

# La surveillance syndromique peut-elle renforcer la détection précoce des maladies exotiques ou émergentes ?

Anne Bronner (1) (anne.bronner@anses.fr), Jean-Baptiste Perrin (2), Céline Dupuy (1,3), Carole Sala (1), Emilie Gay (1), Christian Ducrot (3), Didier Calavas (1)

(1) Anses-Lyon, Unité Épidémiologie, Lyon, France

(2) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France

(3) Inra, UR346 Épidémiologie animale, St Genes Champanelle, France

## Résumé

La surveillance syndromique (SSy) peut être définie comme le suivi en continu d'un ou plusieurs indicateurs non spécifiques du danger surveillé. En France, trois dispositifs de SSy financés par le ministère chargé de l'Agriculture sont à l'étude chez les bovins, visant respectivement la surveillance de la mortalité, la surveillance des lésions à l'abattoir et la surveillance des avortements. Ces dispositifs de SSy présentent l'intérêt d'assurer une pression de surveillance généralement homogène sur l'ensemble de la population suivie, et de permettre éventuellement de détecter des dangers sanitaires inconnus (contrairement à la surveillance traditionnelle). Toutefois, la détection d'un nouveau danger sanitaire implique que celui-ci provoque des phénomènes pathologiques détectables par l'indicateur suivi, du fait de leur nature (mortalité, signes cliniques ou lésions) et de leur nombre (entraînant des variations anormales de l'indicateur, plus importantes que ses fluctuations habituelles). La détection des maladies exotiques ou émergentes ne peut donc pas reposer uniquement sur la SSy, mais doit être assurée par différentes modalités de surveillance (événementielle, programmée, syndromique) ciblant des populations, des maladies et/ou des formes cliniques différentes. Elle peut être plus ou moins précoce, selon le pouvoir pathogène et la contagiosité de la maladie visée.

## Mots-clés

Surveillance syndromique, détection précoce, santé animale

## Abstract

**Would early detection of exotic or emerging diseases be improved by syndromic surveillance?**

*Syndromic Surveillance (SyS) is the real-time (or near real-time) monitoring of one or several non specific health indicators. In France, the feasibility of implementing three SyS systems to monitor bovine mortality, bovine condemnation (in slaughterhouses) and bovine abortions is currently being assessed, with a financial support provided by the Ministry of agriculture. Contrary to traditional surveillance systems, under-reporting is rare and SyS might help detecting unknown health threats. However, a SyS system would detect a disease only if it causes pathological signs identified by the indicator (mortality, clinical signs or lesions), and if these signs affect a sufficient number of animals to cause abnormal variations of the indicator (above the range of its usual variations). Thus, detection of exotic or emerging diseases cannot rely only on SyS but should rely on different surveillance modalities (clinical, programmed and syndromic surveillance) that focus on different species, diseases and/or clinical forms. Early detection is more or less achievable according to pathogenicity and contagiousness of the disease under surveillance.*

## Keywords

*Syndromic surveillance, Early detection, Animal health*

Historiquement, la surveillance des maladies animales en France avait pour objectif principal de suivre l'évolution de leur situation et d'évaluer l'efficacité des mesures de lutte mises en place. En quelques décennies, la situation sanitaire des populations animales vis-à-vis d'un certain nombre de maladies majeures (brucellose, fièvre aphteuse, maladie d'Aujeszky, etc.) s'est fortement améliorée et la surveillance de maladies exotiques<sup>(1)</sup> et émergentes<sup>(2)</sup> est devenue un des nouveaux défis en santé animale. Cette surveillance repose principalement sur les dispositifs de surveillance événementielle et sur le principe de la déclaration obligatoire de toute suspicion clinique. Des dispositifs de surveillance programmée contribuent également à la surveillance de certaines maladies devenues exotiques (comme la brucellose bovine).

Au-delà de ces modalités de surveillance traditionnelle (événementielle et programmée), la surveillance syndromique (SSy) fait l'objet de nombreuses études depuis le début des années 2000. L'intérêt grandissant pour cette approche découle à la fois de la nécessité de renforcer la détection précoce vis-à-vis de nouveaux dangers sanitaires (bioterrorisme, maladies émergentes), et de la disponibilité croissante de données numériques éventuellement valorisables à des fins de surveillance (par ex. des données de mortalité).

(1) C'est-à-dire de maladies pour lesquelles aucun cas n'est détecté sur le territoire.  
(2) Nous retenons dans cet article la définition de l'OIE des maladies émergentes, différente de celle exposée dans l'article de J.-C. Desenclos et D. Calavas de ce même numéro: une maladie émergente se définit comme une infection nouvelle, causée par l'évolution ou la modification d'un agent pathogène ou d'un parasite existant, qui se traduit par un changement d'hôtes, de vecteur, de pathogénicité ou de souche (OIE, 2004).

