

CONDITIONS DE LA QUALITE DE LA « FONCTION SENTINELLE » EN EPIDEMIOLOGIE *

Pascal Hendrikx ¹ et Barbara Dufour ²

RESUME

La qualité d'un système de surveillance sentinelle repose en premier lieu sur son adéquation avec les objectifs de la surveillance. Ces objectifs doivent donc être pertinents et définis avec précision. Cette qualité doit en complément être appréciée selon les critères suivants :

- La sensibilité et la spécificité du système, conditionnées par le choix de l'espèce sentinelle, la taille de l'échantillon, les caractéristiques des outils de diagnostic et la localisation des sentinelles ;
- La représentativité du système permettant d'extrapoler les résultats obtenus à la population cible ;
- La rapidité du système c'est-à-dire sa capacité à détecter le phénomène étudié dans des délais courts ;
- La simplicité du système garantissant une mise en œuvre aisée ;
- L'acceptabilité du système par les acteurs de la surveillance ;
- La flexibilité du système devant lui permettre de s'adapter aux évènements ;
- La stabilité du système au cours du temps.

Les points précédemment évoqués (objectifs et critères de qualité) doivent être évalués et analysés de manière synthétique afin d'apprécier les trois aspects suivants : la pertinence du système, son réalisme et son rapport coût/bénéfice.

Mots-clés : Epidémiosurveillance, sentinelle, évaluation, qualité.

SUMMARY

The quality of a sentinel surveillance system is, first of all, contingent on its adequacy with the objectives of the surveillance. These objectives must be precisely defined and relevant.

The evaluation of a surveillance system should be based on the following criteria :

- Sensitivity and specificity of the system, conditioned by the choice and location of the sentinel species, the size of the proposed sample and the characteristics of the diagnostic tools ;

.../..

* Texte de la conférence présentée au cours des Journées scientifiques AEEMA-AESA, 4-5 juin 2009

¹ Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Lyon, France

² Ecole vétérinaire d'Alfort, 94704 Maisons-Alfort, France

.../..

- Representativeness of the system allowing extrapolation of the results to the target population ;
- Timeliness of the system i.e. its capacity to assure an early detection of the disease under surveillance ;
- Simplicity of the system , guaranteeing an easy implementation ;
- Acceptability of the system by the actors of the surveillance ;
- Flexibility of the system, making it possible to respond to changes in the situation ;
- Stability of the system in time.

The objectives and quality criteria listed above must be evaluated and analyzed in a synthetic way to determine three aspects of the proposed system : its relevance, its practicality and its cost / benefit ratio.

Keywords : Epidemiological surveillance, Sentinel, Assessment, Quality.



I - INTRODUCTION

La surveillance épidémiologique repose sur la mise en place d'une ou plusieurs méthodes élaborées et éventuellement associées pour répondre à des objectifs déterminés. La classification usuelle de ces modalités de surveillance différencie des méthodes qualifiées de passives (remontée spontanée de données sur des suspicions ou des cas) et des méthodes dites actives qui reposent sur la collecte programmée et régulière des données.

La surveillance active rassemble différentes méthodes souvent distinguées par la nature de l'échantillonnage (exhaustivité, échantillon représentatif en fonction de critères statistiques variés, échantillon ciblé).

L'utilisation de sujets (animaux, troupeaux ou populations) comme sentinelles est une des modalités de surveillance épidémiologique. Cette modalité est communément classée dans la surveillance active. Cependant, l'examen des pratiques de surveillance à l'aide de sentinelles montre la diversité des approches, donc la nécessité de bien définir ce que l'on entend par la « fonction sentinelle » et quelles sont les conditions de la qualité de cette fonction.

Nous retiendrons comme définition de la fonction sentinelle en épidémiologie un *« animal choisi dans son milieu ou placé volontairement dans un milieu et suivi au cours du temps afin de détecter précocement, de manière qualitative ou quantitative, une exposition à un agent pathogène donné. »*.

On remarque que cette définition insiste avant tout sur l'importance de l'objectif qui sous-tend la mise en place des sentinelles. La qualité de la fonction sentinelle repose donc en premier lieu sur son adéquation avec les objectifs de la surveillance. Ceux ci doivent être par conséquent pertinents et définis avec précision.

Dans une première partie, une typologie des objectifs de la fonction sentinelle en épidémiologie est donc présentée. Une deuxième partie détaille les critères permettant d'apprécier la qualité de la fonction sentinelle. Enfin, l'appréciation de la pertinence, du réalisme et l'évaluation du rapport coût/bénéfice d'une surveillance épidémiologique à l'aide de sentinelles est proposée afin de tenter de définir ce que pourrait être « une bonne sentinelle épidémiologique en santé animale ».

II - ADEQUATION DE LA FONCTION SENTINELLE AUX OBJECTIFS

1. LES OBJECTIFS

La précision des objectifs de la surveillance épidémiologique est essentielle pour garantir que les modalités de surveillance mises en place répondent effectivement à ces objectifs.

De nombreuses situations épidémiologiques conduisent à la mise en place ou à des tentatives de mise en place de sentinelles. Quatre types d'objectifs peuvent cependant être proposés :

- la détection de l'augmentation d'un risque,
- la détection de l'apparition d'un danger,
- le suivi de l'augmentation de l'incidence,
- le suivi de la diffusion d'une maladie dans l'espace.

