# Bulletin épidémiologique

## Santé animale - alimentation

Janvier 2015/numéro 66

Spécial vigilance vis-à-vis des maladies exotiques


4 Veille sanitaire et émergence - concepts et définition
7 Espèces envahissantes
10 Organisation mondiale de la santé animale
14 Organisation mondiale de la santé
16 Veille sanitaire internationale
19 Maladies animales émergentes ou exotiques
23 La politique du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
26 Surveillance entomologique
30 Le Centre national d'expertise sur les vecteurs
30 *Aedes albopictus*
33 *Aedes japonicus*
34 VBORNET
34 VECTORNET
34 EDENEXT
35 Le réseau Sagir
40 Maladies exotiques liés à l'importation de chauves-souris
44 Nouveaux animaux de compagnie
46 Animaux de compagnie et risques zoonotiques
46 Importations d'animaux non-domestiques
47 Agrément aux échanges
48 Importation de gibier sauvage d'élevage et de repeuplement
51 Les nouvelles technologies de l'information
55 La surveillance syndromique
60 Arboviroses zoonotiques
66 La fièvre de West Nile
69 Importation d'un cas de surra
70 *Leishmania*
71 La dourine en Italie
72 La fièvre de la Vallée du Rift dans l'océan Indien
75 Fièvre catarrhale ovine - Europe et Bassin méditerranéen


Sommaire détaillé en page 3

## ÉDITORIAL

Lorsque nous avons, avec le Comité de rédaction du *Bulletin Epidémiologique*, projeté de réaliser ce numéro spécial consacré à la vigilance vis-à-vis des maladies « exotiques » (du grec *exôticos*, étranger) que le dictionnaire Robert défini comme ce *« qui provient des pays lointains et chauds »*, nous nous sommes rapidement aperçus que le sujet était plus vaste et compliqué que nous ne l'avions pensé. Nous avons donc listé les sujets possibles, les auteurs potentiels, et nous avons commencé à organiser l'ensemble en rassemblant les contributions en « chapitres » cohérents : aspects généraux, outils de la vigilance, vecteurs et maladies vectorielles, etc. L'organisation de cet ensemble d'idées et de notes est représentée dans la carte heuristique en quatrième de couverture (dont la paternité du concept est attribuée par certains historiens à Aristote), et repris de manière plus traditionnelle dans le sommaire détaillé. Chacun pourra y ajouter à sa guise telle ou telle idée et, éventuellement, nous la renvoyer. En faisant cela nous-mêmes, nous avons par exemple ajouté *in extremis*, à la branche des facteurs de risque, la libre circulation à l'intérieur de l'Union européenne des animaux de compagnie les plus nombreux – chiens et chats.

Nous remercions très sincèrement les nombreux auteurs qui ont bien voulu consacrer un peu de leur temps précieux à réfléchir, rassembler et écrire, pour vous, cette trentaine d'articles, de brèves et d'encadrés.

Certains aspects n'ont pas pu être traités par manque d'auteurs disponibles, comme le risque d'importation de maladies exotiques par l'arrivée en Europe d'animaux de zoos – le cadre réglementaire étant néanmoins évoqué –, ou parce que nous n'avons pas souhaité traiter ici de l'actualité, comme la résurgence de l'influenza aviaire hautement pathogène à sérotype H5N8 en Europe occidentale ou l'émergence du virus hautement pathogène de la diarrhée épidémiologique porcine en Amérique du Nord. En effet notre objectif n'était pas de tout traiter dans un seul numéro, mais bien d'aborder les différentes facettes de la problématique. Ces thématiques d'actualité ont déjà fait l'objet d'articles dans le *BE* et de prochains articles y seront consacrés.

Le Comité éditorial *ad hoc*

SOMMAIRE DÉTAILLÉ *TABLE OF CONTENTS*

## Spécial vigilance vis-à-vis des maladies exotiques


| | |
|---|---|
| 4 | Veille sanitaire et émergence des maladies infectieuses chez l'animal et l'Homme – concepts et définitions<br>*Health surveillance and the emergence of infectious diseases in animals and humans - concepts and definitions* |
| 7 | Espèces envahissantes et risques d'introduction de maladies exotiques<br>*Invasive alien species and the related risk of introducing exotic diseases* |
| 10 | L'Organisation mondiale de la santé animale et la vigilance vis-à-vis des maladies animales transfrontalières<br>*The World Organization for Animal Health and transboundary animal disease vigilance* |
| 14 | De la première conférence sanitaire internationale à la création de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)<br>*From the first international health conference to the creation of the World Health Organization (WHO)* |
| 16 | Des laboratoires de référence à la veille sanitaire internationale en France<br>*From reference laboratories to international health surveillance in France* |
| 19 | Prévention et préparation à la maîtrise des maladies animales émergentes ou exotiques susceptibles d'être introduites en France<br>*Prevention and preparation for control of emerging or exotic animal diseases likely to be introduced into France* |
| 23 | La politique du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt en matière de prise en compte des émergences : les acquis des États généraux du sanitaire<br>*Health policy of the French Ministry of Agriculture and emerging diseases: the gains from the National Consultation on the Health Sector* |
| 26 | Surveillance entomologique des vecteurs<br>*Entomological surveillance of vectors* |
| 30 | Brève. Le Centre national d'expertise sur les vecteurs<br>*Short item. The French National Centre for Expertise on Vectors* |
| ***30*** | *Aedes albopictus* et le risque arbovirus en France métropolitaine : la nécessité d'une surveillance intégrée<br>*Aedes albopictus and arboviral risk in metropolitan France: the need for integrated surveillance* |
| 33 | Brève. *Aedes japonicus* : une autre espèce exotique invasive récemment détectée en Alsace<br>*Short item.* Aedes japonicus*: another invasive exotic species recently detected in Alsace, France* |
| 34 | Brève. VBORNET<br>*Short item. VBORNET* |
| 34 | Brève. VECTORNET<br>*Short item. VECTORNET* |
| 34 | Brève. EDENext : Biologie et contrôle des infections à transmission vectorielle<br>*Short item. EDENext : Biology and control of vector-borne infections* |
| 35 | Le réseau Sagir : un outil de vigilance vis-à-vis des agents pathogènes exotiques<br>*The Sagir network: a vigilance tool to combat exotic pathogens* |
| 40 | Risques d'introduction de maladies exotiques liés à l'importation de chauves-souris et de leurs produits<br>*Risks of the introduction of exotic diseases associated with imports of bats and their products* |
| 44 | Nouveaux animaux de compagnie et risque d'importation de maladies exotiques<br>*Exotic pets and the risk of exotic diseases* |
| 46 | Brève. Animaux de compagnie et risques zoonotiques liés aux voyages dans l'Union européenne<br>*Short item. Pets and zoonotic risks related to intra-EU travels* |
| 46 | Brève. Importations d'animaux non domestiques en provenance de pays tiers – éléments réglementaires<br>*Short item. Import of non-domestic animals from third countries – regulatory focus* |
| 47 | Brève. Agrément aux échanges pour les Parcs zoologiques : quelle obligation ?<br>*Short item. Trade and authorisation for zoological parks: what are the obligations?* |
| 48 | Risques sanitaires liés à l'importation de gibier sauvage d'élevage et de repeuplement<br>*Health risks associated with importing wild game for farming or restocking supplies* |
| 51 | Les nouvelles technologies de l'information appliquées à la vigilance en santé animale<br>*New information technologies applied to animal health surveillance* |
| 55 | La surveillance syndromique peut-elle renforcer la détection précoce des maladies exotiques ou émergentes ?<br>*Would early detection of exotic or emerging diseases be improved by syndromic surveillance?* |
| 60 | Identification de zones à risque d'introduction de quatre arboviroses zoonotiques dans l'Union européenne par le commerce des animaux vivants<br>*Identification of zones at risk from the introduction of four zoonotic arboviruses in the European Union* via *the trade in live animals* |
| 66 | La fièvre de West Nile dans le Bassin méditerranéen<br>*West Nile fever in the Mediterranean Basin* |
| 69 | Brève. Importation d'un cas de surra en France par un dromadaire en 2006<br>*Short item. Importation of surra* via *a camel in France in 2006* |
| 70 | Brève. Existe-t-il un risque d'installation d'une nouvelle espèce de *Leishmania* en France méditerranéenne ?<br>*Short item. Is there a risk of establishment of a second* Leishmania *species in Southern France ?* |
| 71 | Brève. La dourine en Italie<br>*Short item. Dourine in Italy* |
| 72 | La fièvre de la Vallée du Rift à Mayotte : de la surveillance à la détection du génome viral<br>*Rift valley fever in Mayotte: from detection to detection of viral genome* |
| 75 | Fièvre catarrhale ovine en Europe et dans le Bassin méditerranéen : situation actuelle et expérience acquise des émergences précédentes<br>*Bluetongue in Europe and the Mediterranean basin: current situation and experience gained from previous emergences* |


Le *Bulletin épidémiologique* est une publication conjointe de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail et de la Direction générale de l'alimentation du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt.

# Veille sanitaire et émergence des maladies infectieuses chez l'animal et l'Homme – concepts et définitions

Jean-Claude Desenclos (1) (jc.desenclos@invs.sante.fr), Didier Calavas (2)
(1) Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France
(2) Anses, Laboratoire de Lyon, France

**Résumé**
**Cet article propose une définition des maladies infectieuses émergentes et les modalités que peut prendre l'émergence. Les déterminants de l'introduction de nouveaux agents pathogènes et de leur émergence sont présentés en s'appuyant sur une approche écologique du concept de barrières d'espèces. Enfin, face au caractère inéluctable et imprévisible des émergences à venir, il convient de poser des principes d'action en termes de veille, de préparation et de réponse.**

**Mots-clés**
**Veille sanitaire, maladies infectieuses émergentes, zoonoses**

***Abstract***
***Health surveillance and the emergence of infectious diseases in animals and humans - concepts and definitions***
***This article proposes a definition of emerging infectious diseases and the forms emergence can take. The determinants for the introduction of new pathogens and their emergence are presented based on an ecological approach to the concept of species barriers. Finally, faced with the inevitability and unpredictability of future emergence, it seems necessary to establish principles for action in terms of surveillance, preparation and response.***

***Keywords***
***Health surveillance, Emerging infectious diseases, Zoonoses***

À la fin des années 1970, on a parlé « de la fin des maladies infectieuses ». Quinze à vingt ans plus tard, avec l'arrivée du sida et la découverte de nouveaux agents infectieux, le « retour des maladies infectieuses » a été annoncé. Les infections émergentes étaient nées. Le dictionnaire Larousse définit l'émergence comme ce qui « dépasse le niveau moyen, retient l'attention ou sort du lot… ». En terme épidémiologique il s'agit d'une maladie qui apparaît ou dont l'incidence augmente en un lieu donné, quelles qu'en soient les causes. Les infections dont l'incidence pourrait augmenter du fait de conditions propices à leur transmission doivent y être ajoutées (Desenclos 2005 *et al.*, Morse, 1995) et sont alors qualifiées de *potentiellement* émergentes.

Différents scénarios peuvent être proposés (Desenclos *et al.*, 2005), selon que la maladie apparaît *de novo* (sida, SRAS, maladie de Schmallenberg), apparaît dans une zone géographique où elle n'existait pas (infection par le virus West Nile aux États-Unis, variant du virus de la diarrhée épidémique porcine en Amérique du Nord en 2013…), sort plus ou moins rapidement des fluctuations habituelles connues (épidémie/épizootie), est causée par un agent dont les conditions de transmission sont propices à sa résurgence (baisse de la couverture vaccinale…). Le bioterrorisme fait partie des scénarios d'émergence. Des évolutions qualitatives des agents infectieux (résistance aux anti-infectieux…) peuvent par un mécanisme de sélection donner lieu à des émergences. On parle aussi d'émergence de tel ou tel phénomène de résistance (à un produit thérapeutique en particulier), sans que l'incidence de la maladie ne soit augmentée.

Les émergences infectieuses résultent des interactions entre l'agent, l'hôte et l'environnement qui évolue, en particulier avec l'activité humaine. De nombreuses publications considèrent aujourd'hui que les risques d'émergence de maladies infectieuses sont en augmentation, du fait de la « mondialisation » avec l'accroissement de la circulation des biens et des personnes, et de l'évolution des écosystèmes liée à l'activité humaine et au changement climatique. Lorsque l'on parle d'émergence d'infections tropicales ou « exotiques », on renvoie à des particularités géographiques, climatiques et écologiques, négligeant parfois la capacité fondamentale d'adaptation des agents infectieux à des hôtes et à des environnements différents. Plusieurs exemples récents (dengue, chikungunya, infection par le virus West Nile) comme historiques (la dengue en Grèce en 1927-28) démontrent que les maladies qualifiées d'exotiques et tropicales ne se cantonnent pas à ces territoires. La circulation des personnes et des biens, les modifications des écosystèmes, les nouvelles conditions climatiques, les mutations et recombinaisons génétiques des agents pathogènes lors des changements d'hôtes ou de vecteurs, sont des conditions favorisant la diffusion transfrontalière et internationale des maladies.

La définition d'une infection émergente est complexe car en pratique les infections qualifiées d'émergentes ne se résument pas à celles qui sont réellement nouvelles. Un groupe de travail sur les infections émergentes réuni par le ministère chargé de la Recherche en 2006 en a proposé la définition suivante : « *Phénomène infectieux (présumé comme tel) inattendu en référence à ses propriétés intrinsèques ou les connaissances de sa biologie touchant l'homme, l'animal ou les deux. Habituellement, il existe une incertitude réelle ou perçue quant au potentiel évolutif, la maîtrise du phénomène et son impact en santé publique. Cette incertitude touche à des degrés et dans des logiques différentes le public, les usagers, gestionnaires, politiques et professionnels de santé… L'émergence infectieuse peut correspondre à une entité clinique nouvellement apparue ou identifiée, une entité pathologique infectieuse connue dont l'incidence augmente dans un espace ou dans un groupe de population donné, d'une modification qualitative et/ou quantitative des caractéristiques de l'agent, de la maladie ou de la population touchée et de son environnement. Enfin, dans une optique d'anticipation, il peut s'agir d'une maladie identifiée dont les conditions d'expansion deviennent favorables* ».