## Définition et champ de compétence de la SSy

La SSy peut être définie comme le suivi en continu d'un ou plusieurs indicateurs non spécifiques du danger surveillé (Triple-S. Project, 2011). Les indicateurs de SSy permettent de suivre, chez l'animal comme chez l'Homme, les phénomènes pathologiques qui sont associés à un danger biologique, physique ou chimique et ce: i) de manière directe (analyse des taux de mortalité chez les bovins pour évaluer l'impact de la canicule en 2003 et 2006 sur la mortalité bovine (Morignat *et al.*, 2014)), ou ii) de manière indirecte (suivi des prescriptions d'antiviraux comme indicateur de la fréquence des syndromes grippaux en lien avec la pandémie A/H1N1 en Écosse (Triple-S, 2014)). Les données utilisées pour élaborer ces indicateurs sont généralement collectées à d'autres fins que la surveillance (par ex. à des fins de traçabilité pour la mortalité chez les bovins). Plusieurs auteurs s'accordent sur la nécessité d'une collecte rapide et si possible automatique de ces données, ainsi que sur leur analyse et leur interprétation en temps réel ou quasi-réel (Buehler *et al.*, 2004). L'analyse consiste à modéliser les variations temporelles (et éventuellement spatiales) de l'indicateur de SSy et à comparer les valeurs observées aux valeurs prédites à partir de l'historique disponible. Lorsque l'écart entre les valeurs observées et les valeurs prédites est jugé suffisamment important (et ne peut être attribué à l'incertitude des valeurs prédites), une alarme statistique est émise. Des investigations doivent alors être menées sur le terrain, afin de comprendre les causes de cette variation anormale.

**Tableau 1. Caractéristiques principales des trois dispositifs de SSy dédiés à la filière bovine à l'étude en France**

Dispositif de SSy	Indicateur	Données utilisées	Délai de collecte	Population couverte
Surveillance de la mortalité (Omar)	Taux de mortalité bruts et standardisés	Notifications des dates de mort par les éleveurs à des fins de traçabilité des animaux, centralisées dans la BDNI Notifications des demandes d'enlèvements et des enlèvements d'animaux morts par les équarisseurs à SIGAL, via l'EDI-SPAN*	48h à 7 jours	100 % de la population bovine
Surveillance des lésions à l'abattoir	Taux de saisies (partielle, totale, abats)	Notification des motifs et pièces de saisie	Temps réel (Nergal-Abattoir**) jusqu'en décembre 2014 Un jour maximum (SIZA) depuis janvier 2015	20 % de la population bovine abattue (Nergal-Abattoir) Toute la population bovine abattue en France (SIZA)
Surveillance des avortements	Taux d'avortements précoces et taux d'avortements tardifs	Dates d'insémination artificielle (IA), collectées à des fins d'amélioration génétique et centralisées dans le Snig	Notification dans les 2 à 4 semaines (Anonyme, 2006)	Femelles inséminées issues d'élevages laitiers adhérant à l'État civil bovin
	Taux de vêlages de veaux viables	Dates de vêlages, collectées à des fins de traçabilité des animaux et centralisées dans la BDNI	Notification dans les 27 jours	100 % des femelles bovines

\* SIGAL est le Système d'information de la DGAL et EDI-SPAN, le système d'échange de données informatisé sur les sous-produits animaux utilisé par les équarisseurs.  
\*\* Nergal-Abattoir est un système d'information pilote qui a été déployé dans dix abattoirs de France entre 2005 et 2010 afin de collecter en temps réel des résultats de l'inspection sanitaire en abattoir.

Les objectifs affichés pour la SSy sont d'assurer la détection précoce d'un risque infectieux ou non, déjà connu ou nouveau, et/ou d'évaluer l'impact ou l'absence d'impact de ce risque sur la santé de cette population (Triple-S. Project, 2011). Il existe quelques dispositifs de SSy fonctionnels en santé humaine. Ainsi, le système national OSCOUR® mis en place par l'InVS, basé sur le réseau des structures d'urgence hospitalières, permet de suivre les diagnostics saisonniers de grippe ou de gastro-entérite (InVS, 2013). Lors de l'éruption du volcan Eyjafjallajökull en Islande en 2010, des outils de surveillance existants ont été utilisés pour suivre la fréquence de plusieurs indicateurs cliniques (asthme, conjonctivite, rhinite, etc.) ce qui a permis de conclure à l'absence d'effet significatif de cette éruption volcanique sur l'état sanitaire de la population humaine au Royaume-Uni (Elliot et al., 2010). Cependant, ces dispositifs fonctionnels ont été peu éprouvés vis-à-vis de l'introduction d'un nouveau danger sanitaire. Il est donc légitime de s'interroger sur la capacité réelle des dispositifs de SSy à assurer une détection précoce vis-à-vis de maladies exotiques et émergentes, et de réfléchir à leur articulation avec les dispositifs de surveillance traditionnels.