1.1. AUGMENTATION D'UN RISQUE

La détection de l'augmentation d'un risque correspond à l'utilisation de sentinelles permettant la mise en évidence d'un contaminant ou d'un agent pathogène qui représente un risque pour une population d'intérêt.

Cette surveillance est généralement réalisée par l'utilisation de sentinelles appartenant à des espèces différentes de la population cible. C'est le cas par exemple de la surveillance de la circulation du virus West-Nile sur des canards pour estimer un risque sur des chevaux ou l'Homme.

La recherche directe du danger n'est cependant pas toujours nécessaire. La population sentinelle est alors utilisée pour mesurer un indicateur de risque. On peut citer, ainsi, la surveillance de la densité des rongeurs qui permet de détecter un risque d'augmentation du nombre de cas de tularémie ou de fièvre hémorragique à syndrome rénal. Dans ce cas, la maladie étant assez rare et difficile à identifier sur les animaux sauvages, il est plus aisé de surveiller la densité des réservoirs (petits rongeurs). Une augmentation de la densité de ces espèces est alors associée à un risque d'augmentation de cas et donc potentiellement à une augmentation de risque pour l'Homme [Delattre *et al.*, 1998].

1.2. APPARITION D'UN DANGER

L'apparition d'une maladie exotique peut être un objectif recherché par la mise en place d'une surveillance à l'aide de sentinelles.

L'apparition du virus ou d'un nouveau sérotype du virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) a été recherchée grâce au suivi sérologique de troupeaux de ruminants sentinelles. Ainsi, la sélection de cheptels de ruminants dans des zones qualifiées à risque et la réalisation d'analyses sérologiques à intervalles réguliers sont les modalités qui ont permis de dater l'apparition du sérotype 4 en Corse en 2003 et de vérifier l'absence d'introduction du virus sur le littoral méditerranéen en 2003 et 2004 [Gerbier *et al.*, 2008].

Pour cette même maladie, des prélèvements sur échantillonnage aléatoire répété dans des abattoirs des départements du littoral méditerranéen ont également permis de vérifier l'absence d'introduction du virus.

Ce cas est intéressant dans la mesure où, pour détecter l'apparition de la FCO, des modalités différentes d'échantillonnage de sentinelles (troupeaux et animaux à l'abattoir) ont été retenues.

1.3. SURVEILLANCE DE L'AUGMENTATION D'INCIDENCE

De nombreux exemples de systèmes sentinelles ont comme objectif la détection de l'amplification d'un phénomène.

Plusieurs maladies vectorielles, dont le cycle se caractérise par des phases d'amplification de la circulation virale, sont également adaptées à la surveillance à l'aide de sentinelles. Il s'agit par exemple de la surveillance de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) en Afrique. Avant l'apparition des premiers symptômes sur les animaux puis éventuellement sur l'Homme qui se contamine au contact des animaux, des séroconversions peuvent être mises en évidence sur les espèces sensibles (ruminants). La mise en place d'élevages sentinelles faisant l'objet de prélèvements pour analyses sérologiques à intervalles réguliers pendant la période à risque de la maladie est donc un moyen utilisé, notamment en Afrique de l'Ouest, pour identifier précocement la circulation du virus [FAO, 2005].

De même, le virus West-Nile suit une phase d'amplification de sa circulation sur les populations d'oiseaux avant de « sortir » de son cycle oiseaux – moustique et infecter éventuellement les chevaux ou l'Homme. Des oiseaux sentinelles peuvent donc théoriquement permettre, par des prélèvements à intervalles réguliers, de détecter une augmentation de la circulation virale et de donner l'alerte afin de protéger les populations humaines et animales [Hars *et al.*, 2008].

Dans tous ces cas, on constate que les animaux sentinelles sont choisis car ils permettent d'anticiper un risque pour les animaux domestiques ou pour l'Homme.

1.4. DIFFUSION D'UNE MALADIE DANS L'ESPACE

La mise en place d'élevages sentinelles peut permettre de détecter l'évolution d'une maladie dans l'espace comme cela a été réalisé dans le cas de la FCO en France pour détecter la progression des sérotypes 1 et 8 du virus à l'aide d'élevages distribués dans des zones encore indemnes de la maladie [DGAL, 2008].

2. L'ADEQUATION DES MODALITES DE LA SURVEILLANCE A L'AIDE DE SENTINELLES AUX OBJECTIFS

Le premier critère de qualité d'une surveillance à l'aide de sentinelles est l'adéquation des modalités de surveillance avec les objectifs fixés.

Les sentinelles peuvent être de différentes natures : individus, groupes d'individus (élevages, troupeaux, colonies) ou population (ensemble d'individus ou de groupes d'individus dans une unité géographique donnée).

Les principales modalités de surveillance pouvant être appliquées à ces sentinelles peuvent être décrites de la manière suivante :

- Détection de signes cliniques selon des modalités actives (visites à intervalles réguliers) ou passives (avec renforcement spécifique de la surveillance passive sur les sentinelles) ;
- Détection de pathogènes ou de contaminants, soit directement (mise en évidence de l'agent), soit indirectement (sérologie) selon une modalité strictement active ;

Parfois, une analyse simple du dispositif permet de constater une inadéquation.

