

# SURVEILLANCE DES MALADIES VECTORIELLES : MÉTHODES, AVANTAGES ET LIMITES

## MONITORING OF VECTOR-BORNE DISEASES: METHODS, STRENGTHS / WEAK POINT

Par Barbara DUFOUR<sup>(1)</sup>, Pascal HENDRIKX<sup>(2)</sup> et Agnès LEBLOND<sup>(3)</sup>  
(Communication présentée le 29 janvier 2015)

### RÉSUMÉ

Les récents épisodes de maladies à transmission vectorielle en France au cours des dix dernières années ont illustré la nécessité de disposer de méthodes de surveillance performantes pour suivre l'apparition et/ou l'évolution de ces maladies. La surveillance épidémiologique permet de déceler l'apparition d'une maladie nouvelle ou exotique ou de suivre l'évolution de la situation épidémiologique d'une maladie déjà implantée sur un territoire afin d'adapter les méthodes de contrôle.

Les modalités de surveillance peuvent prendre diverses formes qui peuvent être combinées pour assurer le suivi d'une maladie : surveillance événementielle (encore appelée surveillance passive), surveillance programmée (ou surveillance active) et surveillance syndromique.

Les particularités de la surveillance des maladies à transmission vectorielle reposent sur la complexité fréquente de leurs cycles et sur la surveillance des vecteurs. La surveillance entomologique utilise des méthodes spécifiques qui sont quelque fois lourdes et coûteuses à mettre en œuvre. Elle permet de suivre la répartition géographique des vecteurs, les périodes d'activité vectorielle mais, en raison fréquemment d'une faible compétence vectorielle ne permet pas de suivre les maladies transmises par ces vecteurs.

**Mots-clés :** Surveillance épidémiologique, maladies à transmission vectorielle, surveillance vectorielle.

### SUMMARY

*Recent outbreaks of vector-borne diseases in France over the past decade have illustrated the need for efficient surveillance methods to monitor the onset and / or spread of these diseases.*

*Epidemiological surveillance can detect the emergence of new or exotic diseases or monitor the epidemiological situation of an already established disease in an area to adapt control measures. Epidemiological surveillance can take many forms that can be combined to monitor a disease: Event-driven surveillance (also called passive surveillance), programmed surveillance (or active surveillance) and syndromic surveillance.*

*The specificities of the vector-borne diseases surveillance are based on the frequent complexity of their epidemiological cycles and the surveillance of the vectors. Entomological surveillance uses specific methods that are sometimes heavy and expensive to implement. It can track the geographical distribution of vectors, periods of vector activity, but due to a frequently low vector competence, usually cannot monitor diseases transmitted by these vectors.*

**Key words :** *Epidemiological surveillance, vector-borne diseases, entomological surveillance.*

(1) ENVA- UPMC, UR EpiMAI USC Anses ; auteur correspondant : [bdufour@vet-alfort.fr](mailto:bdufour@vet-alfort.fr)

(2) DL-UCAS, Anses.

(3) INRA UR 346 Animal Epidemiology et Département Hippique, VetAgroSup, Marcy L'Étoile, France.

Les récentes épidémies de fièvre du Nil occidental (West Nile) en Amérique du Nord en 2000, de Chikungunya à la Réunion en 2005, l'épizootie européenne sans précédent de fièvre catarrhale ovine (FCO) en 2006 en Europe, puis celle plus récente due au virus de Schmallenberg en 2011 indiquent clairement que les maladies à transmission vectorielle sont en plein essor. Les pays du Nord ne sont plus épargnés par ces fléaux qui se développent d'autant plus rapidement que les populations réceptives ne les ont jamais rencontrés auparavant. L'épizootie de FCO en Europe du Nord nous a appris que les vecteurs autochtones (en l'occurrence les culicoïdes) pouvaient tout à fait s'adapter à la transmission de nouveaux pathogènes. Les récents épisodes de Chikungunya autochtone en Italie du Nord en 2012 et 2014 et dans le Sud de la France en 2014 sont également le témoin que des vecteurs (dans ce cas *Aedes albopictus*) jusqu'ici cantonnés dans des pays du Sud sont en train de coloniser progressivement les pays du Nord.