## Des dispositifs de SSy à l'étude en France en santé animale

En France, trois dispositifs de SSy financés par le ministère chargé de l'Agriculture sont à l'étude chez les bovins, visant respectivement la surveillance de la mortalité, la surveillance des lésions à l'abattoir et la surveillance des avortements (Tableau 1). Tous trois sont basés sur des données collectées à d'autres fins que la surveillance. La collecte n'est pas réalisée en temps réel mais reste rapide et pour partie automatique, les notifications par les éleveurs ou en abattoir par les inspecteurs étant enregistrées dans des bases de données nationales: la BDNI (Base de données nationale d'identification), SIZA (Système d'information de l'inspection en abattoir)<sup>(3)</sup> ou le Snig (Système national d'information génétique).

### Surveillance de la mortalité (Omar)

Suite à différentes études mettant en évidence l'intérêt d'utiliser les données de mortalité des bovins dans un objectif de surveillance syndromique (Perrin, 2012), l'Observatoire de la mortalité des animaux de rente (Omar) a été inscrit comme nouvelle thématique au programme de travail de la Plateforme ESA en janvier 2013. L'objectif de cet observatoire est d'exploiter les données de mortalité disponibles pour construire un outil susceptible d'aider les professionnels et

l'administration à détecter certaines dégradations de l'état de santé du cheptel français. Afin d'étudier la faisabilité du dispositif, une étude pilote a été lancée en 2014 dans six départements volontaires (Corrèze, Côtes-d'Armor, Gers, Puy-de-Dôme, Vosges, Yonne) pour tester les outils proposés (classement départemental d'exploitations en fonction de la mortalité, bilans de mortalité par élevage, tableaux de bord de suivi des demandes d'enlèvement à l'équarrissage). À l'issue de cette étude, le groupe de suivi de cette thématique présentera ses conclusions quant à l'intérêt du dispositif et son éventuelle généralisation. Des informations plus détaillées peuvent être consultées dans la note de service DGAL/SDSPA/2014-274 (Anonyme, 2014).

### Surveillance des lésions d'abattoir

Sauf exceptions ponctuelles, les données d'inspection en abattoir n'ont pas pu être exploitées jusqu'à un passé récent à des fins de surveillance épidémiologique, en particulier parce qu'elles n'étaient pas informatisées. La mise en place du dispositif pilote *Nergal-Abattoir* dans dix abattoirs bovins français dès 2005 a montré la faisabilité d'un système de collecte des informations relatives à l'inspection des viandes en temps réel via l'utilisation d'écrans tactiles directement sur la chaîne d'abattage. Des études ont montré l'excellente qualité de ces données et leur potentiel en matière de surveillance événementielle et syndromique (Dupuy et al., 2014; Dupuy et al., 2015; Dupuy et al., 2013). Le déploiement du dispositif national de collecte des informations relatives à l'inspection des viandes en janvier 2015 (SIZA) permet d'envisager la mise en œuvre d'un dispositif de surveillance syndromique avec une couverture nationale de la population bovine abattue.

### Surveillance des avortements

Des études ont analysé la faisabilité d'utiliser les données d'insémination artificielle (IA) et de vêlage pour assurer une surveillance des avortements, en complément du dispositif actuel de déclaration obligatoire des avortements (DA), 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 (un avortement précoce correspondant à une femelle ré-inséminée dans un délai de 90 à 180 jours, un avortement tardif à une femelle ré-inséminée dans un délai de 180 à 305 jours) et le taux de vêlages de veaux viables (TVV) à partir des dates de vêlages (Bronner et al., submitted). 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. Les résultats mettent en évidence, en lien temporel avec l'épizootie de FCO-8, une augmentation anormale du TAP et du TAT et une diminution anormale du TVV (au moment où les femelles ayant avorté auraient dû vêler).

(3) SIZA est un système d'information qui sera déployé dès janvier 2015 dans tous les abattoirs de bovins de France afin de collecter les résultats de l'inspection sanitaire des viandes.

Les études conduites avec ces trois dispositifs ne garantissent pas qu'ils permettront de répondre parfaitement à l'objectif de détecter précocement une maladie exotique ou émergente, mais certaines hypothèses peuvent être avancées au vu des connaissances disponibles.