Le cas de la surveillance de la peste bovine en Afrique est à ce titre particulièrement parlant. À la suite de l'élaboration de la procédure de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) pour être reconnu indemne de peste bovine, plusieurs pays se sont lancés dans la sélection d'élevages devant servir de support à une surveillance à l'aide de sentinelles en se fondant sur les modalités d'échantillonnage préconisées par l'OIE (James, 1998). Le principe était de réaliser des visites régulières dans 299 élevages sélectionnés afin de détecter l'apparition de signes cliniques évocateurs de peste bovine (formes atténuées ou non) et de réaliser annuellement une recherche sérologique sur les animaux non vaccinés pour prouver l'absence de la maladie ou déterminer son apparition. Ces modalités de surveillance ne résistent pas à une analyse des conditions d'apparition éventuelles de peste bovine dans un pays. Il est en effet très improbable que ce soit une visite programmée qui mette en évidence la peste bovine si elle survient cliniquement ou alors, si c'est le cas, il faut imaginer que la maladie évolue depuis un temps déjà long et qu'elle a eu tout le temps d'envahir un grand nombre de cheptels. L'échantillonnage selon la procédure de l'OIE ne devait donc servir, comme préconisé, qu'à démontrer l'absence de l'infection et non pas être utilisé comme un dispositif sentinelle de la ré-émergence de la maladie.

III - CRITERES DE QUALITE DE LA FONCTION SENTINELLE

La qualité d'un dispositif de surveillance peut être appréciée selon plusieurs critères. Une liste de neuf critères est communément utilisée

aux Etats-Unis par les CDC [CDC, 2001 ; Buehler *et al.*, 2004] ainsi que par l'Organisation mondiale de la santé (OMS,

2001 ; OMS, 2004) : sensibilité, spécificité, représentativité, rapidité, qualité des données, simplicité, acceptabilité, flexibilité et stabilité. Les éléments déterminants de la fonction sentinelle pour satisfaire chacun de ces critères sont présentés.

1. SENSIBILITE

La sensibilité de la fonction sentinelle peut-être définie comme sa capacité à détecter **tous** les cas de la maladie pour laquelle la surveillance à l'aide de sentinelles a été mise en place. En relation avec l'objectif de détection et d'alerte de phénomènes nouveaux ou émergents, la notion de précocité de la détection est partiellement incluse dans le critère de sensibilité.

Plusieurs éléments complémentaires déterminent cette sensibilité.

1.1. LE CHOIX DE L'ESPECE SENTINELLE

L'espèce sentinelle choisie doit être à la fois réceptive et sensible à la maladie. La réceptivité correspond à la capacité à héberger et multiplier l'agent causal qui est recherché et la sensibilité, la capacité à exprimer cette infection, infestation ou contamination de manière suffisamment explicite pour permettre une détection facile du phénomène.

Plus l'espèce est réceptive et surtout sensible, plus elle permet une détection exhaustive et rapide de tout cas.

L'utilisation des canards appelants pour la surveillance de l'influenza aviaire (IA) exprime clairement la différence et l'importance de ces deux notions. Les canards sont effectivement très réceptifs au virus IA par lequel ils sont aisément infectés. Cependant, l'expérience montre qu'ils n'expriment pas souvent cliniquement cette infection. Ces animaux manifestent donc une sensibilité limitée ce qui complique les opérations de mise en évidence du virus en nécessitant la réalisation d'un grand nombre de prélèvements et d'analyses coûteuses. Une espèce tout aussi réceptive mais plus sensible comme le cygne (*Cygnus olor*) [Hars *et al.*, 2007] pourrait donc apparaître mieux adaptée à la fonction de sentinelle, mais il est plus difficile d'entretenir des effectifs de cygnes par groupes distribués sur une zone géographique donnée comme on peut le faire par exemple avec les canards appelants.

L'utilisation des suidés pour la détection de la tuberculose bovine est un autre exemple d'espèces sentinelles très réceptives. Le manque de sensibilité des suidés est compensé par la possibilité de détecter des lésions à l'abattage. Les suidés étant des espèces à cycle court, elles peuvent permettre une détection plus précoce de la maladie que les bovins chez qui la tuberculose circule plus lentement. En Nouvelle-Zélande, des sangliers marqués par un émetteur radio ont été lâchés dans des zones où des possums constituant le réservoir de la tuberculose étaient en trop faible nombre pour être tués à la chasse. Les sangliers ont été tués quelques mois plus tard afin de rechercher des lésions tuberculeuses, qui d'ailleurs étaient présentes, signant ainsi une infection résiduelle chez les possums de la zone [Nugent *et al.*, 2002].

1.2. LA TAILLE DE L'ECHANTILLON

La taille de la population sentinelle est un autre critère déterminant de la sensibilité. Si l'on considère que la population sentinelle est représentative de la population générale dans laquelle le phénomène doit être détecté, sa taille conditionne alors le seuil de détection du phénomène dans cette population. Plus la taille de l'échantillon d'animaux des troupeaux sentinelles est importante, plus le signal détecté peut être de faible intensité ce qui renforce l'efficacité et la précocité de la détection.

La taille doit donc être soigneusement définie en fonction des objectifs de surveillance (à partir de quel niveau de surveillance souhaitez-vous pouvoir être alerté ?) et des caractéristiques de la maladie (quel nombre de cas faut-il être en mesure de détecter pour permettre une alerte suffisamment précoce et une action de lutte efficace ?).

Disposer d'une population sentinelle de grande taille n'est pas toujours indispensable ; on recherchera une taille de population adaptée à l'objectif, ce qui doit être jugé au cas par cas.