Que ce soit à cause du réchauffement climatique qui favorise cette colonisation ou en raison de l'augmentation de l'importance et de la rapidité de la circulation des personnes et des animaux ou de vecteurs potentiellement infectés, le risque de développement de nouvelles maladies à transmission vectorielle est important dans l'avenir. Pour se préparer le mieux possible à ces nouveaux défis sanitaires, la surveillance épidémiologique est indispensable.

L'objectif de cet article est, après avoir rappelé les principales méthodes de surveillance, de faire le point sur la surveillance des maladies à transmission vectorielle, leurs particularités, leurs avantages et leurs limites. Les perspectives sont également évoquées.

## LA SURVEILLANCE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

La surveillance épidémiologique correspond à une « *méthode fondée sur des enregistrements permettant de suivre de manière régulière et prolongée l'état de santé ou les facteurs de risque d'une population définie, en particulier de déceler l'apparition de processus pathologiques et d'en étudier le développement dans le temps et dans l'espace en vue de l'adoption de mesures appropriées de lutte.* » (Toma *et al.* 2009).

Ses objectifs sont multiples : Il peut s'agir d'une alerte précoce en cas d'apparition d'une maladie exotique (FCO en 2006 en Europe par exemple) ou d'une nouvelle maladie (de Schmallenberg en 2011) ou du suivi de l'évolution de la situation épidémiologique d'une maladie déjà implantée sur le territoire de manière à pouvoir adapter les méthodes de lutte en fonction de leur impact (par exemple suivi de l'évolution de la situation du Chikungunya à la Martinique en 2015). En

fonction de ces objectifs il convient d'adapter les modalités de surveillance.

Celles-ci peuvent être diverses et, pour une même maladie, multiples (Dufour & Hendrikx, 2011):

- ainsi, la surveillance événementielle (encore appelée surveillance passive) consiste en la détection de cas suspects par des praticiens qui effectuent des prélèvements pour confirmation au laboratoire. De nombreuses maladies sont surveillées de cette manière, maladies exotiques (la fièvre aphteuse par exemple) ou non (FCO en Corse), maladies à transmission vectorielle (West Nile) ou maladies à transmission directe (brucellose). L'efficacité de ce type de surveillance repose sur la formation, la sensibilisation et la motivation des acteurs de terrain que sont les éleveurs et leurs vétérinaires. Il convient donc d'entretenir régulièrement cette motivation par une formation continue. Le coût de cette surveillance est réduit dans la mesure où elle s'effectue au fil des visites des vétérinaires. Elle peut concerner tout le territoire national et potentiellement tous les vétérinaires praticiens (surveillance de la brucellose des ruminants à travers les avortements) ou être limitée à un groupe de vétérinaires volontaires appelés « sentinelles » ou « vigies », comme le RESPE (Réseau d'épidémiosurveillance en pathologie équine). Dans ce cas, les données sont rarement le reflet exact de la situation de terrain car le volontariat peut biaiser la représentativité, mais en revanche, il est possible de recueillir plus d'informations sur chaque suspicion car les vétérinaires sentinelles acceptent volontiers de remplir des fiches assez détaillées.

- La surveillance programmée (ou surveillance active) consiste, à partir d'un échantillon préalablement choisi, dont on peut plus facilement assurer la représentativité, à effectuer des prélèvements et/ou des observations permettant en principe de connaître la prévalence de la maladie surveillée. Ce type de surveillance est forcément coûteux surtout quand la prévalence de la maladie surveillée est faible et conduit à sélectionner un échantillon de grande taille. Par ailleurs, elle ne permet pas la détection précoce des maladies exotiques dans la mesure où les prélèvements sont réalisés périodiquement (le plus souvent annuellement). Dans certains cas, cette surveillance programmée peut être focalisée sur des exploitations ou des animaux plus à risque (élevages et animaux sentinelles), afin d'améliorer la sensibilité du dispositif et de diminuer la taille de l'échantillon.