Si la réalité de l'augmentation des infections émergentes est une question qui reste un sujet de controverse et qu'il conviendrait de quantifier dans l'amplitude et la forme (augmentation linéaire, exponentielle ?), il n'en reste pas moins que bon nombre d'exemples récents d'émergences chez l'animal ou l'Homme, en lien avéré ou supposé avec des facteurs liés à la mondialisation ou l'évolution des écosystèmes, viennent nourrir ce questionnement. La définition proposée ci-dessus offre l'avantage d'intégrer la dimension sociale (perception, représentation, communication…). Par exemple la découverte de nouveaux agents infectieux responsables d'une pathologie infectieuse connue sans que l'on pouvait en faire auparavant le diagnostic étiologique crée l'émergence d'une nouvelle entité qui peut alors prendre brutalement une dimension médicale et socio-politique très importante comme ce fut le cas lors de la découverte du virus de l'hépatite C en 1989 (Desenclos *et al* 2005). Cette définition introduit aussi une dimension qualitative, un agent infectieux pouvant ne pas augmenter quantitativement dans une population donnée mais prendre des caractéristiques nouvelles qui posent problème, tel que la résistance à des agents infectieux, ou l'échappement à des mesures de prévention tel que la vaccination.

L'émergence peut être décomposée en trois phases (Desenclos *et al.*, 2005) :

- l'introduction de l'agent infectieux dans une population, qu'il soit nouveau ou pas,
- sa diffusion au sein de celle-ci,
- et son éventuelle pérennisation, cette dernière phase correspondant à une « émergence réussie ».

Cette distinction en trois phases, si elle est schématique, offre un modèle simple propice à l'action. Il est en effet raisonnable de penser qu'une infection qui émerge, détectée au stade de son introduction sera beaucoup plus facile à contrôler, qu'au stade de la diffusion et *a fortiori* au stade de sa pérennisation. Il convient donc de développer des travaux de recherche et des stratégies de réponse basées sur des dispositifs de veille et de réaction permettant d'appréhender les risques d'émergence des maladies infectieuses dès le stade de l'introduction. C'est cette stratégie qui prévaut pour les infections humaines telles que les infections vectorielles comme le chikungunya, la dengue ou l'infection à virus West Nile, mais aussi pour les infections à entérobactéries résistantes aux carbapénémases importées dans les hôpitaux depuis une zone d'endémie, ou l'infection à virus Ebola en provenance des pays d'Afrique de l'Ouest en situation épidémique. Chez l'animal, une approche similaire peut être utilement modélisée (voir par ex. l'article de B. Durand *et al.* dans ce même numéro sur les risques d'introduction de quatre maladies virales des équidés en Europe). De manière générale, des études fondées sur l'analyse de bases de données sur les échanges d'animaux entre pays, sur les mouvements d'espèces sauvages hôtes (par ex. l'avifaune sauvage dans le cas des virus influenza), sur la présence et l'aire de répartition de vecteurs réceptifs (par ex. la présence de tiques molles dans le Sud-ouest de la France et leur réceptivité potentielle vis-à-vis du virus de la fièvre hémorragique Crimée-Congo) peuvent contribuer à identifier des circonstances à risque d'introduction et de diffusion de nouveaux agents pathogènes, et ainsi orienter la surveillance et les actions de maîtrise : sensibilisation ciblée des acteurs, voire programmes ciblés de surveillance programmée.

Une condition fondamentale pour que cette stratégie de détection et d'action précoces soit efficace est de disposer d'une infrastructure de santé publique opérationnelle, disposant de systèmes de surveillance et de veille performants, et ceci en santé animale comme en santé humaine, avec une interaction organisée entre les deux (pour ce qui relève des zoonoses). Par surveillance on entend le *« processus de collecte systématique, organisé et continu de données de santé ainsi que leur analyse, interprétation et dissémination dans une perspective d'aide à la décision et d'évaluation »* (Dabis et Desenclos, 2012). La veille correspond à la généralisation du principe de surveillance à l'ensemble des signaux pouvant faire craindre un danger ou une menace dans une perspective de sécurité sanitaire et peut être définie comme *« la collecte, l'analyse et l'interprétation en continu par les structures de santé publique des signaux pouvant représenter un risque pour la santé publique dans une perspective d'anticipation, d'alerte et d'action précoce »* (Dabis et Desenclos, 2012). Elle repose sur l'analyse réactive des signaux, qu'ils proviennent de systèmes de surveillance structurés, de signalement d'événements inhabituels en provenance des professionnels de la santé humaine, animale, ou plus largement de la recherche ou des médias (en particulier *via* internet et les réseaux sociaux). Elle est complétée par la mise en place de systèmes de surveillance non spécifiques ou syndromiques comme par exemple le système de surveillance syndromique OSCOUR mis en place par l'Institut de veille sanitaire (http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Veille-et-alerte/Surveillance-syndromique-SurSaUD-R/Reseau-OSCOUR-R) vers qui remontent quotidiennement en une base de données unique, les recours aux services des urgences d'environ 75 % du territoire national permettant ainsi de détecter toute augmentation de phénomène pathologique en temps quasi réel, et par la veille internationale qui vise à détecter des phénomènes de santé dans un autre territoire que le territoire national et pouvant secondairement l'affecter (Dabis et Desenclos, 2012).

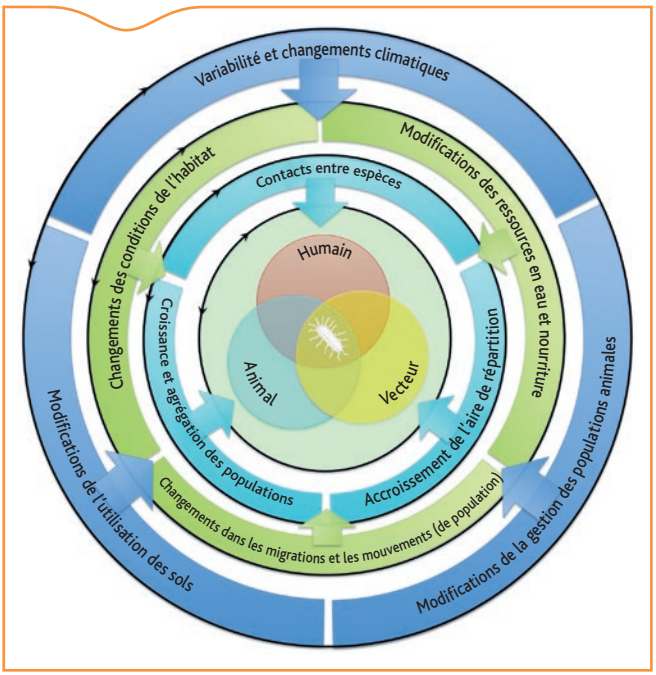


**Figure 1. Cadre conceptuel pour la classification des déterminants de l'exposition humaine aux agents pathogènes d'origine animale – Barrière d'espèces (d'après http://www.plospathogens.org/article/info:doi/10.1371/journal.ppat.1004129)**

## Appréhender les risques d'introduction et d'émergence de maladies infectieuses : le concept de barrière d'espèces

Ce concept a souvent été critiqué, car il peut donner une impression de fausse sécurité. La notion de barrière d'espèces est relative, mais néanmoins utile quand il s'agit de mener une réflexion sur le risque de « passage » d'une maladie infectieuse d'une population A à une population B. Ce concept est souvent appliqué au risque zoonotique, mais on peut l'appliquer au passage d'une maladie infectieuse entre deux populations animales, ou d'une population végétale à l'animal ou à l'Homme, ou de l'Homme à l'animal.

On peut définir la barrière d'espèces comme l'ensemble des facteurs qui s'opposent à l'exposition de la population B à un agent pathogène présent dans la population A, puis à l'infection de la population B par cet agent pathogène (introduction), enfin à la diffusion de cet agent pathogène dans la population B (émergence). Cette définition large permet d'englober l'ensemble des facteurs qui déterminent cette barrière d'espèces, y compris la « barrière de transmission » c'est-à-dire la capacité ou l'incapacité d'un agent pathogène à infecter un hôte inhabituel[1].

Un cadre conceptuel global a été proposé récemment (Gortazar *et al.*, 2014), qui permet d'appréhender l'ensemble des facteurs épidémiologiques qui déterminent la barrière d'espèces, et dont les modifications peuvent conduire à son franchissement (Figure 1).

Si on prend l'exemple de l'émergence d'une maladie zoonotique chez l'Homme, celle-ci dépend des interactions entre l'Homme et la population animale réservoir et/ou des vecteurs (Figure 1, centre de la figure). Ces interactions dépendent de la prévalence de l'agent pathogène dans la population animale réservoir (et de son statut immunitaire) et/ou chez les vecteurs présents. L'augmentation de l'exposition de la population humaine à cet agent pathogène dépend des changements dans la dynamique des populations humaine, animale et de vecteurs (Figure 1, premier cercle). Ces changements

(1) Notion d'espèce réceptive, c'est-à-dire chez laquelle l'agent pathogène en question peut se multiplier.

peuvent être dus à trois grands groupes de causes : i) une augmentation des contacts entre la population humaine et la population animale et/ou les vecteurs, ii) un accroissement des populations humaine, animale et de vecteurs, iii) une modification de la répartition géographique des ces trois populations. Ce raisonnement peut également être appliqué au risque d'émergence d'une maladie infectieuse dans une population animale, à partir d'une autre population animale.

Ces changements dans les dynamiques des populations humaine, animale et de vecteurs, et de leurs interactions, dépendent d'un ensemble de facteurs à l'échelle spatiale et temporelle de ces populations, qui sont les déterminants directs de ces changements (Figure 1, cercle du milieu) : i) les modifications de l'habitat de ces trois populations, ii) les disponibilités en eau et en nourriture, iii) les mouvements de populations à courte et longue distances. Enfin des déterminants qui agissent à une échelle spatio-temporelle plus large (Figure 1, cercle extérieur) interviennent en amont des déterminants directs : i) changements climatiques, ii) modifications de l'utilisation des sols, iii) changements dans la gestion des populations animales.

## Préparation et réponse vis-à-vis des émergences

La prévision de la survenue des maladies infectieuses est illusoire et une stratégie qui serait basée sur celle-ci n'apparaît pas réaliste. L'histoire récente indique que des émergences nouvelles auront lieu et que certaines d'entre elles ne pourront pas être anticipées. Par exemple, alors que le virus Ebola a été isolé en Afrique de l'Ouest (Ebola–Côte d'Ivoire) (Fromenty P *et al.* 1999) il y a plus de 15 ans, personne n'avait anticipé la prise en charge médicale de sa ré-émergence en zone rurale d'Afrique de l'Ouest, la mauvaise prise en charge en début d'épidémie se traduisant aujourd'hui par sa diffusion catastrophique en milieu urbain africain. En santé animale, personne n'avait anticipé la survenue de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine à sérotype 8 dans la région de Maastricht (Pays-Bas) en 2006, pas plus que l'épizootie de maladie de Schmallenberg cinq ans plus tard, pourtant dans la même région et avec un vecteur proche si ce n'est identique.

En conséquence, la meilleure préparation et réponse aux émergences infectieuses est basée sur deux principes : d'une part la recherche, pour approfondir les connaissances des mécanismes allant des interactions moléculaires aux dimensions populationnelles, et d'autre part la veille et la réponse pour anticiper ou détecter au plus tôt toute émergence ou facteurs pouvant favoriser celle-ci et ainsi être prêt à agir sans être en mesure de savoir quelle sera la prochaine émergence. Ces principes impliquent de disposer d'un système de santé publique lisible par la population et les professionnels de santé (dans le champ humain comme animal) et d'une capacité permanente d'analyse des signaux et de réponse à celle-ci, ce qui passe par le maintien d'un ensemble de compétences génériques et d'expertise en « situation de paix » (par ex. le maintien d'une expertise en entomologie à une période où les infections vectorielles sur le territoire n'apparaissaient pas comme une menace) et de capacités opérationnelles : plans d'urgence, capacité de diagnostic multi-agents, disponibilité en réactifs…).

La veille prospective qui cherche à faire apparaître les risques et les opportunités de demain en essayant de s'affranchir, dans l'analyse des signaux, des théories en vigueur au moment où elle est réalisée, est une démarche multidisciplinaire utile pour la préparation aux émergences. Un signal annonciateur d'un phénomène nouveau dont on ne connaît pas le mécanisme risque d'être rejeté car ne répondant pas à une théorie biologique connue ou reconnue (par ex. l'apparition de nouveaux variants de la maladie de Creutzfeldt-Jakob en lien avec la consommation de produits bovins, alors que la théorie qui prévalait à l'époque était celle d'une barrière d'espèces stricte entre l'agent de l'ESB chez les bovins et l'Homme). Enfin, elle promeut la pro-activité dans le but de provoquer un changement souhaitable plutôt que de n'agir que sur le mode réactif.