1.3. LES CARACTERISTIQUES DES OUTILS DE DIAGNOSTIC

Le choix et la sensibilité des outils de diagnostic a également un impact direct sur la sensibilité des sentinelles. La sensibilité des outils de diagnostic doit être en rapport avec la « sensibilité » du dispositif de surveillance (taille et choix de l'espèce animale). Les populations canines urbaines pourraient par

exemple être utilisées pour la détection de contaminants ayant un impact sur la santé humaine (polluants de l'air et métaux lourds tels que le plomb) (Fouqueray, 2008). La sensibilité des méthodes de diagnostic utilisées pour la détection de ces contaminants dans le sang des chiens sentinelles ainsi que les seuils qui seront fixés pour leur interprétation ont un impact direct sur la sensibilité du dispositif.

1.4. LA LOCALISATION DES SENTINELLES

Le choix de la localisation des animaux sentinelles est également un facteur de succès ou d'échec de ce mode de surveillance. Ainsi, quel que soit le nombre de sentinelles suivies, si elles ne sont pas bien réparties géographiquement, elles ne pourront pas remplir leur fonction d'alerte. On peut ainsi citer l'exemple de la surveillance de l'apparition de l'infection à virus West Nile à l'aide d'oiseaux domestiques sentinelles (canards appelants) placés dans le Var et la Camargue en 2006 alors que des cas de West Nile sont apparus sur des chevaux dans les Pyrénées orientales ! [Zientara *et al.*, 2009].

2. SPECIFICITE

La spécificité est la capacité à ne détecter **que** le danger objet de la surveillance. Une mauvaise spécificité entraînera un grand nombre de suspicions ou d'alertes par excès qui compliqueront la détection des cas réels de la maladie.

2.1. LE CHOIX DE L'ESPECE SENTINELLE

Le choix de l'espèce peut avoir un impact fort sur la spécificité. L'exemple du canard pour la détection de l'influenza aviaire est, là encore, intéressant, sa grande réceptivité à tous les virus influenza (hautement et faiblement pathogènes) en fait une espèce peu spécifique pour la surveillance de l'IA hautement pathogène.

2.2. LA TAILLE DE L'ECHANTILLON

Une taille importante de la population sentinelle peut conduire à une diminution de la spécificité en augmentant la probabilité d'avoir de fausses alertes. Ce point est en lien avec le manque de spécificité potentielle de la méthode de détection (*cf. infra*).

2.3. LES CARACTERISTIQUES DES OUTILS DE DIAGNOSTIC

La spécificité des modalités de diagnostic influe également directement sur la spécificité de la fonction sentinelle. Que ce soit un diagnostic clinique ou un diagnostic de laboratoire, le choix de techniques très sensibles peut s'avérer peu opportun. Par exemple, la recherche de lignées faiblement pathogènes du virus de la peste bovine par des méthodes cliniques implique une définition du cas clinique peu spécifique (afin de ne pas passer à côté de cas cliniques s'exprimant faiblement et de manière peu caractéristique). Cela conduit à la collecte d'un grand nombre de suspicions qui sont ensuite infirmées, ce qui remet en cause l'utilisation d'une détection clinique de cette catégorie de virus.

Enfin, il faut souligner que, comme pour un outil de diagnostic, l'augmentation de la sensibilité du système sentinelle conduit à une diminution de la spécificité et inversement. Il convient donc de prendre une décision en fonction des objectifs de la surveillance en privilégiant, en fonction des situations et des caractéristiques propres des maladies surveillées (nature de l'expression clinique, contagiosité...) et des moyens disponibles, soit la sensibilité du système soit sa spécificité.

3. REPRESENTATIVITE

La représentativité de la fonction sentinelle correspond à sa capacité que les résultats obtenus sur les sentinelles soient extrapolables à la population toute entière.

L'intérêt de la représentativité des sentinelles est à rapprocher de l'objectif de la surveillance. Pour une fonction d'alerte, les sentinelles doivent être représentatives des populations les plus à risque d'être contaminées et pas nécessairement de l'ensemble de la population à risque.

Pour la surveillance de la peste bovine en Afrique par exemple, on pourra choisir de placer des animaux sentinelles réceptifs en périphérie des zones importantes de regroupement et de transit de bovins tels que des marchés au bétail, en considérant que l'introduction du virus pourra être en priorité détectée en proximité de ces zones.

De même, les sentinelles utilisées pour la détection de la circulation du virus West-Nile en France étaient placées prioritairement dans les zones de plus grand risque d'apparition de la maladie : dans les zones humides où les

vecteurs sont présents en grande concentration et où des cas étaient déjà apparus par le passé comme la Camargue [Hars *et al.*, 2008]. Cette stratégie n'est cependant pas toujours suffisante pour la bonne détection d'une maladie. Zone de plus grand risque d'apparition ne signifie pas, en effet, zone exclusive d'apparition. C'est ainsi que le virus West-Nile est apparu en 2004 et 2006 dans les départements du Var et des Pyrénées-Orientales aux périodes où il faisait l'objet d'un dispositif sentinelle en Camargue [Zientara *et al.*, 2009]. Il est donc nécessaire de conserver des modalités complémentaires de surveillance à même de détecter l'apparition de la maladie dans d'autres zones, même si le dispositif sentinelle en place répond à tous les critères d'efficacité.