## La détection précoce des maladies exotiques ou émergentes : à quelle fin ?

La notion de détection précoce d'une maladie exotique ou émergente est souvent comprise comme la nécessité d'identifier cette maladie dès son introduction sur un territoire considéré indemne. Mais cet objectif est-il atteignable et justifié ? Chercher à répondre à cet objectif nécessite de faire face à un tableau clinique rarement pathognomonique de la maladie visée, à l'existence, parfois, de porteurs latents (cas de la brucellose), et à l'impossibilité pour un dispositif de déclaration obligatoire d'atteindre une sensibilité de 100 % (cette modalité de surveillance, exercée en continu restant notamment dépendante de la participation et de la sensibilisation des acteurs). En assurant une surveillance pour identifier l'introduction de nouvelles maladies, il s'agirait non pas de les détecter dès leur introduction mais bien plus : i) d'éviter toute contamination humaine pour les maladies zoonotiques graves, et ii) de détecter la présence de la maladie lorsqu'il est encore possible de la maîtriser, voire de l'éradiquer. L'objectif de détection précoce pourrait donc être reformulé comme la nécessité de détecter l'introduction d'une maladie au-delà d'un certain nombre d'élevages infectés, pour une espèce ou une filière donnée. Le délai de détection cible (plus ou moins précoce) serait établi en fonction du pouvoir pathogène de l'agent surveillé, de son impact sur les populations humaines et animales, et de sa contagiosité : on pourra, par exemple, « tolérer » une détection plus tardive pour une maladie moins contagieuse. Des études par simulation peuvent aider à préciser cette notion. Ainsi pour les maladies émergentes, dont les conditions d'émergence et de diffusion dans une population et un pays indemnes sont par définition inconnues, des scénarii se basant sur les connaissances existantes peuvent être testés. Une étude réalisée par simulation considérant des élevages bovins indemnes de brucellose, avec une probabilité qu'un élevage infecté contamine d'autres élevages de 1 %, a estimé qu'un dispositif de DA permettrait d'identifier une réintroduction de la brucellose dans un délai médian de 19 mois (IC<sup>(4)</sup> 95 % [11-39]) si le taux de déclaration était de 80 %, contre un délai médian de 33 mois (IC 95 % [13-55]) si le taux de déclaration était de 20 % ; le nombre médian d'élevages infectés au moment de la détection de la maladie était de 1 dans les deux cas (Yamamoto *et al.*, 2008). Même si cette étude ne tient pas compte de la taille des élevages ni des mouvements réels de bovins entre élevages, elle souligne que des délais de détection post-introduction qui peuvent sembler longs, ne conduisent pas systématiquement à un nombre important d'élevages infectés au moment de cette détection.

## Facteurs influençant les capacités d'un outil de SSy à détecter un danger sanitaire

### Population sensible et population surveillée

La capacité des dispositifs de SSy à assurer la détection d'un danger sanitaire suppose en premier lieu que l'indicateur suivi soit en mesure d'identifier l'apparition des phénomènes pathologiques associés à ce danger dans la population surveillée (au même titre que tout autre dispositif de surveillance). Ainsi, lors de l'utilisation des données d'inspection en abattoir, les lésions associées à un danger sanitaire ne pourront être détectées que pour les animaux envoyés à l'abattoir, c'est-à-dire sur un sous-ensemble d'animaux présumés en bonne santé (et ne présentant potentiellement que des séquelles lésionnelles). À l'inverse, les données de notification de vèlages et de mortalités sont

collectées de manière quasi-exhaustive et permettent de surveiller l'ensemble de la population de femelles (pour les vèlages) ou de bovins (pour les mortalités).

### Variations de la population sensible surveillée

Les performances et l'intérêt des dispositifs de SSy reposent sur l'importance de la corrélation entre les fluctuations de l'indicateur utilisé et l'état de santé réel de la population surveillée. En effet, ces fluctuations peuvent être dues, non pas à l'apparition d'un danger sanitaire, mais à des variations temporelles de la proportion d'individus sensibles surveillés. À l'abattoir, une variation des motifs et taux de saisie peut être observée lors d'une modification de la population bovine abattue en lien avec les variations du cours de la viande qui influencent la décision d'abattre ou non les animaux à un moment donné. De même, la part de femelles ré-inséminées dépend pour partie des stratégies de réforme. Si les éleveurs ont davantage tendance à réformer les femelles ayant avorté, celles-ci ne seront détectées par aucun des indicateurs basés sur les dates d'insémination artificielle (TAP et TAT).

### Augmentation anormale de l'indicateur en lien avec l'introduction du danger sanitaire

Pour être détectée par le dispositif de SSy, l'introduction d'un nouveau danger sanitaire doit entraîner des variations anormales et significatives de l'indicateur suivi, avec une amplitude supérieure à celle des variations habituelles de l'indicateur. Plus précisément, ces variations de l'indicateur doivent être plus importantes que les variations liées à l'incertitude de la valeur prédite (variations dites alors non-significatives), sachant que cette incertitude augmente lorsque la taille de l'unité épidémiologique surveillée diminue (et donc, lorsque l'échelle géographique et/ou temporelle diminue) (Figures 1 et 2).