- La surveillance syndromique mérite également d'être signalée car elle correspond à deux modalités différentes d'action : d'une part, elle est une partie de la surveillance événementielle dans laquelle le praticien ne surveille pas une maladie précise mais un syndrome, par exemple, la surveillance des avortements des ruminants dont les causes peuvent être multiples : brucellose, fièvre Q, salmonelloses etc. et d'autre part, elle consiste en un système de traitement automatisé d'un ensemble de données (pas forcément uniquement sanitaires) permettant, en principe en temps réel, de détecter des ano-

malies (excès de cas par rapport à une norme) et de signaler une situation méritant d'être approfondie (Henning, 2004).

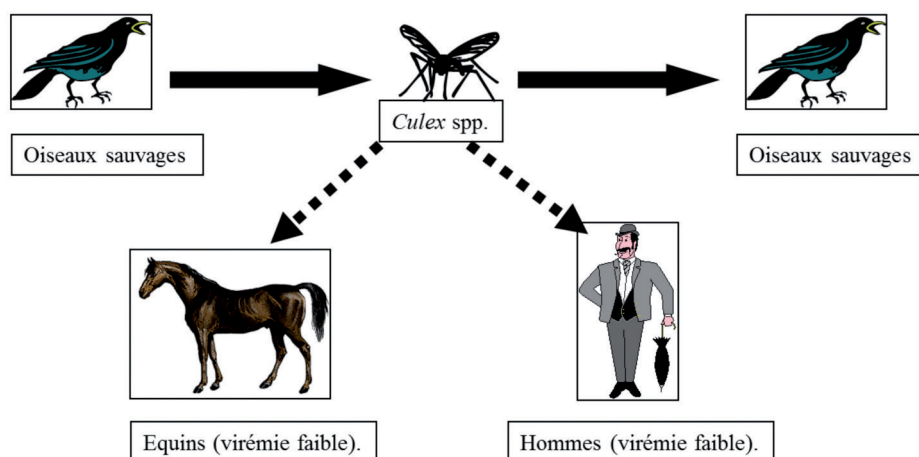
Certaines maladies sont surveillées par plusieurs modalités appelées alors « composantes de surveillance ». Ainsi, la brucellose bovine en France, maladie aujourd'hui exotique, est surveillée à la fois par une composante événementielle de type surveillance syndromique : la surveillance de tous les avortements et d'autre part, par une surveillance programmée de tous les élevages chaque année (prélèvement et analyse de 20 animaux de tous les troupeaux de bovins allaitants et d'un lait de mélange par an des troupeaux laitiers).

## PARTICULARITÉS DES MALADIES À TRANSMISSION VECTORIELLE

### Complexité des cycles épidémiologiques

Les maladies à transmission vectorielle ont souvent des cycles épidémiologiques complexes comprenant un réservoir, plusieurs hôtes et plusieurs vecteurs ; en conséquence, la surveillance de ces maladies peut s'intéresser aux différents hôtes ou même aux vecteurs et comprendre ainsi plusieurs composantes.

La surveillance de la fièvre du Nil occidental due au virus West Nile (VWN) est un exemple de surveillance d'une maladie vectorielle complexe. Cette maladie, réapparue en France en 2000 (Murgue *et al.* 2001) après presque 40 années de silence, se caractérise par le cycle épidémiologique représenté sur la *figure 1*.



*Figure 1* : Cycle épidémiologique simplifié de l'infection par le virus de la fièvre du Nil occidental (virus West Nile).

Il s'agit d'une arbovirose (maladie virale transmise de manière active par un vecteur) dont le réservoir est constitué par l'avifaune sauvage. Plusieurs vecteurs peuvent transmettre l'infection de manière biologique (après multiplication de l'agent pathogène dans le vecteur) mais les plus habituels sont des moustiques (*Culex pipiens* ou *modestus*). Le flavivirus

responsable de cette infection est assez peu spécifique de l'espèce et, occasionnellement, il peut infecter le cheval mais également l'Homme ; il s'agit donc d'une zoonose. Cheval et Homme sont alors des culs de sac épidémiologiques ne pouvant pas retransmettre l'infection ultérieurement en raison d'une virémie trop faible. L'infection, bien que souvent inapparente chez l'Homme, comme chez les chevaux, peut cependant entraîner des symptômes nerveux (méningite ou encéphalite), parfois létaux. Les chevaux semblent particulièrement sensibles au virus West Nile et sont souvent considérés comme des révélateurs de sa circulation. En revanche, chez les oiseaux en Europe, contrairement à l'Amérique du Nord, le virus de la fièvre à virus West Nile n'entraîne pas de mortalité importante (Guptill *et al.* 2003).