## Conclusion

S'il faut développer notre compréhension des mécanismes conduisant à l'émergence de maladies infectieuses, s'il faut surveiller leur survenue et se préparer à réagir, il faut néanmoins rester tout à fait modeste quant à nos capacités de prévision. Des exemples récents cités plus haut comme la fièvre catarrhale ovine, la maladie de Schmallenberg, le variant de la maladie de Creutzfeldt-Jakob ou l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest viennent périodiquement nous rappeler à cette nécessaire modestie.

Comme le disait Pierre Dac « *Les prévisions sont difficiles, surtout lorsqu'elles concernent l'avenir* » ou décliné de manière plus philosophique « *La catastrophe a ceci de terrible, qu'on ne sait pas qu'elle va se produire alors qu'on a toutes les bonnes raisons de penser qu'elle va se produire, mais une fois qu'elle s'est produite, elle apparaît comme relevant de l'ordre normal des choses*. » (Dupuy, 2003).

## Références bibliographiques


Dabis F, Desenclos J-C. 2012. Epidémiologie de terrain - Méthodes et applications. John Libbey Eurotext, Paris, 804pp

Desenclos JC, Devalk H. Les maladies infectieuses émergentes : importance en santé publique, aspects épidémiologiques, déterminants et prevention. Med Mal Inf 2005 ;35 :49-61

Dupuy J-P. 2003. Principe de précaution et catastrophisme éclairé. Les Cahiers du M.U.R.S. 42, 6-25.

Formenty P, Hatz C, Le Guenno B, Stoll A, Rogenmoser P, Widmer A. Human infection due to Ebola virus, subtype Côte d'Ivoire : clinical and biologic presentation. J Infect Dis. 1999 Feb;179 Suppl 1 :S48-53.

Gortazar, C., Reperant, L.A., Kuiken, T., de la Fuente, J., Boadella, M., Martinez-Lopez, B., Ruiz-Fons, F., Estrada-Pena, A., Drosten, C., Medley, G., Ostfeld, R., Peterson, T., VerCauteren, K.C., Menge, C., Artois, M., Schultsz, C., Delahay, R., Serra-Cobo, J., Poulin, R., Keck, F., Aguirre, A.A., Henttonen, H., Dobson, A.P., Kutz, S., Lubroth, J., Mysterud, A., 2014. Crossing the interspecies barrier : opening the door to zoonotic pathogens. PLoS pathogens 10, e1004129.

Morse SS. Factors in the Emergence of Infectious Diseases. Emerg Infect Dis 1995;1:7–15.

# **Espèces envahissantes** et risques d'introduction de maladies exotiques

François Moutou (francoismoutou@orange.fr)
Boulogne-Billancourt, France

**Résumé**
**L'impact sanitaire des espèces envahissantes n'est pas toujours mis en avant mais il est bien réel. Les trois exemples présentés ici correspondent à des cas de figure différents. Les espèces peuvent être domestiques ou sauvages, les microorganismes introduits, ou déjà présents mais bénéficier d'une nouvelle espèce d'hôte qui modifie à la hausse l'incidence des maladies associées. Les difficultés d'anticipation sont mises en avant.**

**Mots-clés**
**Espèce envahissante, tuberculose bovine, rage, borreliose de Lyme**

***Abstract***
***Invasive alien species and the related risk of introducing exotic diseases***
***The health consequences of invasive alien species are not always considered but are quite real. The three examples presented here highlight different situations. Alien species can be domestic or wild, while parasites may be exotic or already present but taking advantage of a new host species, leading to an increase in the local incidence of the disease. It is difficult to anticipate introductions of alien species and the health consequences of such introductions.***

***Keywords***
***Alien invasive species, Bovine tuberculosis, Rabies, Lyme disease***

Depuis quelques décennies, l'écologie s'intéresse aux nombreuses espèces déplacées par les activités humaines, quelles qu'elles soient et quelles que soient les motivations associées (Pimentel *et al.* 2001). Les conséquences sont complexes et illustrent à la fois une des causes et une des nombreuses conséquences de la dégradation globale des écosystèmes. Les difficultés rencontrées peuvent être de nature écologique, économique, sociale ou sanitaire, plusieurs pouvant se combiner. On peut se reporter à Pastoret et Moutou (2010a, 2010b) pour une discussion sur les définitions et pour une série d'exemples. Il ne faut pas oublier que l'espèce la plus envahissante connue, et de loin, est l'espèce humaine elle-même. Que dire des animaux et des plantes domestiques et d'ornement qui l'ont suivie ? Dans cet article, les espèces prises en compte correspondent aux espèces-hôtes, donc à des vertébrés. Pour les questions concernant les espèces-vecteurs, les arthropodes, on pourra se rapporter à Pastoret et Moutou (2010b).

La mondialisation accélère les introductions d'espèces, phénomène considéré comme un des cinq grands problèmes environnementaux globaux (Sala *et al.* 2000). Les conséquences sanitaires alertent les hygiénistes et les épidémiologistes. Même si une espèce exotique ne devient pas nécessairement envahissante, elle peut néanmoins apporter divers microorganismes non connus localement, qui peuvent menacer une ou plusieurs populations résidentes, humains compris.

De fait, les espèces envahissantes posent plusieurs défis épidémiologiques (Vourc'h *et al.* 2014). On s'attend à ce que ces espèces aient un cortège parasitaire plus faible que les espèces autochtones car elles ont laissé une partie de leurs agents pathogènes derrière elles (hypothèse « enemy release », Colautti *et al* 2004). Elles possèdent des caractéristiques ou traits d'histoire de vie (taille de population, densité, stratégie de reproduction) qui font d'elles de bons éléments pour la transmission d'agents pathogènes (le « good vessel » de Keesing *et al.* 2010). En conséquence, leur investissement immunitaire semble diminué, comparé à celui des espèces locales et à celui de leurs populations d'origine, restées dans l'aire naturelle de présence. Leur caractère envahissant pourrait en découler. L'espèce introduite peut transporter avec elle des agents pathogènes capables d'infecter les espèces locales (notion de "spillover"), amplifier la circulation d'agents pathogènes déjà présents dans la région où elle est introduite (notion de "spillback", Kelly *et al.* 2009) ou réduire la circulation d'un agent pathogène local, du fait de sa moindre efficacité de transmission par rapport aux réservoirs natifs (notion de « dilution », Ostfled, Keesing 2000). Les exemples retenus concernent les deux premiers cas de figure et illustrent des situations différentes.

## Bovin, tuberculose bovine et phalanger renard aux antipodes

Il n'y avait pas de bovin ni de tuberculose bovine à *Mycobacterium bovis* en Nouvelle-Zélande avant l'installation des européens. Les deux sont arrivés à peu près en même temps en provenance d'Europe à la fin du XVIII[e] ou au début du XIX[e] siècle. L'introduction peu après d'un marsupial australien, le phalanger renard (*Trichosurus vulpecula*), s'est faite de manière totalement indépendante (Cowan 1990). Cet animal à fourrure (Figure 1) pouvait être piégé et apporter un revenu complémentaire aux agriculteurs. La mise en présence fortuite des bovins, de la mycobactérie et du marsupial a abouti à la création d'un cycle épidémiologique de la tuberculose bovine nouveau, imprévu, complexe et extrêmement coûteux pour l'économie néo-zélandaise. Il n'est pas certain que localement on qualifie les bovins d'espèce envahissante, mais c'est bien le cas du phalanger. Quant à la tuberculose bovine, on pourrait dire qu'elle est passée du statut

**Figure 1. Phalanger renard ou possum australien à queue touffue (*Trichosurus vulpecula*), marsupial introduit en Nouvelle-Zélande au XIX[e] siècle comme animal à fourrure (Cliché F. Moutou)**

d'inconnue au XVIII[e] siècle, à exotique au XIX[e] puis à endémique aujourd'hui. Le paramètre temps joue aussi un rôle dans l'appréhension des phénomènes.

## Le chien viverrin et le virus de la rage en Europe centrale

L'espèce représentant le risque majeur de propagation de lyssavirus (rhabdoviridés) en santé publique est le chien domestique (*Canis familiaris*), largement présent à la surface de la planète. On estime la population mondiale à environ 700 millions d'individus (Hugues, Macdonald 2013). Toute espèce de canidé sauvage peut aussi devenir réservoir si une souche canine s'y adapte. Le virus canin s'est adapté au renard roux (*Vulpes vulpes)* dans la première moitié du XX[e] siècle en Europe orientale. De façon plus discrète dans cette même région, le même phénomène s'est produit avec le chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*). Ce canidé oriental (Chine, Russie orientale, Corée, Japon) a été introduit au début du XX[e] siècle dans les républiques européennes de l'Union soviétique comme animal à fourrure. Soit directement lâchés en nature, soit échappés de fermes d'élevage, les chiens viverrins ont fait souche, au moins en Russie, Ukraine, Biélorussie, pays baltes et Finlande. La répartition vers l'ouest est encore mal cernée mais atteint l'Allemagne et la France (Léger, Ruette 2014). En Russie, dans les pays baltes et en Finlande une souche de virus rabique vulpin s'est adaptée au chien viverrin et ces pays ont maintenant un deuxième réservoir de rage indépendant du renard roux (Niin *et al.*, 2008 ; Sidorov *et al.* 2010). Les deux espèces n'ont pas les mêmes écologies, ni les mêmes habitats et l'éradication de la maladie s'en trouve compliquée. L'introduction volontaire de cette espèce hors de sa zone naturelle de présence, ses capacités d'adaptation, sa réceptivité et sa sensibilité au virus rabique ont contribué à faire émerger un problème sanitaire local nouveau.

## Le tamia de Sibérie et la borréliose de Lyme

La borréliose de Lyme est une maladie causant des désordres inflammatoires touchant plusieurs appareils chez l'Homme et certains animaux domestiques. Elle est due aux bactéries pathogènes du groupe *Borrelia burgdorferi sensu lato* transmises par des tiques du genre *Ixodes*. Avec plus de 20 000 cas annuels chez l'Homme en France (Sentinelles, 2011), la maladie de Lyme fait partie des maladies émergentes, dont l'augmentation de prévalence pourrait résulter d'un changement dans les populations animales hébergeant des tiques (*Ixodes ricinus*), vecteurs de la maladie. Dans certaines forêts, notamment en Ile-de-France, la tamia de Sibérie (*Tamias sibiricus)*, écureuil originaire d'Asie, a été introduit et semble être un bon réservoir de la maladie de Lyme. Achetés comme animaux de compagnie, certains ont ensuite été relâchés par leurs propriétaires dans les forêts périurbaines (Figure 2). En forêt de Sénart (Essonne), ils forment la population la plus importante connue en France avec près de 10 000 individus. Le tamia contribue alors de façon plus importante au risque de transmission de la maladie de Lyme que les rongeurs autochtones (campagnol roussâtre *Myodes glareolus* et mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*, Marsot *et al.* 2013). Il héberge également une plus grande diversité de bactéries responsables de la maladie de Lyme que ces autres rongeurs (Marsot *et al.* 2011). Si on y ajoute la croissance des populations de chevreuils (*Capreolus capreolus*), hôtes habituels des tiques adultes, on a tous les ingrédients pour expliquer l'augmentation d'incidence de la maladie.

## Conclusion

Ces trois exemples illustrent l'importance que revêtent les introductions d'espèces hôtes dans le risque d'installation de maladies exotiques dans une zone géographique donnée, sans négliger l'amplification d'une maladie déjà présente. L'intervention d'un nouvel hôte complique la maîtrise de la maladie en question. Les maladies citées ne sont pas inconnues mais elles ont changé de pays, de continent ou d'hôtes, le plus souvent pour des raisons commerciales. Le déplacement d'espèces hôtes peut également aboutir à la mise en contact d'hôtes, de vecteurs et de microorganismes, qui, naturellement, ne se seraient jamais rencontrés. Les conséquences sanitaires sont imprévisibles.

**Figure 2. Ecureuil à ventre rouge (*Callosciurus erythraeus*). Plusieurs espèces d'écureuils exotiques ont déjà fait souche en France. L'écureuil à ventre rouge est originaire d'Asie du Sud-Est et fait l'objet d'un programme national de contrôle (Cliché F. Moutou)**

Les individus des espèces déplacées voyagent toujours avec leur microbiome, mais les impacts ne se situent pas nécessairement à ce seul niveau. Une espèce introduite peut devenir un hôte très favorable à certains vecteurs hématophages locaux, diptères ou tiques par exemple. Les conséquences se traduiront par une augmentation de l'abondance de tel ou tel microorganisme, même sans implication épidémiologique directe de la nouvelle espèce envahissante. La même espèce peut aussi nourrir un prédateur et libérer partiellement de cette pression une autre espèce proie dont la courbe démographique peut alors influencer l'épidémiologie de certains microorganismes.

Malgré la réelle complexité des schémas épidémiologiques et de leur délicate anticipation, les facteurs anthropiques sont encore plus imprévisibles et les plus délicats à maîtriser. Les espèces qui deviennent envahissantes spontanément sont rares. Le plus souvent, l'envahissement fait suite à une introduction par l'Homme, accidentelle ou volontaire. La tendance marquée à la mondialisation du commerce se heurte à la prétention de maîtrise des risques sanitaires. L'accélération du phénomène des espèces exotiques envahissantes en représente un bon témoin et un bon indicateur. Comme cet indicateur est plutôt orienté à la hausse, il faut s'attendre à de nouvelles introductions, impliquant la nécessité de renforcer les systèmes de veille et d'intervention. La prédiction des risques sanitaires étant très délicate, il est important d'une part de limiter au maximum les introductions et d'autre part de prévoir des suivis écologiques et épidémiologiques lorsque l'introduction est avérée. Ces suivis devraient inclure la recherche de pathogènes « non attendus » qui est rendue possible par le développement des méthodes de séquençage total (Cheval *et al.* 2011).