Ainsi, 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 au danger sanitaire. Il est également nécessaire que la morbidité ou la mortalité (selon l'indicateur suivi) induite par le danger sanitaire et sa contagiosité conduisent à ce qu'une part suffisante de cette population sensible soit atteinte, au vu de l'unité géographique et du pas de temps retenus pour le calcul de l'indicateur.

### Choix de l'échelle temporelle et géographique pour le calcul de l'indicateur en lien avec les caractéristiques du danger sanitaire surveillé

Les capacités d'un dispositif de SSy à identifier l'introduction d'un danger sanitaire dépendent du choix pertinent des échelles temporelles et géographiques au vu des caractéristiques du danger visé. Un danger sanitaire 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), à

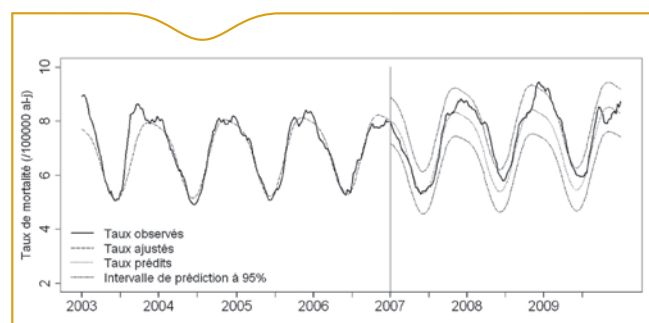


Figure 1. Variations du taux de mortalité observé et prédit chez les vaches laitières de 2 à 3,5 ans en France. Le taux de mortalité a été prédit sur la période 2007 - 2009 à partir de l'historique des valeurs observées sur la période 2004 - 2006. L'intervalle de prédiction permet de prendre en compte l'incertitude autour de la valeur prédite, une alarme statistique n'étant déclenchée que si la valeur observée excède la borne supérieure de cet intervalle (Perrin *et al.*, 2010).

(4) Intervalle de crédibilité.



l'image de la canicule en 2003 (Morignat *et al.*, 2014), sera détecté par un outil de SSy couvrant un grand nombre d'élevages. À l'inverse, l'échelle géographique pourra 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).

Toutefois, la présence de certaines maladies restera *a priori* très difficilement identifiable à partir de certains dispositifs de SSy. Ainsi, la résurgence de la brucellose bovine sous une forme sporadique, à l'image de ce qui a été observé en Haute-Savoie en 2012, n'aurait très probablement pas été détectée par un dispositif de SSy basé sur l'un des taux d'avortements ou le taux de vêlages de veaux viables. De même, détecter l'introduction d'une nouvelle maladie par un dispositif de SSy à l'abattoir apparaît compliqué. En effet, le délai entre la survenue de la maladie et l'envoi des animaux en abattoir dépend en partie de la maladie surveillée, et en partie d'un ensemble de critères économiques et zootechniques motivant le choix du moment d'abattage par les éleveurs. Cela induit un étalement dans le temps des animaux abattus présentant des lésions, et une difficulté à identifier des augmentations anormales de la proportion de saisies (y compris si l'échelle temporelle est augmentée).

### Influence du seuil choisi pour déclencher une alarme

Le déclenchement d'une alarme repose sur le dépassement d'une valeur seuil prédéfinie de l'indicateur suivi. Ce seuil conditionne directement la sensibilité de l'outil de SSy (c'est-à-dire sa capacité à identifier une variation anormale de l'indicateur) et sa spécificité (c'est-à-dire sa capacité à n'identifier que des variations dites « anormales »). Le compromis entre sensibilité et spécificité qui conduit à choisir une valeur seuil est à définir en fonction des objectifs visés et des moyens disponibles pour mener des investigations sur le terrain.