Les modalités de surveillance de cette infection sont multiples. Ainsi, il est possible de surveiller le réservoir naturel de l'infection que sont les oiseaux, les chevaux comme hôtes occasionnels, les vecteurs ou les manifestations cliniques chez l'Homme.

### La surveillance des oiseaux

La surveillance des oiseaux s'effectue par la recherche d'une mortalité anormale (surveillance événementielle) ou par la surveillance programmée des animaux dits sentinelles. En France, en 2000, le réseau SAGIR (réseau de surveillance de la mortalité dans la faune sauvage) est activé afin que les oiseaux trouvés morts fassent l'objet d'un diagnostic systématique de virus West Nile mais la mortalité de ces animaux étant faible en France, le réseau SAGIR n'a pas réussi à détecter la circulation virale à l'époque. En revanche, aux États Unis où la mortalité des oiseaux sauvages est importante, la détection de la circulation virale par leur taux de mortalité a permis de diffuser des messages de prévention à destination des propriétaires de chevaux et des populations humaines (Mostashari *et al.* 2003).

Une surveillance programmée d'oiseaux sentinelles a également été mise en place dès 2002 (Hars *et al.* 2008). Il s'agissait de « canards appelants » initialement contrôlés

par sérologie et mis en contact régulièrement (au cours de la chasse) avec des oiseaux sauvages, puis suivis mensuellement par sérologie. Cependant, le cumul des délais : délai lié au prélèvement (qui nécessite un temps de réalisation et du personnel qualifié empêchant la mise en place d'une fréquence soutenue), délai de conditionnement (laboratoire départemental) et délai relevant de l'analyse (laboratoire de

référence dont l'analyse sérologique de première intention n'est pas le métier), a fortement diminué les capacités de détection précoce de la circulation virale chez les oiseaux. Ainsi en 2004, les résultats de séroconversion des canards sentinelles ont été connus seulement quelques jours avant la confirmation par le laboratoire des premiers cas équins (Leblond, 2007). Les sentinelles ont, dans ce cas, surtout permis de renforcer le faisceau de présomption lorsque les suspicions équine sont apparues.

#### **La surveillance des chevaux.**

La surveillance des chevaux, espèce qui semble particulièrement sensible à l'infection par le virus West Nile s'effectue par surveillance événementielle des suspicions cliniques. Les chevaux atteints de West Nile clinique présentent en effet des troubles nerveux qui passent difficilement inaperçus. Par ailleurs, la valeur marchande et/ou affective des animaux conduit les propriétaires à consulter, le plus souvent rapidement, un vétérinaire dès la manifestation des symptômes nerveux. Cette surveillance, sous réserve que les vétérinaires soient sensibilisés au risque de la maladie, est d'une assez bonne sensibilité. L'efficacité et la précocité de ce type de surveillance pour la prévention des cas humains a conduit le Ministère en charge de l'agriculture à la privilégier et à abandonner la surveillance des oiseaux sentinelles en 2006.

Depuis 2003, le réseau « syndrome nerveux » du RESPE collecte les cas d'affection nerveuse observés chez les chevaux et déclarés par les vétérinaires sentinelles. Un test ELISA IgG West Nile est effectué chaque fois que du sang prélevé sur tube sec est fourni avec la déclaration.

Une surveillance programmée par analyse sérologique est également possible mais uniquement lors de la première épizootie de West Nile. En effet, lors des années ultérieures, les animaux ayant fait une infection (y compris inapparente) restent marqués sérologiquement. Par ailleurs, l'utilisation possible de vaccins interfère également avec ce type de surveillance. Il convient alors de cibler la détection des anticorps sur la présence d'IGM qui tracent une infection récente et permettent ainsi de différencier des événements contemporains d'infections plus anciennes.