Lorsque l'objectif de la fonction sentinelle est la détermination de l'incidence d'un danger dans une population, il convient alors de choisir des sentinelles représentatives de cette population de manière à ne pas conduire à une estimation biaisée de cet indicateur épidémiologique. Le choix des sentinelles par tirage au sort peut dans ce cas, se heurter à l'acceptabilité de la surveillance sur le terrain (*cf. infra*), les sentinelles étant souvent choisies sur des critères de volontariat ou selon le profil des éleveurs.

4. RAPIDITE

La rapidité d'une fonction sentinelle peut être définie comme sa capacité à détecter le phénomène surveillé dans des délais courts et compatibles avec les objectifs de surveillance.

Dans la fonction d'alerte précoce, la rapidité de détection des cas est un déterminant majeur de la qualité des sentinelles.

Cette rapidité est potentiellement conditionnée par un grand nombre de facteurs :

- Réceptivité de l'espèce choisie : une espèce très réceptive s'infecte rapidement et permet ainsi une détection précoce du danger. Il convient alors de choisir une espèce sentinelle dont la précocité d'infection est supérieure à celle de l'espèce que l'on cherche à protéger ;
- Simplicité de la mise en œuvre pratique de la collecte et de la transmission des données : des sentinelles éloignées et difficiles d'accès (montagne, zones reculées, faune sauvage libre) rendent la détection des cas plus difficile et plus longue. En effet, plus les prélèvements sont

simples à réaliser, plus la fréquence des investigations peut être grande et plus il est possible de détecter précocement le phénomène recherché ;

- Modalités et capacités de diagnostic : le délai de réalisation des analyses, que ce soit de diagnostic au laboratoire ou de conditionnement et d'acheminement vers un laboratoire qualifié retarde l'obtention du résultat. Certaines modalités de diagnostic nécessitant des compétences particulières peuvent encore rallonger les délais car les capacités de diagnostic sont généralement, dans ce cas, plus réduites. En outre, il est difficile d'augmenter la fréquence des investigations qui accroît le nombre de prélèvements à analyser. Par exemple, l'analyse des prélèvements des canards sentinelles pour la recherche de West-Nile en Camargue de 2002 à 2005 nécessitait le conditionnement des sérums par le laboratoire départemental et la réalisation de l'analyse par l'Institut Pasteur, CNR des arboviroses, seul à maîtriser la technique de détection des anticorps sur les oiseaux. L'ensemble du processus était donc, dans ce cas, plus long qu'une analyse pouvant être réalisée directement dans un laboratoire départemental ;
- Temps de réaction pour la mise en œuvre de mesures préventives ou de lutte. Ce temps devrait logiquement être en rapport avec la contagiosité de la maladie surveillée et les objectifs visés par la lutte ; cependant, il dépend souvent également des moyens disponibles ainsi que de l'organisation des responsables de la lutte. Si ce temps de réaction est lent, il n'est pas nécessaire de disposer d'un système sentinelle permettant une alerte précoce. Ainsi la fièvre aphteuse en Afrique intertropicale ne fait pas l'objet d'un système de sentinelles permettant une alerte précoce compte tenu des modalités de lutttes limitées mises en place contre cette maladie dans cette zone.

Dans la pratique, tous ces critères se cumulent pour conduire à un délai global de détection d'un phénomène qui représente l'avantage réel du dispositif sentinelle. Dans le cas de la surveillance West-Nile sur des canards appelants en Camargue la précocité de la circulation du virus sur les oiseaux est bien documentée aux Etats-Unis et sa détection, grâce notamment à l'observation de mortalité chez les oiseaux sauvages, doit permettre de diffuser des messages de prévention à

destination des propriétaires de chevaux et des populations humaines. Cependant, en France, la mortalité des oiseaux sauvages semble réduite et il faut donc détecter l'infection chez ces espèces par d'autres moyens, ce qui est plus difficile. En effet, le cumul du délai de prélèvement (qui nécessite un temps de réalisation et du personnel qualifié empêchant la mise en place d'une fréquence soutenue), du délai de conditionnement (laboratoire départemental) et d'analyse (laboratoire de référence dont l'analyse sérologique de première intention n'est pas le métier) diminue fortement les capacités de détection précoce de la circulation virale sur les oiseaux. C'est ainsi que lors de l'épizootie de West-Nile sur les équidés en Camargue en 2004, les résultats de séroconversion sur des canards sentinelles ont été connus seulement quelques jours avant la détection des premières suspicions équine [Leblond *et al.*, 2007]. Les sentinelles ont dans ce cas surtout permis de renforcer le faisceau de présomptions lorsque les suspicions équine sont apparues.

5. SIMPLICITE

La simplicité de la fonction sentinelle correspond à sa capacité à être mise en œuvre et maintenue aisément dans une zone.

La simplicité du dispositif sentinelle influe directement sur plusieurs critères de performance de la surveillance :

- La rapidité : la simplicité du dispositif permet de réduire les délais entre deux investigations en cas de surveillance active par la collecte répétée des données ;
- La sensibilité : dans le cadre d'une surveillance passive sur une population sentinelle, la simplicité de la surveillance, notamment par la simplicité de la définition du cas et des modalités de déclaration, de collecte et de transmission des données, garantit une meilleure détection de tous les cas. Dans la surveillance du virus West-Nile sur le littoral méditerranéen, les oiseaux sauvages sont utilisés comme sentinelles par la détection de mortalité anormale. Le public a été sollicité pour être acteur de cette surveillance. La simplicité de la définition du cas (« trouver un oiseau mort ») et de la modalité de déclaration (mise à disposition d'un numéro vert avec enregistrement des appels plutôt que la recherche d'un interlocuteur donné dans une administration) sont autant d'éléments

à même d'augmenter la sensibilité de la surveillance [Lecollinet *et al.*, 2008] ;

- La durabilité : plus le dispositif est simple, moins il nécessite d'efforts spécifiques de la part des acteurs de la surveillance et moins il est coûteux, autant de facteurs qui conditionnent la durabilité du système.