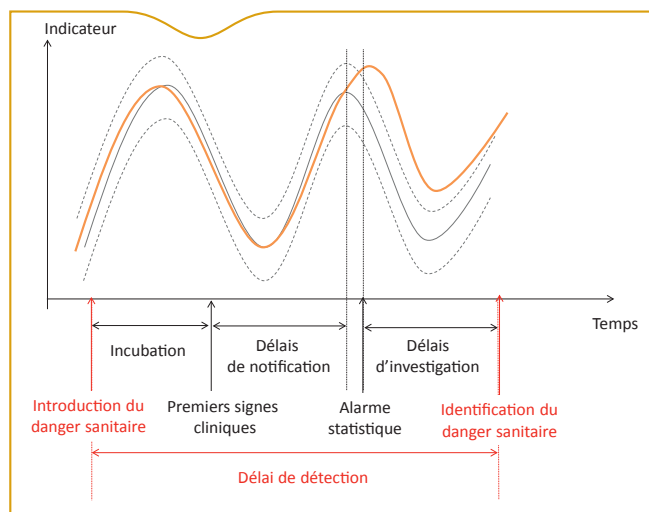
### Influence de la période d'introduction du danger sanitaire

La capacité à identifier des variations anormales de l'indicateur en lien avec l'introduction d'un danger sanitaire peut dépendre de la période d'introduction du danger sanitaire: l'introduction de la FCO-8 quelques mois avant la saison de vêlages a entraîné des avortements dans une part suffisamment importante de la population de femelles, rendant possible son identification à travers des variations des taux d'avortement précoces et tardifs et des taux de vêlages de veaux viables (Bronner *et al.*, submitted). À l'inverse, il est légitime de s'interroger sur la capacité de l'un de ces indicateurs à identifier la survenue d'une maladie abortive qui serait introduite en fin de saison des vêlages, alors que la plupart des femelles ne sont pas gestantes.

## Délais de détection d'un danger sanitaire

Le délai de détection d'un danger sanitaire dépend du délai de déclenchement de l'alarme statistique, et des délais nécessaires à l'investigation. De manière générale, le délai de détection des variations anormales d'un indicateur de SSy conduisant à une alarme statistique dépend (Figure 2):

- du délai entre l'introduction de la maladie dans une population et l'apparition de phénomènes pathologiques dans cette population: ce délai peut varier en fonction du type de maladie (maladies à évolution lente comme par exemple la tremblante des petits ruminants ou la paratuberculose bovine) et du stade physiologique des animaux (la brucellose provoque plutôt des avortements à partir du cinquième mois de gestation);
- du délai entre l'apparition des phénomènes pathologiques et leur identification par l'indicateur de SSy: ce délai est court pour la mortalité (rapidement notifiée par les éleveurs), alors qu'il varie en général entre 21 jours et trois mois pour la ré-insémination des femelles ayant avorté (estimations basées sur les femelles ayant fait l'objet d'une DA puis ré-inséminées et intégrant le délai de ré-insémination lui-même et les délais de notifications de l'IA par l'éleveur), et peut aller jusqu'à neuf mois en ce qui concerne le taux de vêlages de veaux viables (neuf mois correspondant à une



**Figure 2.** Décomposition du délai de détection d'un danger sanitaire à partir d'un exemple théorique de système de SSy. En orange sont représentées les variations temporelles observées de l'indicateur suivi; en gris, les variations prédites avec l'intervalle de prédiction (en pointillés).

infection en tout début de gestation entraînant un déficit du nombre des vêlages neuf mois plus tard). Enfin, les lésions à l'abattoir ne sont par définition identifiées qu'à l'abattage de l'animal qui peut survenir au tout début de développement de la maladie (lésions aiguës), en phase chronique ou après guérison (lésions chroniques);

- du délai nécessaire pour que le danger sanitaire entraîne des phénomènes pathologiques chez un nombre suffisant d'individus conduisant à une variation anormale de l'indicateur: ce délai varie en fonction des caractéristiques de la maladie (sa contagiosité, la morbidité et la mortalité qu'elle entraîne), et des caractéristiques intrinsèques à l'outil de SSy (échelles géographiques et temporelles, choix du seuil de déclenchement de l'alarme).

Dans tous les cas, une variation anormale de l'indicateur nécessite une investigation sur le terrain pour rechercher la cause de cette variation, et identifier un éventuel nouveau danger sanitaire. En effet, par définition, l'indicateur est non spécifique, et ses variations peuvent également être dues à des modifications des pratiques des éleveurs (par ex. une augmentation des ré-inséminations de femelles peut être liée à une diminution de la mise à la réforme des femelles avortées et non pas à l'augmentation du nombre d'avortements). En outre, les indicateurs indirects (tels que les taux d'avortements précoces ou tardifs, ou le taux de vêlages de veaux viables) ne sont pas directement liés, par construction, à la (les) maladie(s) initialement visée(s): une ré-insémination peut signifier des troubles de la reproduction autres que des avortements infectieux, et un déficit du nombre des vêlages peut signifier une augmentation de la réforme des femelles ou un allongement volontaire des intervalles entre vêlages.