## Références bibliographiques

Cheval, J., Sauvage, V., Frangeul, L., Dacheux, L., Guigon, G., Dumey, N., Pariente, K., Rousseaux, C., Dorange, F., Berthet, N., Brisse, S., Moszer, I., Bourhy, H., Manuguerra, C.J., Lecuit, M., Burguiere, A., Caro, V., Eloit, M., 2011. Evaluation of high-throughput sequencing for identifying known and Unknown Viruses in Biological Samples. J Clin Microbiol, 49, 3268-3275.

Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A., MacIsaac, H.J., 2004. Is

invasion success explained by the enemy release hypothesis? Ecol Letters, 7, 721-733.

Cowan, P.E., 1990. Brushtail possum. In: King, C.M. (ed.), The handbook of New Zealand mammals. Oxford University Press, Auckland, 68-98.

Hugues, J, MacDonald D.W., 2013. A review of the interaction between free-roaming domestic dogs and wildlife. Biol. Conserv. 157:341-351.

Keesing, F., Belden, L.K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, D., Holt, R.D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K.E., Mitchell, C.E., Myers, S.S., Bogich, T., Ostfeld, R.S., 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. Nature, 468, 647-652.

Kelly, D.W., Paterson, R.A., Townsend, C.R., Poulin, R., Tompkins, D.M., 2009. Parasite spillback: a neglected concept in invasion ecology? Ecology, 90, 2047-2056.

Léger, F., Ruette, S., 2014. Raton laveur et chien viverrin : le point sur leur répartition en France. Faune Sauvage, 302, 9-16.

Marsot, M., Sigaud, M., Chapuis, J.-L., Ferquel, E., Cornet, M., Vourc'h, G., 2011. Introduced Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus barberi*) harbour more diverse *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies than native bank voles (*Myodes glareolus*). Applied Environ Microbiol, 77, 5716-5721.

Marsot, M., Chapuis, J.-L., Gasqui, P., Dozières, A., Masséglia, S., Pisanu, B., Ferquel, E., Vourc'h, G., 2013. Introduced Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus barberi*) contribute more to Lyme disease risk than native reservoir rodents. PLoS One, 8, e55377.

Niin, E., Laine, M., Guiot, A.L., Demerson, J.M., Cliquet, F., 2008. Rabies in Estonia: situation before and after the first campaigns of oral vaccination of wildlife with SAG2 vaccine bait. Vaccine, 26, 3556–3565.

Ostfled, R.S., Keesing, F., 2000. Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. Conserv Biol, 14, 722-728.

Pastoret, P.-P., Moutou, F. (coord.), 2010a. Invasive species. 1. General aspects and biodiversity. Rev. sci. Tech. Off. Int. Epiz., 29 (1), 1-160.

Pastoret, P.-P., Moutou, F. (coord.), 2010b. Invasive species. 2. Concrete examples. Rev. sci. Tech. Off. Int. Epiz., 29 (2), 193-424.

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., Tsomondo, T., 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. Agric Ecosyst Environ, 84, 1-20.

Sala, O. E., Chapin, F.S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H., 2000. Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287, 1770-1774.

Sentinelles. 2011. Bilan annuel du réseau Sentinelles. UMR S 707, INSERM UPMC.

Sidorov, G.N., Sidorova, D.G., Poleshchuk, E.M., 2010. Rabies of wild mammals in Russia in 1960-2006. Zoologicheskii Zhurnal, 89, 26-36.

Vourc'h, G., Marsot, M., Moutou, F., 2014. Quel est l'impact des espèces introduites sur l'émergence de maladies ? In : Morand, S., Moutou, F., Richomme, C. (coord.), Faune sauvage, biodiversité et santé, quels défis ? Editions Quae, Versailles, 31-37.

# L'Organisation mondiale de la santé animale et la vigilance vis-à-vis des **maladies animales transfrontalières**

Michel Thibier, Daniel Chaisemartin, Bernard Vallat
Organisation mondiale de la santé animale, Paris, France

**Résumé**
A l'heure de la mondialisation, la vigilance vis-à-vis des maladies animales transfrontalières revêt une importance primordiale afin d'éviter la propagation de maladies dont certaines peuvent avoir un impact catastrophique en termes de santé animale, de santé publique, d'économie, d'environnement et de sécurité alimentaire. Le succès d'une telle vigilance passe par la collaboration efficace entre tous les maillons de la chaîne et par une bonne gouvernance du pays, avec des services vétérinaires de qualité. Il dépend ensuite d'une coordination mondiale, efficace et harmonisée que l'Organisation mondiale de la santé animale (Office international des épizooties (OIE)) assure avec ses 180 pays membres. Celle-ci garantit la transparence de la situation sanitaire avec une large diffusion d'informations pertinentes et validées. Elle apporte son expertise avec son réseau mondial de 247 laboratoires de référence et 49 centres collaborateurs. Elle soutient la solidarité internationale afin de prévenir et contrôler les maladies animales. Elle assume la garantie de la sécurité sanitaire du commerce mondial en établissant des normes sanitaires pour les échanges internationaux des animaux et de leurs produits dans le cadre du mandat confié à l'OIE par l'Accord SPS de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). L'OIE intervient aussi : (1) dans le renforcement des capacités des laboratoires pour diagnostiquer les maladies, (2) dans l'amélioration durable de la conformité des services vétérinaires nationaux aux normes de l'OIE sur la qualité de ces derniers en mettant en œuvre le processus PVS et (3) dans le renforcement de la formation des vétérinaires. L'OIE coordonne ses activités au niveau mondial avec la FAO et l'OMS, chaque organisation agissant dans le cadre de son mandat et aussi dans le cadre d'accords bi ou tripartites pour renforcer cette vigilance vis-à-vis des maladies animales transfrontalières dont bon nombre sont des zoonoses.

**Mots-clés**
Maladies animales, maladies transfrontalières, vigilance sanitaire, OIE, commerce international, processus PVS, transparence

***Abstract***
***The World Organization for Animal Health and transboundary animal disease vigilance***
*At a time of globalisation, vigilance towards transboundary animal diseases is of paramount importance to prevent the spread of diseases with potentially catastrophic impact in terms of animal health, public health, the economy, the environment and food security. The success of such vigilance requires effective collaboration between all stakeholders in the chain, and good governance of the country with quality veterinary services.*

*It then depends on the global, efficient and harmonised coordination provided by the World Organisation for Animal Health (OIE) with its 180 member countries. It ensures transparency of the animal health situation with wide dissemination of relevant and validated information, the contribution of its expertise with its global network of 247 reference laboratories and 49 collaborating centres, and international solidarity to prevent and control animal diseases, ensuring the sanitary safety of world trade by establishing animal health standards for international trade of animals and their products under the mandate given to the OIE by the WTO SPS Agreement.*

*The OIE is also involved in strengthening laboratory capacity to diagnose disease, sustainably improving compliance of national veterinary services with OIE standards on the quality of those services by implementing the PVS Pathway, and improving training of veterinarians. The OIE coordinates its activities at the global level with the FAO and WHO, each organisation acting within its mandates and also through bilateral or tripartite agreements, to strengthen this vigilance towards transboundary animal diseases, many of which are zoonotic.*

***Keywords***
*Animal diseases, Transboundary diseases, Animal health surveillance, OIE, International trade, PVS Pathway, Transparency*

Les maladies animales transfrontalières ont des impacts qui concernent la santé animale mais aussi la santé publique ainsi que la biodiversité et, *in fine*, les modes de vie des éleveurs, la sécurité alimentaire et le commerce [1]. Toute action visant à réduire ces impacts négatifs contribuera *ipso facto* à améliorer ces biens publics que sont la santé publique et la santé animale. Cela correspond aux missions essentielles de l'Organisation mondiale de la santé animale (Office international des épizooties (OIE). La prévention et la lutte contre les maladies animales transfrontalières se basent sur des capacités de surveillance, de détection et d'alerte précoces des services vétérinaires, ainsi que sur une réponse immédiate à l'apparition de tout nouveau foyer et des capacités à contrôler la maladie.

Après avoir évoqué les maillons essentiels de la chaîne de surveillance, cet article expose les rôles et actions menées par l'OIE dans le cadre de la surveillance des maladies transfrontalières.

## La vigilance sanitaire et épidémiologique des maladies transfrontalières.

On entend par maladie transfrontalière une maladie qui a une importance significative pour l'économie, le commerce et la sécurité alimentaire pour un grand nombre de pays, et qui peut se propager facilement à d'autres pays et atteindre des proportions épizootiques, et qui nécessite une coopération entre plusieurs pays pour prévenir et contrôler cette maladie [2].

La vigilance exprime ici une veille, active ou passive, assurée par différents partenaires formant une chaîne depuis l'animal jusqu'à la prise de décision appropriée de gestion de risques par les services officiels compétents de l'État concerné, à savoir les services vétérinaires.

### *La chaîne de vigilance*

La chaîne de vigilance comprend en premier lieu les éleveurs, détenteurs des animaux et observateurs des changements de leur comportement. Elle est composée aussi des vétérinaires praticiens qui au premier chef devraient être consultés par les éleveurs dès que des anomalies ou comportements inhabituels apparaissent, et qui peuvent en cas de besoin recourir aux laboratoires de diagnostic pour confirmer leur diagnostic. Selon les pays, des communautés d'agents sanitaires, telles que les groupements de défense sanitaire en France, ou les agents communautaires de santé animale (ACSA) peuvent aussi intervenir dans ce dispositif. En effet, elles sont régulièrement en contact avec les éleveurs et peuvent elles-aussi détecter des anomalies et motiver la consultation ou visite de vétérinaires. La surveillance des animaux sauvages doit aussi être assurée car ils peuvent être atteints par une maladie transfrontalière et la disséminer. D'où l'importance les chasseurs, gardes-forestiers et gardes-chasse dans le dispositif de surveillance, car toutes ces personnes sont des observateurs du comportement du gibier et peuvent découvrir des animaux sauvages malades ou morts. Tous ces maillons ont un devoir de déclaration lorsque le cas détecté peut correspondre à une maladie à déclaration obligatoire. Les services vétérinaires interviendront alors en prenant les mesures nécessaires et appropriées à la gestion de ce risque si celui-ci est avéré. Les services vétérinaires sont en charge de la définition et de la mise en œuvre de programmes de surveillance préétablis.

### *Les critères qualitatifs de l'efficacité*

La notion de rapidité de mise en œuvre de cette chaîne à l'occasion d'alertes avérées et de crises est un élément majeur pour avoir une bonne vigilance. Il va de soi que plus rapide est la détection d'agents pathogènes nouveaux et à risque, plus rapide sera la communication et plus rapides seront sans doute les mesures prises par les autorités.

Pour assurer le maximum d'efficacité à cette chaîne, la formation, la compétence et l'intégrité des acteurs sont essentielles.

La mondialisation des échanges et l'existence, selon les régions du monde, de la transhumance entre plusieurs pays ou de la libre circulation d'animaux à travers les frontières, ainsi que l'agro terrorisme, les conflits armés et les catastrophes naturelles sont des facteurs additionnels favorisant la propagation de maladies lorsqu'elles apparaissent.

Pour exercer une vigilance internationale, il est nécessaire d'avoir une information transparente et partagée au-delà du pays concerné. Il est de la plus grande importance que toutes les identifications de maladies susceptibles de se propager dans un pays donné et vers les pays voisins soient publiées et largement diffusées. À ce souci de communication, s'ajoutent d'une part la pertinence des informations communiquées, tributaires de la formation et de la compétence des différents acteurs, et d'autre part la validation de la réalité avérée de telles informations.

Au sein de chaque pays, les services vétérinaires, dont la qualité de leurs activités est essentielle et devrait être en conformité avec les normes de l'OIE [3], occupent une place majeure dans ce dispositif car ils sont indispensables à la définition et à la mise en œuvre des programmes de prévention et de contrôle des maladies animales. Ils sont la pierre angulaire des activités de surveillance active et passive efficace, ainsi que les partenariats public-privé efficaces entre les vétérinaires officiels, les vétérinaires privés, les propriétaires d'animaux, les communautés sanitaires, les garde-forestiers, les gardes-chasse et les chasseurs. Il est aussi important de disposer d'un relais international à même de gérer et diffuser les informations pour garantir la meilleure transparence sanitaire, et aider à la prévention et au contrôle des maladies par la diffusion des apparitions de maladies dans un pays, tout en se conformant à des lignes directrices et des normes qui ont été acceptées et adoptées par les pays. C'est l'une des missions essentielles de l'OIE.

## Rôles et actions menées par l'OIE

L'origine même de la création en 1924 de l'OIE, dénommé Organisation mondiale de la santé animale en 2003 [4], est liée à une nouvelle incursion du virus de la peste bovine en Europe, par le port d'Anvers en Belgique, et à ses conséquences désastreuses.

En 2014, l'OIE comprend, outre son siège parisien, six représentations régionales et sept représentations sous-régionales et a 180 pays membres. Son mandat s'est renforcé au cours du temps en passant de la « prévention des maladies dans le monde », au départ, à « l'amélioration de la santé animale, de la santé publique vétérinaire et du bien-être animal dans le monde et au renforcement des capacités des services vétérinaires ».