6. ACCEPTABILITE

L'acceptabilité de la fonction sentinelle consiste en sa capacité à être aisément acceptée par les acteurs de la surveillance et donc mise en œuvre.

L'acceptabilité d'une surveillance à l'aide de sentinelles est un point souvent particulièrement sensible dans le cas d'une surveillance active appliquée à une population animale domestique. La collecte répétée de données, généralement de prélèvements, nécessite la réalisation de visites et de séances d'observation et de contention par les éleveurs d'autant plus nombreuses que la fréquence d'intervention souhaitée est grande.

Les éleveurs, souvent réticents à ce type d'intervention sur leurs animaux, même lorsqu'elles sont ponctuelles (prophylaxies), le sont encore plus lorsque les interventions sont répétées régulièrement (tous les mois, toutes les semaines, etc.). Les personnes chargées de la surveillance peuvent également ressentir un phénomène de lassitude, notamment si les gestes techniques sont compliqués ou le contexte relationnel tendu.

La solution pour lever cette contrainte consiste, le plus souvent, à orienter le choix des sentinelles pour une plus grande facilité de réalisation vers des éleveurs volontaires, ou des animaux plus faciles à prélever (vaches laitières plutôt que vaches allaitantes) ou des unités plus faciles d'accès (proximité de la personne qui réalise les investigations). La fonction sentinelle ne peut alors plus prétendre à une bonne représentativité.

Une autre solution consiste à indemniser les éleveurs pour leur participation à la surveillance. Cette indemnisation peut correspondre à une somme d'argent attribuée à l'éleveur pour chaque intervention (ce type d'action est pratiqué dans certains pays africains). Elle peut également prendre la forme d'une compensation matérielle comme l'achat d'animaux et d'alimentation (canards appelants en Camargue) ou la réalisation gratuite de traitements vétérinaires (nombreux dispositifs sentinelles en Afrique).

Une autre compensation, plus classique mais également très efficace, correspond au retour régulier d'information sur les résultats de la surveillance aux éleveurs participants.

7. FLEXIBILITE

La flexibilité de la fonction sentinelle peut être définie comme la capacité d'adaptation du dispositif aux événements survenant au cours de la surveillance.

Pour la surveillance à l'aide de sentinelles, cette flexibilité doit exister d'emblée car la détection du phénomène recherché peut entraîner des modifications dans les modalités de surveillance. La détection d'un grand nombre de sujets atteints par exemple, pose la question de l'intérêt de poursuivre les investigations, de la nécessité d'augmenter le nombre de sentinelles dans l'avenir (notamment le nombre d'individus dans une unité sentinelle par exemple) ou de la nécessité d'augmenter ou de diminuer la fréquence des investigations. Dans le cas de la surveillance de la fièvre catarrhale ovine (FCO) en France en 2008, les animaux sentinelles placés dans les départements où des cas cliniques étaient mis en évidence devenaient de fait inutiles pour la détection de l'apparition de l'infection.

Cet impératif de flexibilité montre qu'une surveillance à l'aide de sentinelles n'échappe

pas aux critères classiques d'une bonne gouvernance d'un dispositif de surveillance notamment en matière d'animation et de modalités de prise de décision.

8. STABILITE

La stabilité de la fonction sentinelle correspond au maintien dans le temps des modalités de surveillance de manière la plus à l'identique possible.

La stabilité est une condition générale importante de la surveillance épidémiologique. Elle le demeure pour les sentinelles qui doivent permettre une comparaison de situations dans le temps, notamment lorsque l'objectif de la fonction sentinelle est le suivi de l'évolution d'une incidence ou d'une prévalence. Si cette stabilité s'apprécie par rapport au dispositif dans son ensemble, elle est également importante à l'échelle d'une unité sentinelle comme un élevage. Cette unité doit en effet demeurer stable par rapport à ce qu'elle représente (zone à risque ou population) ; il faut donc éventuellement éviter de choisir des unités transhumantes (sauf si c'est la population cible de la surveillance) ou des unités dont le contexte socio-professionnel peut conduire à des modifications de pratique ou des abandons d'activité (retraite, faillite, etc.).

IV - EVALUATION ET DECISION

Tous les points qui viennent d'être évoqués, que ce soit l'adéquation aux objectifs ou les critères de qualité, doivent être évalués et analysés de manière synthétique afin de prendre une décision quant à l'opportunité d'utiliser des sentinelles pour la surveillance.

Cette analyse doit conduire à apprécier l'opportunité de cette surveillance selon trois aspects complémentaires :

- la pertinence,
- le réalisme,
- le rapport coût/bénéfice du système.

1. PERTINENCE

La pertinence d'une fonction sentinelle peut être définie comme l'utilité de l'information

produite par la surveillance pour la mise en œuvre d'une action résultante (action de lutte le plus souvent).

