements précoces, afin d'identifier l'impact d'un évènement abortif, de manière rétrospective ou prospective. Deux études sont présentées pour illustrer le propos, ayant eu pour objet d'estimer, par l'analyse des variations du taux d'avortements précoces, l'impact de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine due au sérotype 8 (FCO-8), qui a émergé en France en 2006, puis s'est diffusée dans une large partie du territoire métropolitain en 2007 et 2008. La première étude souligne qu'une analyse des variations temporelles du taux d'avortements précoces à l'échelle du département a permis d'identifier *a posteriori* l'impact de la FCO-8 sur la survenue d'avortements en élevages de bovins. La seconde étude indique qu'une analyse prospective hebdomadaire des variations temporelles du taux d'avortements précoces aurait permis d'identifier l'impact de la FCO-8 dans un département dans un délai médian de 12 semaines suivant son introduction. Considérant ces résultats, il apparaît pertinent de réfléchir à la mise en place d'une surveillance intégrée des avortements en élevage de bovins, qui reposerait sur deux volets : la déclaration obligatoire des avortements (sous la forme du dispositif actuel en version révisée) et un outil de surveillance syndromique (qui devrait être mis en place à une échelle infra-départementale, en particulier pour améliorer les délais de détection).

Abstract

Using artificial insemination data to identify the impact of an abortive disease in dairy cattle herds

This article is aimed at discussing the feasibility and advantages of using artificial insemination data, through a new indicator of mid-term abortions, the mid-term abortion incidence rate, in order to identify the impact of an abortive event retrospectively or prospectively. Two studies are used to illustrate the purpose, based on the analysis of mid-term abortion incidence rate to estimate the impact of the Bluetongue serotype 8 (BT8) epizootic that emerged in France in 2006 and then spread across the country in 2007 and 2008. The first study was a retrospective analysis of the temporal variations of the mid-term abortion incidence rate in each French *department* enabled to identify *a posteriori* the impact of BT8 on abortion occurrence. The second study was based on a weekly analysis of the temporal variations of the mid-term abortion incidence rate, and showed that the impact of BT8 would have been identified 12 weeks after the occurrence of the disease in 50% of the *departments*. These results suggest that there is a need to study the feasibility to implement an integrated surveillance of bovine abortions, based on the mandatory notification of bovine abortions (i.e. the current surveillance system with some improvements) and a syndromic surveillance system (that should be implemented at a lower level than the *department*, to improve timeliness).

BRONNER A., MORIGNAT E., MADOUASSE A., GASQUI P., GAY E., CALAVAS D., 2015. Utilisation des données d'insémination artificielle afin d'identifier l'impact d'un évènement abortif dans les élevages de bovins laitiers. *INRA Prod. Anim.*, 28, 243-250.