#### **La surveillance des vecteurs.**

Par exemple, on peut faire référence aux observations réalisées par les offices régionaux de la santé (ORS) du sud du Manitoba (Canada) en 2013. Le nombre de moustiques *Culex tarsalis* capturés chaque semaine fournit une mesure relative du niveau d'activité de ces moustiques d'un office régional à l'autre au fil du temps ; il est le plus important en juillet et en août. Ces moyennes par ORS offrent une indication approximative du nombre de *Culex tarsalis* sur le territoire d'un ORS, car les nombres réels à des endroits particuliers varieront en fonction des conditions locales, de la température, des précipitations, etc. La présence du virus WN est détectée au plus dans une douzaine d'échantillons de ces moustiques adultes recueillis

dans la région d'un ORS <<http://www.gov.mb.ca/health/wnv/stats2013.fr.html>>

#### **La surveillance des cas humains.**

La surveillance des cas humains est trop tardive pour diffuser des messages de prévention. Elle consiste en la surveillance événementielle des cas cliniques graves dans la mesure où il est difficile de recenser et surtout d'analyser les signes plus légers qui se manifestent sous forme de « grippe d'été » pouvant, en l'absence d'analyse sérologique, être confondu avec toute une série d'autres maladies (arboviroses ou non). Ces signes graves sont de type méningitique ou encéphalique et conduisent à des hospitalisations. Cependant, il faut encore que des diagnostics de laboratoire viennent confirmer ces suspicions dans la mesure où ces symptômes peuvent être dus à de nombreuses autres causes. Lors de l'apparition de la maladie du West Nile en France en 2000, les définitions de cas suspects et de cas confirmés étaient les suivantes : Il s'agissait de personnes présentant une méningite ou une encéphalite et ayant séjourné les 15 jours précédents dans une zone où des cas équins avaient été enregistrés. Dans les cas suspects, on recherche d'abord les anticorps IgM anti-VWN dans le sérum par la technique ELISA. Si le test est positif, le diagnostic est confirmé par une des quatre techniques suivantes : isolement du VWN par culture à partir du sang ou du liquide céphalo-rachidien (LCR) ; détection de séquences du VWN (par RT-PCR puis séquençage), dans le liquide céphalorachidien (LCR) ou le sérum ; détection d'IgM anti-VWN dans le LCR par ELISA ; séroconversion ou multiplication par quatre du titre des anticorps IgG anti-VWN détectés par ELISA dans le sérum sur deux prélèvements consécutifs <<http://www.sante.gouv.fr/fievre-du-nil-occidental-ou-infection-par-le-virus-west-nile.html>>

#### **La surveillance vectorielle, ses modalités**

La surveillance des vecteurs repose sur le piégeage et l'identification des arthropodes récupérés, suivi éventuellement de la détection des pathogènes chez ces vecteurs.

**Pour les arthropodes volants**, Culicoïdes et divers « moustiques » (*Culex*, *Aedes*...), il s'agit de pièges lumineux attractifs posés le plus souvent pendant 12 à 24 heures dans un biotope choisi. Les insectes piégés sont récupérés morts, puis triés par genre à la loupe binoculaire. L'identification des espèces est réalisée soit d'après leur phénotype par des entomologistes, soit par les techniques de biologie moléculaire. Dans tous les cas, ces méthodes sont lourdes, très spécialisées, coûteuses et chronophages. La répartition et le choix des lieux de piégeage sont très importants dans la récupération des différentes espèces et le positionnement d'un piège à proximité d'une exploitation agricole ou en pleine forêt ne conduit pas au prélèvement des mêmes insectes.