L'étape d'investigation conditionne la capacité d'un dispositif de SSy à identifier l'introduction d'une maladie, et influence le délai de cette identification. Ainsi, en août 2011, un dispositif de SSy néerlandais a détecté la multiplication par cinq de l'occurrence d'un syndrome fièvre-diarrhée-baisse de production chez les vaches laitières, mais les investigations épidémiologiques et diagnostiques conduites à la suite de ce constat n'ont pas permis de trouver la cause de cette augmentation. Ce n'est qu'en novembre 2011 que ce syndrome a été attribué au virus Schmallenberg (Calavas *et al.*, 2012).

## Utiliser le SSy pour renforcer la surveillance des maladies exotiques ou émergentes

### Complémentarité entre dispositifs de surveillance

Les dispositifs de SSy présentent l'intérêt d'assurer une pression de surveillance généralement homogène sur l'ensemble de la population

suivie (en particulier lorsque les données sont collectées à d'autres fins que la surveillance), et de permettre éventuellement d'identifier l'introduction de dangers sanitaires inconnus (contrairement aux modalités de surveillance traditionnelles). Toutefois, il est nécessaire que le danger sanitaire provoque des phénomènes pathologiques détectables par l'indicateur suivi du fait de leur nature (mortalité, signes cliniques ou lésions pathognomoniques) et de leur nombre. La détection des maladies exotiques ou émergentes ne peut donc pas reposer uniquement sur les dispositifs de SSy, mais doit reposer sur différentes modalités de surveillance complémentaires.

En premier lieu, ces différentes modalités de surveillance permettent de surveiller des espèces animales, des maladies et/ou des formes cliniques différentes. Ainsi, la surveillance événementielle, dépendante de différents facteurs individuels (formation, sensibilisation et participation des acteurs au dispositif), est adaptée à certaines maladies dont les formes sporadiques ont peu de chances d'être identifiées par un dispositif de SSy (par ex. les cas sporadiques de brucellose). La surveillance événementielle apparaît donc à privilégier pour détecter très rapidement la présence de formes hautement contagieuses de maladies dont la symptomatologie est bien décrite (telles que la fièvre aphteuse ou les souches virulentes de peste porcine classique). À l'inverse, la SSy pourrait être utilisée pour détecter l'introduction de maladies connues mais peu contagieuses, ou de maladies inconnues dont la présence est difficilement identifiable par les éleveurs et les vétérinaires. La surveillance programmée spécifique d'une maladie permet quant à elle d'identifier les formes latentes ou les animaux porteurs sains, sous réserve d'avoir défini préalablement la maladie à surveiller et de disposer des tests diagnostiques adaptés.

L'association des différentes modalités de surveillance peut également renforcer la crédibilité d'une alarme (par ex. notification d'événements abortifs sans étiologie connue par les acteurs de terrain, et identification en parallèle d'une augmentation anormale du taux d'avortements précoces ou tardifs). Inversement, le déclenchement d'une alarme à partir du dispositif de SSy pourrait conduire à une démarche de renforcement de la vigilance des acteurs de terrain impliqués dans le dispositif de surveillance événementielle (au-delà des investigations à conduire dans les élevages concernés par l'alarme statistique). Enfin, le fait de mener des investigations sur le terrain en cas d'alarmes identifiées à partir de la SSy (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 de l'un des indicateurs de surveillance des avortements peuvent apparaître longs, les investigations menées suite à une alarme pourraient indirectement inciter les acteurs à mieux déclarer les avortements.

### **Vers des dispositifs associant surveillance événementielle et surveillance syndromique ?**

Les dispositifs de SSy actuellement à l'étude en France visent à valoriser des données collectées en routine à d'autres fins que la surveillance. Il pourrait également s'agir de recueillir en élevage des informations sur des syndromes cliniques identifiés ou des événements sanitaires inhabituels par les vétérinaires, et en suivre les variations. En parallèle, des protocoles de diagnostic différentiel pourraient être proposés, incluant les dangers sanitaires réglementés (visés par la surveillance) et des maladies d'élevage (enzootiques) intéressant directement l'éleveur (à l'image du protocole national de diagnostic différentiel des avortements élaboré pour les bovins et les petits ruminants (Crémoux *et al.*, 2013; Touratier *et al.*, 2013)). De tels dispositifs auraient l'avantage d'impliquer les éleveurs et les vétérinaires (sous réserve d'une animation appropriée), d'être à la fois non spécifiques (en amont du diagnostic) et spécifiques des dangers sanitaires réglementés visés, et pourraient permettre de suivre à la fois les variations du nombre de syndromes cliniques notifiés et de la proportion de diagnostics non aboutis.