### *La transparence de l'information*

La mission historique de l'OIE est de garantir la transparence vis-à-vis de la situation épidémiologique des maladies animales dans le monde. À cet effet, une liste de maladies ayant une importance internationale a été établie selon des critères prédéfinis et acceptés par tous les pays membres. Celle-ci est adoptée lors de la révision des codes sanitaires des animaux terrestres et des animaux aquatiques lors de la session générale annuelle de l'assemblée mondiale des délégués nationaux de l'OIE. Chaque pays membre s'engage à déclarer les maladies animales qu'il détecte sur son territoire lorsqu'elles appartiennent à cette liste ou lorsqu'il s'agit d'une maladie émergente, selon les procédures stipulées dans les codes sanitaires des animaux terrestres [5] et des animaux aquatiques [6]. À ce jour, 116 maladies sont listées par l'OIE. Afin de faciliter les notifications et pour en améliorer la rapidité de transmission, l'OIE a développé un système de notification sécurisé en ligne dénommé WAHIS (World Animal Health Information System). Après vérification de la cohérence des informations reçues, l'OIE diffuse aussitôt l'information dans les trois langues officielles de l'OIE (anglais, français, espagnol) aux délégués de tous les pays membres afin qu'ils puissent prendre les mesures adéquates pour se protéger. Les informations sont aussi publiées sur le site internet de l'OIE avec des messages d'alerte visibles dès la page d'accueil du site, et relayées aussi par les sites internet de ses représentations régionales. L'OIE permet aussi à toute personne intéressée de s'inscrire sur une liste de diffusion des informations sanitaires. En complément des alertes sanitaires, l'interface internet du système d'information sanitaire de l'OIE (WAHIS-interface) présente toutes les données des situations sanitaires des pays au regard de la liste des maladies adoptée par les pays membres. Afin de renforcer les garanties de transparence de la situation sanitaire, les délégués de l'OIE ont accepté que l'OIE effectue la recherche de rumeurs de maladie et vérifie cela avec le pays concerné. Ce système de recherche de rumeurs a été complété par un accord tripartite (OIE, OMS, FAO) concernant le développement de la plateforme GLEWS (Global Early Warning System) [7] pour la mise en commun des données non officielles entre les trois organisations et des résultats obtenus par chaque organisation dans le cadre de leur mandat.

Pour les animaux aquatiques, le système de l'OIE ne couvre pour le moment que l'aquaculture en général (poissons, mollusques, crustacés, amphibiens).

Par ailleurs, la plupart des pays non-membres de l'OIE (quelques îles des Caraïbes et du Pacifique) utilisent également le système WAHIS.

### *Les zones indemnes des maladies reconnues par l'OIE*

L'OIE a également le mandat de reconnaître officiellement des zones indemnes de maladie dans les pays, à des fins commerciales. La démarche de reconnaissance officielle d'un statut sanitaire par l'OIE est une démarche volontaire des pays et s'applique à l'heure actuelle à six maladies : l'encéphalopathie spongiforme bovine, la fièvre aphteuse, la péripneumonie contagieuse bovine, la peste bovine (avant son éradication mondiale en 2011), la peste des petits ruminants, la peste équine et la peste porcine classique.

### *Solidarité internationale*

La solidarité internationale est importante dans le cadre de cette vigilance mondiale et l'OIE a aussi pour mission d'apporter son expertise et de stimuler cette solidarité internationale pour contrôler

les maladies animales. L'OIE appuie techniquement les pays membres qui le souhaitent et propose notamment son expertise aux pays les plus pauvres pour les aider à contrôler les maladies animales.

L'OIE maintient un contact permanent, au niveau régional et national, avec les organismes de développement internationaux afin de les convaincre d'investir plus et mieux dans le contrôle des maladies animales et des zoonoses.

Afin de renforcer la collaboration internationale, l'OIE et la FAO ont lancé en 2004 une initiative conjointe dénommée GF-TADs [2] s'appuyant sur cinq comités de pilotage régionaux composés d'acteurs représentatifs des pays de la région et d'organismes régionaux, et sur un comité de pilotage mondial (composé de représentants de chaque région, d'organisations et de bailleurs de fonds) faisant des recommandations au comité mondial de gestion OIE-FAO de cette initiative, l'objectif étant de renforcer les alliances régionales et mondiales de lutte contre les maladies animales transfrontalières en développant des programmes et en renforçant les capacités d'intervention au niveau régional, voire d'appui au niveau national. Un plan d'action de cinq ans a été établi dans chaque région et au niveau mondial avec établissement d'une liste de six maladies prioritaires comprenant notamment la fièvre aphteuse, la rage, l'influenza aviaire, la peste des petits ruminants, la fièvre de la Vallée du Rift et la peste porcine africaine.

### *Le réseau scientifique d'excellence*

Le réseau mondial de centres de référence de l'OIE constitue la pièce maîtresse de l'excellence scientifique de l'OIE [8]. Il comprend l'établissement d'un réseau de Laboratoires de référence et de Centres collaborateurs afin d'harmoniser et de partager les informations, les données et les réactifs de référence, et participer à des essais d'aptitude inter-laboratoires appropriés dans le but d'améliorer la surveillance et le contrôle des maladies à l'échelle mondiale. Les experts référencés des 247 laboratoires de référence et des 49 centres collaborateurs de l'OIE sont sollicités pour les missions d'appui et d'expertise de l'OIE sur le terrain, pour participer aux groupes *ad hoc* qui se réunissent régulièrement au cours de l'année pour réviser ou préparer des normes sur la base des connaissances scientifiques les plus récentes et les plus robustes.

Les laboratoires de référence de l'OIE sont responsables d'une maladie déterminée tandis que les centres collaborateurs sont nommés pour des thèmes (médicament vétérinaire, formation des vétérinaires, bien-être animal…).

### *Les documents normatifs*

L'OIE élabore des documents normatifs intergouvernementaux relatifs aux règles utilisables par les pays membres pour se protéger de l'introduction de maladies et d'agents pathogènes sans pour autant instaurer des barrières sanitaires injustifiées. Ces documents normatifs sont le Code sanitaire pour les animaux terrestres [5], le Manuel des normes pour les tests de diagnostic et les vaccins [9], le Code sanitaire international pour les animaux aquatiques [6] et le Manuel de diagnostic pour les maladies des animaux aquatiques [10].

Les normes de l'OIE sont reconnues par ses 180 pays membres et par l'Organisation mondiale du commerce en tant que règles sanitaires internationales de référence. Elles sont élaborées par des commissions spécialisées dont les membres sont élus par l'assemblée mondiale des délégués nationaux de l'OIE, des groupes de travail et des groupes *ad hoc* regroupant les meilleurs scientifiques mondiaux dont la plupart sont des experts issus du réseau des Centres collaborateurs et Laboratoires de référence de l'OIE, qui concourent également aux objectifs scientifiques de l'OIE. Ces normes sont adoptées par l'assemblée mondiale des délégués de l'OIE qui se réunit annuellement.

### *Optimalisation de la gouvernance vétérinaire*

Dans le cadre de l'amélioration des capacités mondiales en matière de prévention, détection et contrôle des maladies par le biais d'une meilleure gouvernance vétérinaire, l'OIE mène les actions suivantes :

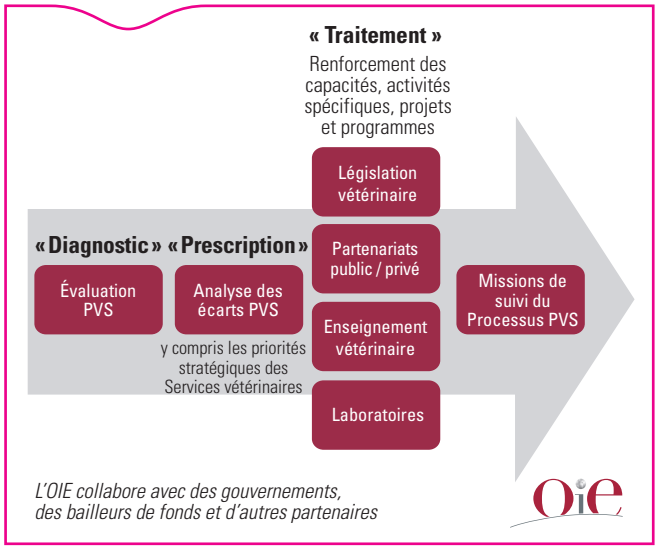


**Figure 1.** Processus PVS de l'OIE

Une amélioration durable de la conformité des services vétérinaires nationaux aux normes de l'OIE sur la qualité de ces services [3]. Les activités des services vétérinaires constituent un bien public mondial, La bonne gouvernance des systèmes de santé animale, sur la base d'un partenariat étroit entre le secteur public et le secteur privé, relève de la responsabilité de tous les gouvernements. Si un pays échoue, il peut mettre en danger les pays voisins, la région, le continent, voire l'ensemble de la planète. Il est donc fondamental que chaque pays dispose d'une législation adaptée en matière de santé et de bien-être des animaux et d'en garantir la stricte application grâce à des ressources humaines et financières appropriées.

Les normes et lignes directrices intergouvernementales de l'OIE constituent la base des évaluations indépendantes extérieures conduites dans les pays sur la qualité des services vétérinaires et des systèmes de santé animale. Ces dispositions ont été adoptées démocratiquement par tous les pays membres de l'OIE. Entre 2006 et 2010, l'OIE a progressivement développé son processus PVS (Figure 1) dont les premières étapes sont l'évaluation PVS des pays à l'aide de l'Outil PVS (« Outil OIE pour l'évaluation des performances des Services vétérinaires ») [12] ainsi que les missions d'analyse des écarts PVS ; ces phases sont intégrées en une approche globale progressive qui permet d'assurer une assistance ciblée visant au renforcement systématique des services vétérinaires, sur la base des normes internationales.

À ce jour (5 septembre 2014), des missions d'évaluation PVS ont été menées dans 120 pays, des missions d'analyse des écarts PVS dans 76 pays et des missions de législation vétérinaire dans 38 pays.

La nécessité d'améliorer la coordination nationale et internationale pour la gestion des risques de zoonose a conduit l'OIE à discuter d'une initiative conjointe avec l'OMS pour un renforcement de la coordination des actions entre le secteur médical et vétérinaire, ce qui a conduit à la réalisation d'un manuel OMS-OIE et de missions conjointes d'évaluation de la bonne gouvernance et coordination entre les systèmes nationaux de santé publique et de santé animale au niveau international.

- Une amélioration de la formation vétérinaire pour doter les futurs vétérinaires des connaissances nécessaires pour la mise en œuvre efficace des normes de l'OIE dans les domaines prioritaires, par exemple la santé animale, la sécurité sanitaire des aliments, le bien-être animal et pour exercer de manière efficace et assurer la meilleure prévention, détection et contrôle des maladies et disposer de services vétérinaires hautement qualifiés.
  L'OIE a présenté des recommandations pour préparer les jeunes vétérinaires diplômés à promouvoir la santé publique vétérinaire mondiale [13]. Afin de soutenir ces recommandations, l'OIE a conçu des lignes directrices pour un modèle de cursus de formation initiale vétérinaire [14].

En vue d'améliorer la compétence et l'expertise institutionnelles dans les pays en voie de développement et en transition, l'OIE a développé un programme de jumelage entre établissements d'enseignement vétérinaire, le but étant de favoriser un enseignement vétérinaire de qualité par le biais d'échanges entre enseignants et étudiants. Un programme de jumelage entre les ordres vétérinaires est également en cours afin d'améliorer la qualité des vétérinaires autorisés à exercer dans les pays membres.

- Le renforcement des capacités des laboratoires et de réseaux afin de développer dans les régions prioritaires une expertise au regard des maladies animales et des zoonoses les plus importantes.
  Grâce aux programmes de jumelage de laboratoires [11], l'OIE compte obtenir une distribution géographique plus équilibrée d'une expertise de qualité entre le Nord et le Sud, en permettant à un plus grand nombre de pays d'avoir accès dans leur propre région à des épreuves de diagnostic d'excellente qualité et à une connaissance technique de niveau élevé, facilitant ainsi la détection précoce des maladies et un contrôle rapide de ces dernières. L'OIE vient par ailleurs de mettre au point un dispositif PVS spécifique aux laboratoires vétérinaires pour appuyer les pays membres souhaitant mettre à jour leurs politiques nationales en la matière.

## Conclusion

À l'heure de la mondialisation et du foisonnement des transports de personnes, biens et marchandises, y compris d'animaux ou de cellules germinales (sperme et embryons), il est impératif que chaque pays exerce une vigilance sanitaire et épidémiologique d'excellence. Ceci doit permettre d'éviter la propagation d'agents pathogènes intra-nationaux et transfrontaliers dont certains peuvent avoir un impact catastrophique sur l'élevage, la santé humaine, la biodiversité, l'environnement, l'économie et la sécurité alimentaire. Cet objectif est complexe et nécessite une coordination à toute épreuve. Celle-ci doit être tout d'abord assurée au niveau national par une gouvernance appropriée d'une part et des services vétérinaires de qualité s'appuyant sur une législation appropriée d'autre part. L'OIE garantit cette coordination au niveau mondial par ses missions de transparence sanitaire, d'expertise et d'appui aux pays membres. Son action se manifeste grâce à son réseau mondial de 247 laboratoires de référence et de 49 Centres collaborateurs, par l'élaboration de normes pour garantir les échanges sanitaires d'animaux et de leurs produits et enfin par la mise en œuvre du processus PVS permettant de renforcer la gouvernance des pays et d'améliorer la qualité de leurs services vétérinaires y compris les laboratoires.

## Références bibliographiques


[1] Domenech J. 2013. Les grandes maladies animales épizootiques et transfrontalières ; les principes de la lutte dans les pays du sud. Bull. Acad. Vet. France, 2013, 166, 329- 337.

[2] FAO-OIE. 2004. Global Framework for the Progressive Control of Transboundary Animal Diseases (GF-TADs)

http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About_us/docs/pdf/GF-TADs_approved_version24May2004.pdf.

[3] OIE. 2014. Code sanitaire pour les animaux terrestres. Chapitre 3.1. Les services vétérinaires. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=1&htmfile=chapitre_vet_serv.htm.