**Pour les arthropodes aptères**, la collecte s'effectue par différentes méthodes. La méthode la plus commune est dite « au drapeau ». Elle consiste à tirer de manière régulière un drap



(pièce de tissu clair généralement d'un mètre carré) sur une surface de 10 mètres carrés. Les tiques prenant le drapeau pour un hôte viennent s'accrocher sur le tissu. Le drap est ensuite inspecté afin de compter le nombre de tiques et de les prélever. Une variante, la collecte dite « en marchant » conduit à récupérer des tiques sur une étoffe enserrant la jambe. La méthode des « puits de carbone » est quelquefois utilisée. Il s'agit de boîtes remplies de glace carbonique qui diffuse du CO<sub>2</sub>. Les tiques sont attirées par l'émission de carbone et sont piégées par un ruban adhésif disposé près de la source de carbone (Boyard, 2007).

## AVANTAGES ET LIMITES

### Nombreuses possibilités de surveillance

#### Avantages

La complexité des cycles épidémiologiques des maladies à transmission vectorielle permet de disposer de plusieurs possibilités ou composantes de surveillance, pour la surveillance globale de ces maladies. Leur mise en œuvre est simultanée pour améliorer la détection globale de la maladie ou bien raisonnée en fonction de leur meilleur rapport coût/efficacité. Ainsi, pour l'infection par le virus de la fièvre du Nil occidental, les Américains (CDC, 2003) ont analysé la précocité des différentes composantes de surveillance (**figure 2**) et retenu la surveillance événementielle de la mortalité des oiseaux : elle est la plus efficace, notamment pour la diffusion de messages de prévention à l'attention des populations humaines.

#### Limites

La mise en œuvre de plusieurs composantes de surveillance améliore la sensibilité de détection du dispositif global mais, parallèlement, en augmente le coût et en complique la gestion. La plupart du temps, les différentes composantes ne sont

pas gérées par les mêmes organismes. Ainsi, dans le cas de la fièvre du Nil occidental en France, la surveillance des oiseaux est sous la responsabilité de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), celle des chevaux dépend du ministère en charge de l'agriculture, celle des vecteurs est assurée par l'Entente inter-départementale-Méditerranée de démoustication et la collecte des cas cliniques humains relève de l'institut de veille sanitaire. Pour tirer le meilleur parti des résultats de ces composantes, la coordination entre les acteurs est indispensable. Pour l'ensemble de ces raisons, les méthodes mises en œuvre ne permettent pas de signaler précocement l'apparition d'une maladie vectorielle sur un territoire ni même d'en suivre l'évolution.

### Surveillance vectorielle

#### Utilité

La surveillance vectorielle permet de faire un inventaire des espèces présentes sur les lieux de piégeage et d'avoir une idée de la répartition spatiale et de la dynamique des populations (Balenghein *et al.* 2010). Il est possible de mettre en évidence la colonisation de nouveaux territoires par certains vecteurs. La progressive colonisation du sud de la France par *Culicoides imicola*, vecteur privilégié de la FCO et de la peste équine, a ainsi été suivie depuis 2008. De même, l'arrivée, puis l'implantation d'*Aedes albopictus*, vecteur potentiel de la dengue et du chikungunya, ont été identifiées dans la région de Montpellier en 2011.

La surveillance vectorielle d'arthropodes volants donne également les moyens de préciser des périodes d'activité vectorielle, dont la détermination est nécessaire à la bonne gestion du risque des maladies, pour décider, par exemple, de diminuer la circulation des animaux réceptifs ou de les vacciner. En 2009, suite à l'épizootie de FCO, la surveillance entomologique des culicoïdes est réalisée à l'aide de 160 pièges lumineux disposés sur le territoire national selon la répartition présentée dans la **figure 3** : 840 000 culicoïdes ont été identifiés, appartenant à 69 espèces sur les 84 répertoriées en France (82 %) et les 1300 connues dans le monde (Balenghein *et al.* 2010). « La reprise de l'activité des *Culicoides* (correspondant à la présence d'au moins cinq femelles paires (c'est-à-dire des femelles ayant déjà effectué une ou plusieurs pontes) dans un piège) est constatée dès février dans l'extrême sud-ouest du territoire, début mars pour un petit quart sud-ouest, mi-mars pour la façade atlantique, fin mars pour l'est de la zone méditerranéenne, début avril pour la moitié ouest du territoire et mi-avril pour le reste du territoire... La reprise de l'activité est liée à la remontée des températures, ce qui explique les différences observées chaque année entre régions. (Balenghein *et al.* 2010 p.8).