L'estimation de la pertinence est une analyse synthétique de l'adéquation des modalités de surveillance aux objectifs de surveillance en intégrant plusieurs critères de qualité d'un dispositif sentinelle tels que la sensibilité, la spécificité, la représentativité et la rapidité.

Il convient donc, en premier lieu, de s'interroger sur l'intérêt des actions qui peuvent être mises en œuvre sur la base des résultats attendus de la surveillance à l'aide de sentinelles afin d'apprécier la plus-value technique de cette modalité de surveillance par rapport à d'autres modes de surveillance.

C'est la question qui s'est posée pour la surveillance de la circulation du virus West-Nile par des oiseaux sentinelles. Dans cet exemple, il a été montré que la pertinence de l'espèce n'était pas remise en question mais que les modalités de la surveillance conduisaient à une alerte presque contemporaine de l'apparition des premiers cas cliniques sur des chevaux. La plus-value technique de la surveillance à l'aide de sentinelles sur les oiseaux par rapport à la surveillance clinique passive sur les chevaux dans le cadre de la prévention des cas humains ne paraît donc pas optimale. C'est un des facteurs qui a conduit le Ministère en charge de l'agriculture à abandonner cette surveillance en 2006.

La même analyse peut également conduire à conclure que les modalités de surveillance à l'aide de sentinelles ne sont pas pertinentes par rapport à l'objectif. C'est le cas de la surveillance clinique de la peste bovine par des élevages sentinelles en Afrique qui n'a que peu de sens en matière de précocité de l'alerte.

2. REALISME

Le réalisme d'une fonction sentinelle peut être défini comme la capacité à la mettre en oeuvre concrètement et de manière durable, dans les conditions du terrain.

L'estimation du réalisme est une analyse synthétique des critères de simplicité, d'acceptabilité et rapidité mis en relation avec les caractéristiques de la maladie.

La surveillance à l'aide de sentinelles peut-être jugée très pertinente mais se heurte au principe de réalisme de sa mise en oeuvre lorsque l'opérationnalité du système n'est pas optimale.

C'est le cas notamment lorsque l'acceptabilité du dispositif est un facteur qui ne peut être atteint de manière satisfaisante. La contribution des éleveurs est le plus souvent essentielle et des dispositifs trop lourds ont peu de chances de pouvoir être réellement mis en place selon les modalités qui leur permettent de répondre aux objectifs.

Le réalisme est également discutable lorsque les contraintes techniques rendent peu probable le respect des critères de qualité.

Ainsi, la surveillance de la circulation du virus de la fièvre de la Vallée du Rift dans la vallée du fleuve Sénégal par des élevages de petits ruminants sentinelles se heurte à l'éloignement

des zones à risque du laboratoire en charge de l'analyse des prélèvements. Les délais d'acheminement des prélèvements sont alors longs, la probabilité de recevoir des prélèvements non analysables au laboratoire est importante et la fréquence de prélèvements acceptable en dessous de la fréquence optimale pour une surveillance en période d'intérêt. Le risque est, dans ce cas, de n'être en mesure de déclencher une alerte que de manière décalée et alors que la situation réelle sur le terrain a vraisemblablement déjà beaucoup évolué.

3. RAPPORT COUT/BENEFICE

Le prolongement de l'analyse des points précédents est d'estimer le coût de la fonction sentinelle par rapport aux bénéfices que l'on peut en attendre.

Les modalités de la surveillance à l'aide de sentinelles peuvent impliquer des actes techniques complexes, souvent répétés et qui sont très souvent coûteux, notamment lorsque l'acceptabilité est faible et que des compensations financières des éleveurs sont à mettre en place.

Dans une fonction sentinelle, les éléments potentiellement les plus coûteux sont :

- Les visites d'investigation par la prise en charge des déplacements et la rétribution du personnel technique impliqué ;
- Les analyses de laboratoire, notamment lorsqu'elles ne peuvent être effectuées en routine ;
- Les compensations matérielles ou financières mises en place pour améliorer l'acceptabilité du dispositif.

Pour déterminer l'acceptabilité de ce coût il est nécessaire de le mettre en rapport avec l'efficacité du dispositif, notamment en termes de sensibilité. Un déficit de sensibilité d'un dispositif coûteux conduirait à remettre en cause son opportunité.

Il faut également rapprocher ce coût des dépenses supplémentaires qui seraient occasionnées si le dispositif de surveillance n'existait pas et si l'alerte précoce ne pouvait être déclenchée (dans le cas d'une maladie animale mais également dans celui d'une zoonose)

Enfin, ce coût est à comparer au coût d'autres dispositifs de surveillance qui poursuivraient des objectifs analogues avec des

performances similaires ou éventuellement meilleures. Ainsi, la surveillance clinique passive du virus West-Nile sur les chevaux en Camargue a un coût moins élevé que la

surveillance par des oiseaux sentinelles avec des performances similaires en termes d'alerte pour la santé publique.

V - CONCLUSION

Les critères de qualité des systèmes sentinelles peuvent être assez facilement déterminés en reprenant les critères qualitatifs communément utilisés pour l'analyse de dispositifs de surveillance. Cette analyse doit conduire les responsables de la mise en place d'une surveillance à l'aide de sentinelles à prendre une décision argumentée sur les raisons du choix ou de l'abandon de cette modalité de surveillance.

Certains de ces critères sont particulièrement importants et constituent donc des « points critiques » de la mise en œuvre de ce type de surveillance.