[4] OIE. 2003. Utilisation d'une dénomination d'usage pour l'Office international des épizooties. Résolution XVI adoptée le 23 mai 2003.

[5] OIE. 2014. Code sanitaire pour les animaux terrestres, http://www.oie.int/fr/normes-internationales/code-terrestre/acces-en-ligne/.

[6] OIE. 2014. Code sanitaire pour les animaux aquatiques. http://www.oie.int/fr/normes-internationales/code-aquatique/acces-en-ligne/.

[7] FAO-OIE-WHO. 2006. Global Early Warning and Response System for Major Animal Diseases, including Zoonoses (GLEWS), http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/GLEWS_Tripartite-Finalversion010206.pdf.

[8] OIE 2014. Orientations pour la gestion des réseaux de Centres de référence l'OIE http://www.oie.int/fr/notre-expertise-scientifique/centres-collaborateurs/reseaux-de-centres-de-reference.

[9] OIE. 2014, Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres, http://www.oie.int/fr/normes-internationales/manuel-terrestre/acces-en-ligne/.

[10] OIE. 2014. Manuel des tests de diagnostic pour les animaux aquatiques. http://www.oie.int/fr/normes-internationales/manuel-aquatique/acces-en-ligne/.

[11] OIE. 2006. Le jumelage entre laboratoires : le concept de l'OIE http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Support_to_OIE_Members/docs/pdf/F_Concept.pdf.

[12] OIE 2013. Outil de l'OIE pour l'évaluation des performances des Services vétérinaires (Outil PVS de l'OIE) http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Support_to_OIE_Members/docs/pdf/PVS_F_Tool_Final_Edition_2013.pdf.

[13] OIE 2013. Recommandations de l'OIE sur les compétences minimales attendues des jeunes diplômés en médecine vétérinaire pour garantir la qualité des Services vétérinaires nationaux http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Support_to_OIE_Members/Edu_Vet_AHG/Day_1/DAYONE-B-fra-vC.pdf.

[14] OIE 2013. Lignes directrices pour un cursus de formation initiale vétérinaire http://www.oie.int/Cursus_de_formation_initiale_veterinaire.pdf.

# De la première conférence sanitaire internationale à la création de l'**Organisation mondiale de la santé** (OMS)

Paul. M. V. Martin (paul.martin@anses.fr)
Anses, Laboratoire de Lyon, France

**Résumé**
**Le rôle des épidémies et de leur contrôle, notamment au XIX^e^ siècle, dans la mise en place d'une coordination internationale de la lutte contre les maladies émergentes, est retracée ici jusqu'à la création de l'Organisation mondiale de la santé en 1945.**

**Mots-clés**
**Epidémies, lazarets, Organisation mondiale de la santé (OMS)**

***Abstract***
***From the first international health conference to the creation of the World Health Organization (WHO)***
***This paper retraces the role of epidemics and their control–especially in the 19th century–in the establishment of international coordination to combat emerging diseases, up to the creation of the World Health Organization in 1945.***

***Keywords***
***Epidemics, Lazarettos, World Health Organization (WHO)***

Depuis la première utilisation médicale du mot « épidémie » (du grec « *epi-demos* », 'sur le peuple') par Hippocrate en 430 avant J-C, qui signifiait alors « un ensemble syndromique » (par exemple une épidémie de diarrhées) le mot a considérablement évolué sur le plan sémantique, pour acquérir ses définitions actuelles (Martin & Martin-Granel, 2006). Il a fallu attendre le Moyen-âge pour que la succession des nombreuses vagues de peste fasse prendre conscience aux médecins qu'à une épidémie correspondait une seule maladie, distincte et identifiable. Ces médecins réalisèrent alors que cette maladie arrivait le plus souvent par bateau, *via* les ports. Les médecins comme les autorités politiques comprirent le rôle joué par les voyageurs et par les échanges de marchandises dans la propagation des maladies infectieuses épidémiques. Ils prirent les mesures nécessaires pour combattre l'introduction de ces maladies : les premiers lazarets furent créés et les premières quarantaines établies dans les ports méditerranéens.

La première quarantaine fut instaurée en 1348, année de la peste noire à Raguse (aujourd'hui Dubrovnik). Le premier lazaret (de l'italien *lazzaretto*, corruption du mot Nazareth) fut créé en 1423 sur une petite île de la lagune de Venise, Santa Maria di Nazareth, pour recueillir des malades pesteux. Gênes, qui toujours suivit Venise, créa son propre lazaret en 1467. Ces structures d'accueil de malades en quarantaine devinrent courantes dans les ports de la Méditerranée, comme à Marseille en 1526, puis dans les grandes villes européennes comme à Milan en 1488 et à Berlin en 1710. Mais après les dernières grandes épidémies de peste, ces lazarets tombèrent peu à peu en désuétude jusqu'au 19^e^ siècle. Alors, la survenue de nouvelles maladies contagieuses, introduites notamment par les bateaux venant de zones tropicales, conduisit à la réouverture des lazarets à travers l'Europe.

La grande épidémie de fièvre jaune en Catalogne en 1821 déclencha la recherche d'un nouveau processus de *coordination internationale de la lutte contre les épidémies* en Europe et dans le bassin méditerranéen, par l'organisation des *Conférence sanitaires internationales* (Howard-Jones, 1975). Cette approche nouvelle fut ponctuée par des épidémies de choléra, de fièvre jaune, de peste et de typhus. L'alternance des épidémies et des conférences sanitaires internationales est notable. La première conférence eut lieu à Paris en 1851, et la plupart des grands pays européens y étaient représentés. Une nouvelle épidémie de fièvre jaune explosa à Lisbonne en 1857 et un seconde conférence internationale fut réunie en 1859. Le choléra frappa Istanbul en 1863 et la troisième conférence se tint dans cette ville en 1866…

Les deux premières conférences sanitaires internationales, qui avaient surtout pour objectif de renforcer et de standardiser les lazarets en Europe vis-à-vis de trois maladies d'importation, la peste, le choléra et la fièvre jaune, ont été essentiellement politiques, dans le sens

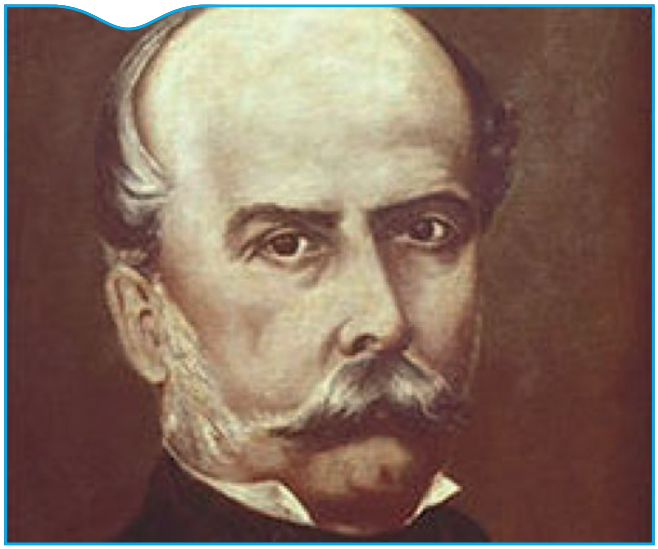

**Figure 1. Filippo Pacini, 1812 – 1883 (Source : http://es.wikipedia.org/wiki/Filippo_Pacini)**

où, pour la première fois, onze pays appartenant à l'Europe et au Moyen-Orient, incluant la Turquie, souhaitaient mettre en place une politique commune vis-à-vis des maladies épidémiques, alors que les problèmes de transmissibilité et d'épidémicité de ces maladies faisaient encore l'objet de doutes et de débats très vifs entre les scientifiques. La troisième conférence sanitaire internationale, surtout consacrée au choléra qui sévissait alors en Europe, a marqué une véritable étape dans l'évolution de la pensée : la transmissibilité du choléra était enfin reconnue comme une vérité incontestable, un seul cas humain pouvant être à l'origine d'une véritable épidémie ; le rôle des transports maritimes dans la dissémination lointaine était soulignée. Sans que son nom ne soit jamais mentionné, les lumières du grand savant italien Filippo Pacini (Figure 1), figure ô combien négligée de l'histoire des sciences, grand microscopiste, père de la découverte de l'origine microbienne du choléra et inventeur des modèles mathématiques en épidémiologie, a certainement éclairé la conférence ! Notons d'ailleurs que ce n'est qu'un siècle plus tard, en 1965, que la commission internationale de nomenclature en bactériologie décida de modifier le nom du bacille en « *Vibrio cholerae* Pacini 1854 », ajoutant le nom du savant italien et la date de sa découverte au nom du microorganisme.

Les quatrième et cinquième conférences, réunissant respectivement vingt-et-un pays à Vienne en 1874, et, après l'introduction de la fièvre jaune aux USA, vingt-six pays à Washington en 1881, furent très marquées par les discussions sur le choléra et son étiologie. Les

participants acceptèrent le fait que le choléra est une maladie importée en Europe depuis les Indes, au départ. Ils proposèrent la création d'une Agence sanitaire de notification, avec un bureau à Vienne et un à La Havane. La sixième conférence, à Rome en 1885, se tint deux ans après les missions françaises et allemandes en Égypte (pour étudier le choléra qui sévissait à Alexandrie) et la mission de Robert Koch aux Indes en 1884, au cours de laquelle celui-ci redécouvrit, après Pacini, le vibrion cholérique, l'isolat en culture pure et surtout décrivit sa morphologie caractéristique en forme de virgule. Encore consacrée au choléra, comme le sera la conférence suivante à Venise (1892), cette sixième conférence se focalisa sur les aspects pratiques de contrôle du choléra lors de l'arrivée des bateaux. À Venise, la septième conférence se termina par la première *Convention sanitaire internationale*. Cette convention est le premier résultat tangible de quarante-et-une années de conférences sanitaires internationales. L'objectif de la Convention était d'assurer le contrôle sanitaire du canal de Suez, supposé (à tort) être la voie idéale pour introduire le choléra en Méditerranée et en Europe.

Cependant en cette même année 1892, le choléra était introduit en Europe, depuis les Indes, par voie terrestre *via* l'Afghanistan, l'Iran, Bakou, Saint-Petersburg, Hambourg et enfin Paris. Lors de la huitième conférence à Dresde en 1893, Robert Koch publie, pour la seule ville de Hambourg, 16 956 cas dont 8 605 décès, soit une létalité supérieure à 50 % ! À Paris en 1894, l'année même où Alexandre Yersin découvre le bacille de la peste à Hong-Kong, la neuvième conférence aborde le problème des épidémies à la Mecque : huit ont été répertoriées entre 1871 et 1893, la dernière faisant environ 30 000 morts lors du pèlerinage de 1893 ! C'est lors de cette neuvième réunion qu'est décidée la mise en place d'un contrôle international à la source : des lazarets sont alors créés en Égypte (Suez, Port-Saïd, Alexandrie) et dans le Sinaï, à El Tor. La dixième conférence (Venise, 1897) est consacrée à la peste et à son risque de diffusion *via* la Mecque. Sous l'impulsion de l'infatigable Dr Adrien Proust (Figure 2) – père de l'écrivain - la conférence exprime unanimement le souhait de voir se créer un *Comité international* de codification et de consolidation des précédentes conventions. On peut voir là l'ancêtre lointain du Règlement sanitaire international. Après la découverte des agents bactériens étiologiques du choléra et de la peste, la onzième conférence de Paris, en 1903, l'année de la mort d'Adrien Proust, fut consacrée à la révision des mesures de quarantaine vis-à-vis de ces deux maladies. Une nouvelle convention internationale est signée, elle comporte 184 articles : l'article 181 préconise l'établissement à Paris d'un *Bureau international de la Santé*.

Suivant cette recommandation, l'*Office international d'hygiène publique* est créé à Paris en 1907. Il est chargé de collecter et de faire connaître les faits et documents intéressant la santé publique en général et plus particulièrement ceux concernant les maladies infectieuses, notamment le choléra, la peste et la fièvre jaune. Auparavant en 1902, le *Pan American Sanitary Bureau* avait été créé à Washington. Au sortir de la 'Grande Guerre', la toute jeune Société des nations (SDN), fondée en 1919 par le traité de Versailles, créera dès 1921 son « *Health Committee* ».

**Figure 2. Adrien Proust, 1834 – 1903 (Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Adrien_Proust)**

Trois autres conférences internationales seront réunies à Paris, en 1912, 1926 et 1938. La treizième conférence de 1926 consacre ses activités à la coordination entre les trois grandes organisations internationales de santé publique :

- le *Pan American Sanitary Bureau,* devenu aujourd'hui *Pan American Health Organisation* (PAHO) et servant de Bureau régional de l'Organisation mondiale de la santé pour le continent américain ;
- l'*Office international d'hygiène publique*, basé à Paris depuis 1907 ;
- le *Health Committee* de la SDN, établi à Genève en 1921.

En 1945, les diplomates réunis pour créer l'Organisation des nations unies ont notamment abordé la création d'une Organisation mondiale de la santé. Cette organisation regroupe aujourd'hui les trois grandes organisations précédentes. La constitution de l'OMS est entrée en vigueur le 7 avril 1948 – date à laquelle nous célébrons chaque année la Journée mondiale de la Santé.