#### Limites techniques

La lourdeur des opérations de collecte, du tri et de l'identification des arthropodes récupérés constitue une

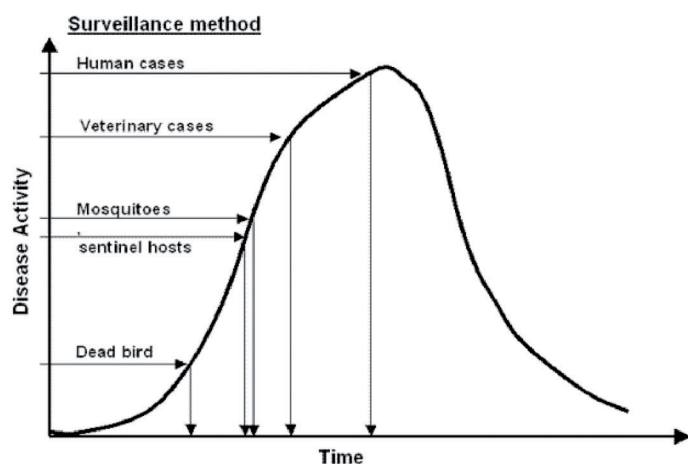


Figure 2 : Précocité de détection des différents composants de surveillance de l'infection par le virus West Nile aux USA (CDC 2003).

des limites de la surveillance vectorielle ; ces opérations nécessitent des compétences spécifiques et entraînent des coûts élevés de la surveillance.

Des limites sont également dépendantes des outils utilisés :



**Figure 3 :** Représentation de l'implantation géographique des 160 pièges assurant la surveillance vectorielle de la fièvre catarrhale ovine en 2009 (Balengheim et al. 2010).

- pour la surveillance des insectes volants, l'utilisation de pièges attractifs différents et le choix des lieux de pose des pièges, qui n'est pas standardisé entre les départements, introduisent des biais dans l'évaluation de la densité vectorielle ;
- Pour les arthropodes aptères, la méthode du drapeau, même peu standardisée, donne une indication sur le risque d'être mordu, mais elle ne reflète qu'imparfaitement le nombre de tiques en circulation dans le milieu examiné (Boyard, 2007). Son évaluation est biaisé par la densité d'hôtes disponibles et par le rythme de l'alternance des phases d'activité exophiles et des phases de réhydratation au sol des tiques. Toutes les tiques ne sont pas à l'affût en même temps et une partie de celles qui se sont accrochées peuvent se décrocher ; aussi estime-t-on que la méthode du drapeau permet d'échantillonner environ 10% des tiques présentes au sol. La récupération des tiques dépend aussi de leur stade d'évolution : les larves, à l'affût sur les herbes à un niveau moins élevé que les adultes et les nymphes, ont une plus faible probabilité à être entraînées par le drapeau.

Enfin, la compétence vectorielle, capacité du vecteur à s'infecter, à répliquer le virus et à l'excréter à l'occasion d'un repas

sanguin ultérieur est faible, de quelques pour cent à moins de 1%.

Du fait de l'ensemble de ces limites, ces méthodes ne permettent pas de détecter précocement l'apparition d'une maladie vectorielle sur un territoire ou même d'en suivre l'évolution.

## PERSPECTIVES

La surveillance des maladies à transmission vectorielle repose sur différentes composantes, ce qui multiplie les possibilités de détection et de suivi. Parmi celles-ci, la surveillance des vecteurs, si elle n'est pas l'outil pour un suivi précis d'une maladie, permet de définir des zones à risque, soit connues mais concentrant des densités importantes d'arthropodes vecteurs, soit nouvellement colonisées par ces vecteurs. Elle conduit à davantage focaliser l'attention sur ces zones et à mettre en œuvre des méthodes de surveillance basées sur le risque.