En conclusion, la SSy, associée à la surveillance événementielle et à la surveillance programmée, pourrait permettre de renforcer la surveillance des maladies exotiques ou émergentes. Plus globalement,

il pourrait s'agir de concevoir pour chaque filière de production la mise en place de dispositifs de surveillance intégrés, associant des modalités de surveillance spécifiques de certains dangers sanitaires (surveillance événementielle et surveillance programmée) et des modalités de surveillance syndromique, non spécifiques (Calavas *et al.*, 2012). Des réflexions mériteraient d'être poursuivies dans ce sens, sur les aspects à la fois techniques (en évaluant les performances de tels dispositifs) et organisationnels (en particulier concernant la coordination et l'animation de ces dispositifs).

## **Références bibliographiques**

- 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. In JORF n°303 du 31 décembre 2006 ([http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?sessionId=43D1294D26893F0BB CA1F6194D39FD85.tpdjo04v\\_1?cidTexte=JORFTEXT00000821256&dateTexte=20140929](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?sessionId=43D1294D26893F0BB CA1F6194D39FD85.tpdjo04v_1?cidTexte=JORFTEXT00000821256&dateTexte=20140929)).
- Anonyme 2014. Un dispositif pilote visant à exploiter les données de mortalité enregistrées par le MAAF est mis en place dans six départements. In DGAL/SDSPA/2014-274 (<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2014-274>).
- Bronner, A., Morignat, E., Madouasse, A., Calavas, D., submitted. Surveiller les avortements chez les bovins à partir des données démographiques et de reproduction : un complément à la déclaration obligatoire ? Bull. Epidemiol. Santé Anim. Aliment. 65, 6-11.
- 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, *MMWR Recomm Rep.*, ed. (CDC), 11.
- Calavas, D., Perrin, J.-B., Dupuy, C., Ducrot, C., Savey, M., Hendriks, P., 2012. Quelle est la valeur ajoutée de la surveillance syndromique pour la détection de phénomènes pathologiques nouveaux ? *Epidém. et santé anim.* 62, 161-169.
- de Crémoux, R., Corbière, F., Nouvel, X., Champion, J.-L., Mondoly, P., Nouzières, S., Pouget, C., Dion, F., Touratier, A., Berthelot, X., 2013. Démarche harmonisée de diagnostic différentiel des avortements chez les petits ruminants. *Bull. Group. Tech. Vet Hors Série* 2013, 93-104.
- Dupuy, C., Demont, P., Ducrot, C., Calavas, D., Gay, E., 2014. Factors associated with offal, partial and whole carcass condemnation in ten French cattle slaughterhouses. *Meat Sci.* 97, 262-269.
- Dupuy, C., Eric, M., Dorea, F.C., Ducrot, C., Calavas, D., Gay, E., 2015. Using bovine meat inspection data for syndromic surveillance: pilot simulation study based on whole carcass condemnation to assess performances of several algorithms for outbreak detection. *Epidemiol. Infect.* 8:1-11.
- Dupuy, C., Morignat, E., Maugey, X., Vinard, J.-L., Hendriks, P., Ducrot, C., Calavas, D., Gay, E., 2013. Defining syndromes using meat inspection data for syndromic surveillance purposes: a statistical approach with the 2005-2010 data from ten French slaughterhouses. *BMC Vet. Res.* 9, 88.
- 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, April 2010. *Euro Surveill* 15, 6-9.
- InVS 2013. La surveillance des urgences par le réseau OSCOUR ([http://www.invs.sante.fr/content/download/66967/257978/version/1/file/plaquette\\_sureveillance\\_urgences\\_reseau\\_oscour.pdf](http://www.invs.sante.fr/content/download/66967/257978/version/1/file/plaquette_sureveillance_urgences_reseau_oscour.pdf)).
- 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.
- Perrin, J.-B., 2012. Modélisation de la mortalité bovine dans un objectif de surveillance épidémiologique. *Claude Bernard Lyon 1*, Thèse.
- Perrin, J.-B., Ducrot, C., Vinard, J.-L., Morignat, E., Calavas, D., Hendriks, P., 2010. Modélisation de la mortalité bovine en vue d'estimer l'impact de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine en France (2007-2009). *Epidemiol. et santé anim.* 57.
- Touratier, A., Lars, F., Rautureau, S., Bronner, A., Portejoie, Y., Audeval, C., Guatteo, R., Joly, A., 2013. Élaboration d'un protocole national de diagnostic différentiel des avortements chez les bovins. *Bull. Group. Tech. Vet Hors Série* 2013, 75-82.
- Triple-S 2014. Syndromic surveillance systems in Europe (<http://www.syndromicsurveillance.eu/>).
- Triple-S. Project, 2011. Assessment of syndromic surveillance in Europe. *Lancet* 378, 1833-1834.
- Yamamoto, T., Tsutsui, T., Nishiguchi, A., Kobayashi, S., 2008. Evaluation of surveillance strategies for bovine brucellosis in Japan using a simulation model. *Prev Vet Med* 86, 57-74.