Ainsi, entre la survenue en 1347 de la première épidémie de peste noire à Marseille et 1850, alors que les médecins prenaient lentement conscience de ce qu'était une épidémie dans l'acception moderne du mot, des mesures de contrôle (quarantaines, lazarets) plus ou moins efficaces et plus ou moins bien gérées, étaient mises en place. Dans une deuxième phase, entre 1851 et 1885, les experts internationaux réunis en conférences dans différentes villes du monde, d'Istanbul à Washington, feront évoluer la pensée sur l'origine des maladies épidémiques, passant, grâce aux travaux de Louis Pasteur, Robert Koch et Alexandre Yersin, de l'hypothèse miasmatique à la certitude microbiologique ; parallèlement, ils prendront conscience de la nécessité d'organiser par convention la lutte contre les épidémies et leur prévention au niveau international, notamment dans le monde méditerranéen. Entre 1892 et 1948, malgré les guerres et les génocides, les nations concrétiseront leur prise de conscience en créant l'OMS, fruit ultime de la lutte contre les grandes maladies infectieuses épidémiques. La variole sera éradiquée au niveau mondial en 1977 et la poliomyélite pourrait l'être dans les prochaines décades. Dès 1978 et la conférence d'Alma-Ata, l'OMS a commencé à élargir considérablement son périmètre d'action, d'abord aux soins de santé primaires, puis au tabagisme en 2003, et enfin aux maladies chroniques en 2008. Mais un bien long chemin reste encore devant nous : en effet en 1978, la déclaration d'Alma-Ata définissait ainsi la santé : *La santé [qui] est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en l'absence de maladie ou d'infirmité.*

## Références bibliographiques


Martin P.M.V., Martin-Granel E. (2006). 2,500-year evolution of the term epidemic. Emerg Infect Dis, 12: 976-980.

Howard-Jones N. (1975). The scientific background of the international sanitary conferences, 1851-1938. Geneva, World Health Organization.

http://whqlibdoc.who.int/publications/1975/14549_eng.pdf

# Des laboratoires de référence à la **veille sanitaire internationale** en France

Elena Arsevska (1,2)*, Didier Calavas (3)*, Morgane Dominguez (4)*, Pascal Hendrikx (4)*, Renaud Lancelot (1,2)*, Thierry Lefrançois (1,2)*, Bruno Peiffer (5)*, Jean-Baptiste-Perrin (6)*

(1) Cirad, UMR CMAEE, Montpellier, France
(2) Inra, UMR 1309, Montpellier, France
(3) Anses, Laboratoire de Lyon, Lyon, France
(4) Anses, Direction des laboratoires, Unité de coordination et d'animation de la surveillance (UCAS), Maisons-Alfort, France
(5) Direction générale de l'alimentation, Bureau de l'évaluation scientifique, de la recherche et des laboratoires, Paris, France
(6) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France
* par ordre alphabétique, membres de la cellule d'animation de la veille sanitaire internationale de la Plateforme ESA (vsi@anses.fr)

**Résumé**

**Les laboratoires nationaux de référence pour les maladies animales (LNR) sont une source incontournable d'expertise et connaissances scientifiques et techniques par rapport à l'activité de référence qu'ils exercent. Ils s'insèrent dans des réseaux internationaux et régionaux de santé animale (recherche et surveillance) ce qui est indispensable pour la diffusion des innovations, l'accès au matériel biologique (prélèvements dans les foyers) et pour identifier de nouvelles questions de recherche.**

**Cependant, certaines fonctions de la veille sanitaire internationale (VSI) restaient sans opérateur bien défini, en particulier l'expertise sur la situation mondiale vis-à-vis des maladies exotiques déjà connues ou de nouvelles maladies émergentes, et sur leur épidémiologie en relation avec les risques d'introduction sur le territoire français. Pour combler cette lacune, la Plateforme nationale d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) a récemment décidé de se doter d'un dispositif de VSI en sollicitant des experts des LNR et des épidémiologistes pour produire une veille complète.**

**Mots-clés**

**Laboratoires nationaux de référence, veille sanitaire internationale**

***Abstract***

***From reference laboratories to international health surveillance in France***

***The National Reference Laboratories (NRLs) for animal diseases are a vital source of scientific and technical expertise and knowledge regarding the reference activities they perform. They form part of regional and international animal health networks (for research and surveillance), which play an essential role in disseminating innovations, providing access to biological material (samples taken from outbreaks) and identifying new research questions.***

***However, some functions of international health surveillance (IHS) still lacked a well-defined operator, in particular expertise on the worldwide situation with regard to already-known exotic diseases or new emerging diseases, and on their epidemiology in relation to the risks of their introduction into France. To address this shortcoming, the French National Epidemiological Surveillance Platform for Animal Health (ESA Platform) recently decided to set up an IHS scheme by calling on NRL experts and epidemiologists to provide comprehensive surveillance.***

***Keywords***

***National reference laboratories, International health surveillance***

## Les laboratoires de référence et la veille sanitaire internationale

Les laboratoires nationaux de référence (LNR) pour les maladies animales ont dans leur mandat les activités de développement, optimisation, validation et normalisation des méthodes d'analyse, d'animation technique du réseau des laboratoires départementaux agréés, et de réalisation d'analyses officielles et de confirmation de résultats. Outre ces activités bien connues des acteurs du diagnostic vétérinaire, les LNR répondent aux demandes d'expertise scientifique ou technique du ministère chargé de l'agriculture ; ils réalisent également une veille scientifique et technique sur les techniques diagnostiques (Cirad, 2013 ; Anses, 2014). Par ailleurs, ils contribuent à la surveillance épidémiologique par l'activité même qu'ils exercent, par exemple en identifiant de nouveaux variants, de nouvelles souches d'agents pathogènes, ou en détectant des cas groupés à l'occasion de leur activité de référence. Ils ont en cela un réel rôle d'alerte, comme l'ont les Centres nationaux de référence (CNR) pour qui ce rôle est formellement inscrit dans leurs missions.

Pour assurer la crédibilité et la durabilité de leur fonction de référence, les structures ayant un mandat de LNR mènent également des travaux de recherche, y compris en épidémiologie. Elles s'insèrent dans des réseaux internationaux et régionaux de santé animale (recherche et surveillance) ce qui est indispensable pour la diffusion des innovations, l'accès au matériel biologique (prélèvements dans les foyers) et pour identifier de nouvelles questions de recherche.

La fonction de référence peut aussi être internationale, que le laboratoire concerné soit laboratoire de référence européen (LR-UE) ou qu'il soit laboratoire de référence de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et/ou centre de référence de l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO). Par exemple, le Centre international en recherche agronomique pour le développement (Cirad) est laboratoire de référence de l'OIE pour la péripneumonie contagieuse bovine sans être LNR pour cette maladie. Il n'en demeure pas moins que les activités de référence du Cirad et son implication dans des réseaux régionaux de santé animale lui donnent accès à des informations sur des émergences qui peuvent intéresser les acteurs de la surveillance et de la vigilance épidémiologique française.

Pour certaines maladies exotiques et considérées comme les plus à risque d'introduction sur le territoire français dans son ensemble, un mandat de référence a été confié par le Ministère chargé de l'agriculture à certains laboratoires : par exemple, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) est LNR pour la peste porcine africaine (Tableau 1). Cependant, certaines fonctions de veille sanitaire internationale (VSI) restaient sans opérateur bien défini, en particulier l'expertise sur la situation mondiale vis-à-vis des maladies exotiques déjà connues ou des nouvelles maladies émergentes, leur épidémiologie en relation avec les risques d'introduction sur le territoire français. Pour combler cette lacune, la Plateforme nationale d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) a récemment décidé de se doter d'un dispositif de VSI.

**Tableau 1.** Tableau synthétique de laboratoires de référence pour les principales maladies exotiques (Anses, 2012)

| Maladies exotiques | Laboratoire de référence |
|---|---|
| Fièvre aphteuse (FA) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Influenza aviaire (IA) | LNR Anses, Ploufragan/Plouzané |
| Fièvre catarrhale ovine (FCO) | LNR Anses, Maisons-Alfort; LNR Cirad, Montpellier |
| Peste porcine classique (PPC) | LNR Anses, Ploufragan/Plouzané |
| Maladie hémorragique épizootique (EHD) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Peste porcine africaine (PPA) | LNR Anses, Ploufragan/Plouzané |
| Encéphalite West Nile (WN) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Brucellose à B.melitensis | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Encéphalite à virus Nipah | CNR Institut Pasteur, Lyon |
| Brucellose à B. abortus | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Fièvre de la vallée du Rift (FVR) | LNR Anses, Lyon; LNR Cirad, Montpellier |
| Peste équine (PE) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Rage | LNR Anses, Nancy |
| Encéphalite Japonaise (EJ) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Péripneumonie contagieuse bovine (PPCB) | LR OIE Anses, Lyon; LR OIE/FAO Cirad, Montpellier |
| Fièvre hémorragique Crimée Congo (FHCC) | LR OIE CNR Institut Pasteur, Paris |
| Maladie vésiculeuse de suidés (MVS) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Myiase à *Cochliomyia hominivorax* | Pas de LNR, tous les laboratoires de parasitologie vétérinaire |
| Peste des petits ruminants (PPR) | LNR Cirad, Montpellier |
| Encéphalite équine vénézuélienne (EEV) | LNR Anses, Maisons-Alfort |
| Trypanosomose à *T. evansi* (Surra) | LR OIE Institut de médecine tropicale, Anvers, Belgique |

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNR : Centre national de référence
LNR : Laboratoire national de référence
LR OIE : Laboratoire de référence de l'Organisation mondiale de la santé animale
LR FAO : Laboratoire de référence de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

## La veille sanitaire internationale de la Plateforme ESA

Le dispositif de VSI de la Plateforme ESA a débuté ses activités fin 2013. Il a pour objectif d'identifier, suivre et interpréter les signaux sanitaires relatifs à des événements sanitaires inhabituels survenant à l'étranger, susceptibles de s'étendre rapidement et de présenter un caractère de gravité pour la santé des populations animales et humaines (zoonoses) en cas d'introduction en France. Il produit ainsi des informations sanitaires à des fins d'évaluation du risque d'une part, et de gestion du risque d'autre part (Arsevska *et al.*, 2014a). Il est coordonné par une cellule d'animation animée par le Cirad et composée de représentants de l'Anses, du Cirad et de la Direction générale de l'alimentation du ministère chargé de l'agriculture (DGAL). Cette cellule d'animation est en interaction avec un groupe de suivi de la Plateforme ESA dédié à la VSI. Ce groupe de suivi rassemble des représentants de chaque membre de la Plateforme ESA : il émet les besoins des membres en matière de VSI, indique le type d'informations dont les membres ont besoin et de manière générale constitue l'interface entre la cellule d'animation et le groupe des « utilisateurs » de la VSI au niveau de la Plateforme ESA.

Les signaux sanitaires repérés et analysés par la cellule d'animation VSI sont des données épidémiologiques provenant de sources officielles (par exemple les rapports de notifications d'alertes sanitaire envoyés par les autorités compétentes nationales à l'OIE), mais aussi des données épidémiologiques non validées, de nature diverse, provenant de sources informelles, telles que la presse écrite nationale ou locale, ou des listes de diffusion spécialisées dans la détection des émergences sanitaires comme Promed (http://www.promedmail.org/). Une attention particulière est portée à l'information sanitaire en provenance d'experts français et étrangers : LNR, les réseaux nationaux ou régionaux de surveillance des maladies animales *via* leurs bulletins épidémiologiques, correspondants sur le terrain, etc.

## Le fonctionnement de la VSI

Le fonctionnement de la VSI est schématisé sur la Figure 1. Les signaux de dangers sanitaires sont filtrés par la cellule d'animation VSI et envoyés aux experts compétents des LNR et d'autres structures. Les experts vérifient et analysent les signaux et produisent des notes d'information sanitaire. Selon le niveau de confidentialité – déterminé par l'origine des sources d'information et par la communication mise en place par l'autorité compétente en santé animale du pays d'origine (exemple : notification ou pas au système d'information sanitaire de l'OIE), la cellule d'animation VSI communique exclusivement l'information sanitaire aux membres de la Plateforme ESA ou la rend publique dans le centre de ressources de cette plateforme (http://plateforme-esa.fr/).

## Liste d'experts

Les experts sollicités pour valider et commenter les signaux identifiés par la cellule d'animation VSI sont recrutés sur une base thématique (par maladie) et/ou géographique (experts impliqués dans des réseaux nationaux ou régionaux de santé animale). Ils font partie du personnel des LNR français ou étrangers et des LR-UE ou de l'OIE, ou sont des experts *thématiques* ou *géographiques* reconnus par la cellule d'animation VSI ou indiqués par les experts des LNR.

L'identification d'un expert donné se fait pour les besoins d'expertise sur un danger sanitaire identifié et validé par la cellule d'animation VSI, à l'occasion de l'une des réunions périodiques de la cellule ou par un échange de courriels en cas d'urgence.

Une liste d'experts ainsi validés est constituée au gré des besoins (par nature peu prévisibles).