Il s'agit en premier lieu de l'acceptabilité qui est souvent réduite par la force des contraintes techniques et organisationnelles qu'impose la surveillance à l'aide de sentinelles.

Il faut mentionner ensuite la faisabilité technique qui peut se heurter à l'éloignement des sentinelles, aux contraintes d'investigation et aux difficultés de la mise en œuvre du diagnostic qui rendent difficile la réalisation de la surveillance aux fréquences qu'impose l'objectif de détection précoce souvent prioritaire.

La pertinence des modalités de surveillance à l'aide de sentinelles par rapport aux objectifs est enfin un élément important trop souvent négligé.

Afin d'apporter une approche positive en miroir à ces points critiques, on pourrait dessiner le « portrait robot » d'une « bonne » fonction sentinelle ; ainsi, il faudrait que les sentinelles soient :

- Représentatives de la population ciblée dans la zone considérée ou représentatives des populations les plus à risque (selon les objectifs) ;
- Réceptives et sensibles à la maladie, assurant une manifestation précoce de signes détectables (clinique, indicateurs biologique facilement mesurables) ;
- Faciles à prélever ou observer (disponibilité des animaux, disponibilité et acceptabilité des éleveurs) pour pouvoir être soumises à des prélèvements régulièrement voire fréquemment ;
- L'indicateur mesuré doit être facile à collecter, peu coûteux à acheminer (conditionnement, transport) et facile à analyser (accessibilité et coût de la technique) ;
- Par ailleurs, il faut qu'il n'existe pas d'autre modalité de surveillance moins coûteuse et plus fiable qui puisse être mise en œuvre ;
- Enfin, les résultats et modalités de la surveillance doivent être régulièrement revus pour vérifier leur adéquation aux objectifs.

BIBLIOGRAPHIE

Buehler J. W., R.S. Hopkins *et al.* - Framework for Evaluating Public Health Surveillance Systems for Early Detection of Outbreaks. *Morbidity and Mortality weekly report*, 2004, **53**(RR-05), 1-11.

CDC - Updated Guidelines for Evaluating Public Health Surveillance Systems -

Recommendations from the Guidelines Working Group. *Morbidity and Mortality weekly report*, 2001, **50**(RR-13), 51.

Delattre P., Duplantier J.M., Fichet-Calvet E., Giraudoux P. - Pullulation de rongeurs, agriculture et santé publique. *Cahiers agriculture*, 1998, **7**, 285-98.

- DGAL, FCO - Surveillance sentinelle du territoire. Note de service DGAL/SDSPA/N2008-8289, 19 novembre 2008. 8p.
- FAO - Surveillance de la fièvre de la vallée du Rift en Afrique de l'Ouest en 2004. *Empress Bulletin des maladies animales transfrontières*, 2005, **27** (octobre 2004-janvier 2005), 8-11.
- Fouqueray C. (2008). Le chien, sentinelle d'exposition ou d'effet sanitaire pour l'homme. Application aux polluants chimiques de l'environnement. Paris, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Thèse de doctorat vétérinaire, 2008, 126 p.
- Gerbier G, Biteau-Coroller F, Grillet C, Parodi J, Zientara S, Baldet T, Guis H, Roger F. - Description of the outbreak of bluetongue in Corsica in 2003, and lessons for surveillance. *Vet. Rec.*, 2008, **162** (6), 173-176.
- Hars J., Ruelle S., Benmergui M., Fouque C., Fournier J-Y., Legouge A., Cherbonnel M., Baroux D., Dupuy C., Jestin V. - Rôle épidémiologique du cygne tuberculé et des autres anatidés dans l'épisode d'influenza aviaire H5N1 HP dans la Dombes en 2006. *ONCFS Rapport scientifique 2006*, 2007, 54-63.
- Hars J., Mortamais M., Pradel J., Auge P., Jourdain E., Chavernac D., Languille J., Zeller H. - Circulation du virus West Nile dans l'avifaune française. Bilan de sept années de surveillance. *Epidémiol. et santé anim.*, 2008, **53**, 29-41.
- James A. D. - Guide pour la surveillance épidémiologique de la peste bovine. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 1998, **17** (3), 810-824.
- Leblond A., Hendriks P. & Sabatier P. - West Nile virus outbreak detection using syndromic monitoring in horses. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, doi:10.1089/vbz.2006.0593, 2007, **7**, 403-410.
- Lecollinet S., Lefrançois T., Durand B., Leblond A., Dauphin G., De Goer J., Zientara S. - Surveillance de l'infection équine à virus West Nile en France. Bilan 2000-2007. *Epidémiol. et santé anim.*, 2008, **54**, 69-80.
- Nugent G, Whitford J, Young N. - Use of released pigs as sentinels for Mycobacterium bovis. *J. Wildl Dis.*, 2002, **38** (4), 665-77.
- OMS - Protocol for the assessment of national communicable disease surveillance and response systems, Guidelines for assessment teams. Genève, Organisation Mondiale de la Santé, 2001, 122.
- OMS - Aperçu du cadre OMS pour le suivi et l'évaluation des systèmes de surveillance et d'action concernant les maladies transmissibles. *Relevé épidémiologique hebdomadaire*, 2004, **79** (36), 322-326.
- Zientara S., Lecollinet S., Breard E., Sailleau C., Boireau P. - La fièvre du Nil occidental et la fièvre catarrhale ovine, deux viroses en progression inattendue. *Bull. Acad. Vét. France*, 2009, **162** (1), 73-87.