La survie et la multiplication des insectes vecteurs, dépendent de l'environnement. Ils sont généralement de petits arthropodes extrêmement sensibles à l'humidité et à la température tout au long de leur cycle de vie. Les systèmes de surveillance des vecteurs et le recueil des paramètres conditionnant leur biotope, associés à la mise en œuvre, en parallèle, d'enquêtes sérologiques et au recrutement de cas cliniques doivent aboutir à une analyse des facteurs de risque de la circulation virale et fournir une alerte précoce. Par ailleurs, la présence et l'évolution des vecteurs dépendent du climat et les différents biotopes concernés. L'influence des facteurs environnementaux sur la multiplication des vecteurs est à poursuivre. Dans l'avenir, la meilleure connaissance des biotopes et des conditions de survie des vecteurs devrait permettre d'ouvrir de nouveaux champs utiles pour la surveillance, avec le suivi des conditions météorologiques, notamment dans les zones géographiques où les conditions environnementales sont favorables au développement des vecteurs. L'identification de paramètres environnementaux favorables à la transmission permet également d'élaborer des modèles prévisionnels spatialisés qui restent cependant à valider (Pradier *et al.* 2008).

Avec des techniques telles que la télédétection, les analyses spatiales et les systèmes d'information géographique (SIG), on peut aussi espérer de meilleures performances dans l'analyse des relations complexe entre maladie, hôte et environnement (Leblond *et al.* 2007b).

## BIBLIOGRAPHIE

- Boyard C. 2007. Facteurs environnementaux de variation de l'abondance des tiques *Ixodes ricinus* dans des zones d'étude modèles en Auvergne. Thèse d'université, Université Blaise Pascal (Clermont Ferrand II), 229 pages.
- Balenghien T, Garros C, Mathieu B, Setier-Rio M-L, Allène X, Gardes L *et al.* La surveillance des Culicoides en France. Bulletin épidémiologique de l'AFSSA N° 35/Hors-série/Spécial FCO. 2010.
- [En ligne]. Disponible sur : <<http://www.afssa.fr/Documents/BEP-mg-BE35-art3.pdf>>
- CDC. Centers for Diseases Control and Prevention. Epidemic/epizootic West-Nile virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention and Control. 3rd revision. 2003; 77 pp.
- Dufour B & Hendrikx P. La surveillance épidémiologique en santé animale. 3<sup>ème</sup> édition Cirad ed. 2011: 341 pages.
- Guptill SC, Julian KG, Campbell GL, Price SD, Martin AA. Early-season avian deaths from West-Nile virus as warning of human infection. *Emerging Infectious disease* 2003 ; 9: 483-4.
- Hars J, Mortamais M, Pradel J, Auge P, Jourdain E, Chavernac D *et al.* Circulation du virus West Nile dans l'avifaune française. Bilan de sept années de surveillance. *Epidémiol et santé anim.* 2008; 53:29-41.
- Henning K J. Overview of syndromique surveillance. What is a syndromique surveillance? *Morb Mortal Wkly Rep (MMWR)* 2004; 53 Suppl: 5-11.
- Leblond A, Hendrikx P, Sabatier P. West Nile virus outbreak detection using syndromic monitoring in horses. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007a Fall; 7(3): 403-10.
- Leblond A, Sandoz A, Lefebvre G, Zeller H, Bicout DJ. Remote sensing-based identification of environmental risk factors associated with West Nile Virus circulation in Camargue, France. *Prev Vet Med.* 2007b; 79: 20-31.
- Mostashari F, Kulldorff M, Hartman JJ, Miller JR, Kulasekera V. Dead bird clusters as an early warning system for West Nile virus activity. *Emerg Infect Dis.* 2003; 9(6): 641-6.
- Murgue B, Murri S, Zientara S, Durand B, Durand JP, Zeller H. West Nile outbreak in Horses in the Southern France 2000. The return after 35 years. *Emerg Infec Dis.* 2001; 7: 692-6.
- Pradier S, Leblond A, Durand B. Land cover, landscape structure, and West Nile virus circulation in southern France. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* 2008; 8: 253-64.
- Toma B, Dufour B, Béné J, Sanaa M, Shaw A, Moutou F. *Épidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies transmissibles majeures*, 3<sup>ème</sup> ed. Maisons-Alfort : Association pour l'étude de l'épidémiologie des maladies animales ; 2009. 600 pages.