## Vérification et analyse des signaux

Les signaux provenant de sources informelles ne sont pas considérées comme fiables *a priori*. Pour un danger sanitaire identifié, au moins

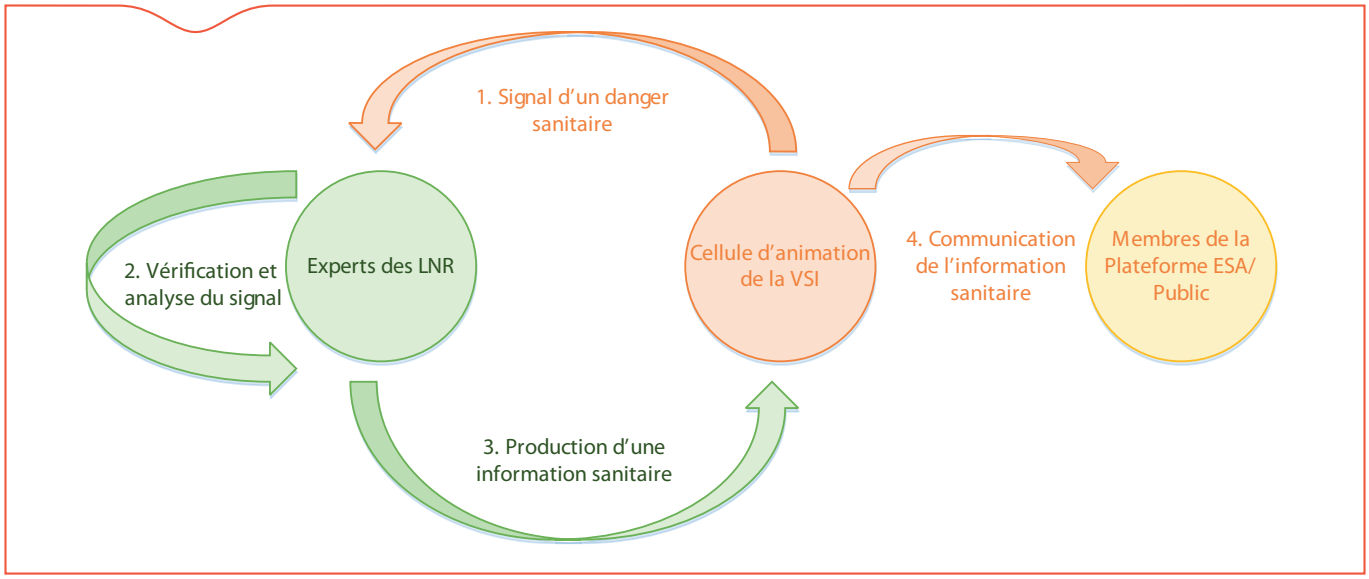


**Figure 1. Schéma du fonctionnement de la veille sanitaire internationale de la Plateforme ESA**

deux experts sont consultés : un spécialiste de l'agent pathogène en question et un épidémiologiste, ayant de préférence des connaissances spécifiques des régions d'occurrence du danger. Cette étape consiste à vérifier la validité de l'information et à compléter les données épidémiologiques disponibles auprès de sources considérées comme fiables (réseaux nationaux ou régionaux de santé animale, ONG spécialisées en santé animale, ambassades, etc.). Quand un contact est nécessaire avec les services vétérinaires officiels des pays impliqués, il se fait par l'intermédiaire de l'autorité compétente française (DGAL).

## Productions de la VSI

Ce sont :

- des notes *ad hoc*, consistant en une information en temps réel, en réponse à un danger considéré comme important et proche dans l'espace et dans le temps ;
- des notes d'information sur l'évolution de la situation épidémiologique d'un danger sanitaire listé par la cellule d'animation VSI ;
- des synthèses mono ou multi-thématiques.

Les notes *ad hoc* ne sont pas publiques. Elles sont envoyées à une liste précise de membres de la Plateforme ESA qui s'engagent formellement à n'utiliser ces notes qu'à leur propre usage. Les notes *ad hoc* produites jusqu'à présent n'ont anticipé que de 24 à 48h la mise en ligne d'informations sanitaires par des sites internet officiels ou non. Cela montre bien que dans le contexte actuel de circulation des informations à grande vitesse *via* internet, ce n'est pas la diffusion rapide d'informations qui constitue la clé d'un système de surveillance. En revanche, cette diffusion de notes *ad hoc* contenant une information analysée, filtrée, interprétée permet aux destinataires de la VSI d'anticiper leur réflexion et leur réaction (mise en place de mesures de gestion, communication, etc.) par rapport à des informations très rapidement portées à la connaissance de tous, mais parfois de manière non interprétée, voire mal interprétée.

Les notes d'information et les synthèses thématiques sont publiées sur le site internet de la Plateforme ESA ou dans le *Bulletin Epidémiologique* Anses–DGAL (https://pro.anses.fr/bulletin-epidemiologique/index.htm).

## Perspectives

L'interface entre la cellule d'animation VSI, les LNR et plus généralement les contributeurs de la VSI est en bonne voie de formalisation et d'animation afin que chacun y trouve son intérêt : informations analysées et contextualisées fournies par les experts, retour d'information aux experts mobilisés par la cellule d'animation VSI et à tous les acteurs de la surveillance au niveau national y compris les évaluateurs de risque (Anses), les gestionnaires du risque (DGAL) et les utilisateurs (GDS, Coop de France, etc.).

Parmi les travaux méthodologiques en cours, un système de fouille de dépêches sanitaires est en développement, fondé sur une interaction entre de l'analyse textuelle automatisée (*text mining*) et de l'expertise épidémiologique produite par des groupes d'experts thématiques et géographiques. L'objectif est de détecter des signaux précoces de maladies émergentes dans les dépêches électroniques, avant que la déclaration ne soit faite à l'OIE par les services vétérinaires (veille Internet). À partir d'un corpus de dépêches sanitaires pour une maladie donnée, et par une analyse textuelle de ces dépêches, une liste d'expressions est extraite. Les expressions sont ensuite évaluées par des experts et constituent une source de nouvelles expressions plus spécifiques et plus sensibles pour détecter de signaux d'émergence pour des maladies connues (ex. peste porcine africaine) ou pour des syndromes (ex. mortalité élevée chez les sangliers) (Arsevska *et al.*, 2014b).

## Références bibliographiques

Anses, 2012. Risques d'introduction et de diffusion d'agents pathogènes exotiques en France métropolitaine et propositions de mesures pour réduire ces risques. Risks of introduction and diffusion of pathogen agents in metropolitan France and proposition of measures for reduction of these risks. http://www.anses.fr/Documents/SANT2009sa0294Ra.pdf (accessed 13 juin 2014).

Anses, 2014. Mandats de référence https://www.anses.fr/fr/documents/ANSES-Ft-PlaquetteMandats.pdf (accessed 26 octobre 2014).

Arsevska, E., Dominguez, M., Peiffer, B., Perrin, J-B., Marcé, C., Hendrikx, P., Etore, F., Collignon, C., Lancelot, R., Lefrançois, T., Calavas, D., 2014a. Développement d'une veille sanitaire internationale en santé animale dans le cadre de la Plateforme ESA. Bull. Épid. Santé Anim. Alim. 63, 29-30.

Arsevska, E., Roche, M., Lancelot, R., Hendrikx, P., Dufour, B., 2014b. Exploiting Textual Source Information for Epidemiosurveillance, in: B. S. Clos et Al. (Ed.). Presented at the MTSR 2014: 8th Metadata and Semantics Research Conference, Springer International Publishing Switzerland, pp. 359–361. doi:10.13140/2.1.4049.1522

Cirad, 2013. Références nationales, activités de référence, expertise & prestations - Unité mixte de recherche Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes (CMAEE) http://umr-cmaee.cirad.fr/expertise-prestations/activites-de-reference/references-nationales (accessed 26 octobre 2014).

# Prévention et préparation à la maîtrise des **maladies animales émergentes ou exotiques** susceptibles d'être introduites en France

Séverine Rautureau (1) (severine.rautureau@agriculture.gouv.fr), Jean-Baptiste Perrin (1), Xavier Rosières (2)
(1) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France
(2) Direction générale de l'alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris, France

**Résumé**
Parmi les maladies correspondant à des dangers sanitaires de catégorie 1, certaines ont des caractéristiques de contagion et de virulence qui exigent la planification « en temps de paix » d'un dispositif de lutte, appelé plan d'intervention d'urgence. La mise en oeuvre de ce dispositif repose sur une surveillance en majeure partie événementielle. L'enjeu est de maintenir des mesures de prévention et un degré de vigilance suffisants pour éviter l'introduction et la propagation de maladies exotiques. L'ensemble des acteurs doit se préparer à réagir et mettre en œuvre rapidement des mesures de gestion. Une planification des actions à conduire et des entraînements réguliers maintiennent l'opérationnalité de ces dispositifs. L'ensemble de ces mesures doit ainsi permettre de faire face à tout type d'épizootie, maladie exotique déclinée ou non en plan d'urgence mais également maladie émergente, voire à d'autres événements sanitaires impactant la santé animale. Le nouveau format du plan d'urgence, qui rassemble tous les aspects transversaux à la gestion d'une épizootie et auquel seront associés certains plans spécifiques déclinés par maladie, permettra d'apporter des outils opérationnels et d'en faciliter l'appropriation par les autorités vétérinaires départementales et régionales. Dans le contexte sanitaire actuel, l'objectif prioritaire est désormais de réduire nos vulnérabilités par des mesures de prévention et de se préparer à l'avance, avec une organisation solide et rodée pour répondre efficacement dans l'urgence.

**Mots-clés**
Maladies animales exotiques, maladies animales émergentes, planification

***Abstract***
***Prevention and preparation for control of emerging or exotic animal diseases likely to be introduced into France***
*Among the diseases classified as Category 1 health hazards, the contagion and virulence characteristics of some require "peacetime" planning of a control scheme, otherwise known as an emergency response plan. Implementing such a scheme relies largely on outbreak surveillance. The challenge is to maintain adequate preventive measures and vigilance to avoid the introduction and spread of exotic diseases. All stakeholders should be prepared to react and implement management measures swiftly. The operational capability of these schemes is maintained through planning of actions to be taken and regular training. All these measures should then make it possible to deal with any kind of epizootic, whether an exotic disease that may or may not be the subject of an emergency plan, an emerging disease, or any other health event with an impact on animal health. The new format of the emergency plan, which brings together all the cross-cutting aspects of epizootic management, and which will be accompanied by certain disease-specific plans, will enable operational tools to be provided and will facilitate their adoption by the departmental and regional veterinary authorities. In the current health context, the main objective is now to reduce our vulnerabilities with preventive measures, and to prepare in advance, with a solid, well-run organisation that can respond effectively to emergencies.*

***Keywords***
*Exotic animal diseases, Emerging animal diseases, Planning*

Après des décennies de lutte et l'éradication de certaines maladies, la France, comme la plupart des États membres de l'Union européenne, bénéficie d'un contexte sanitaire favorable dans le domaine de la santé animale. Pour la plupart des maladies faisant l'objet d'un programme de lutte, l'objectif poursuivi était l'assainissement, permettant de définir, conformément aux règles communautaires et internationales, des zones et territoires indemnes, voire d'obtenir un statut officiel indemne (cas de la fièvre aphteuse) facilitant le commerce des animaux et des produits d'origine animale. L'heure n'est désormais plus à lutter pour acquérir une situation sanitaire satisfaisante, mais plutôt à défendre celle-ci, avec à la clé d'importants enjeux économiques.

Or l'augmentation des échanges et du commerce international, l'accroissement des populations humaines et animales mondiales (qui favorise leurs contacts), ainsi que les changements climatiques se traduisent par une probabilité plus importante d'émergence et de diffusion transfrontalière de nouveaux agents pathogènes. De plus, même si des connaissances scientifiques ont été accumulées sur de nombreux agents pathogènes, leurs modes de diffusion au sein d'une population d'animaux d'élevage sont devenus difficiles à anticiper : les profils d'élevages et les contacts entre élevages ont évolué, et les interactions entre la faune sauvage et les cheptels domestiques sont encore mal connues.

Cette situation rend la France potentiellement vulnérable à toute nouvelle incursion dans un cheptel désormais naïf vis-à-vis de nombreux agents pathogènes. De fait, les actions et outils mis en place par les autorités sanitaires (voir D. Guériaux *et al.*, dans ce numéro) doivent évoluer pour couvrir et permettre la maîtrise rapide de tout nouveau danger sanitaire introduit sur le territoire.

## Le contexte réglementaire

Le maintien d'un statut indemne au niveau européen ou mondial (OIE) est tout d'abord conditionné à la mise en place de dispositifs de prévention, de surveillance et de gestion. Un cadre réglementaire européen, décliné au niveau français définit ces dispositions et pour certaines maladies exotiques, impose que les dispositions de gestion soient déclinées sous forme de plan d'intervention d'urgence (Tableau 1).

En France, les maladies exotiques d'intérêt majeur ont été classées comme des dangers de catégorie 1 (arrêté du 29 juillet 2013 sur la catégorisation des dangers sanitaires) (Fediaevsky *et al.* 2013). Parmi celles-ci, on peut distinguer trois catégories de maladies, faisant l'objet de dispositifs de préparation différents :

- les maladies fortement épizootiques (Tableau 1), pour lesquelles il doit être prévu la déclinaison opérationnelle des actions à mener pour prévenir, surveiller et maîtriser la maladie dans un dispositif dit Plan national sanitaire d'intervention d'urgence (PNISU) ;
- les maladies réglementées, dont la surveillance et la gestion sont décrites par des arrêtés ministériels dédiés ;

**Tableau 1. Liste des maladies citées dans le décret 2012-845 du 30 juin 2012**

| |
|---|
| Clavelée (variole ovine) et variole caprine |
| Dermatose nodulaire contagieuse (bovins) |
| Fièvre aphteuse (artiodactyles) |
| Fièvre catarrhale ovine - sérotype exotique - (ruminants) |
| Fièvre de la vallée du Rift (ruminants) |
| Influenza aviaire |
| Maladie de Newcastle (oiseaux) |
| Maladie hémorragique épizootique des cervidés |
| Maladie vésiculeuse des suidés |
| Peste bovine |
| Peste des petits ruminants |
| Peste équine |
| Peste porcine africaine |
| Peste porcine classique |
| Stomatite vésiculeuse (chevaux, ruminants) |

- les autres maladies exotiques et les maladies émergentes, sans dispositif réglementaire dédié.

Le Code rural et de la pêche maritime (CRPM) donne les lignes directrices des dispositions à mettre en œuvre, dispositions générales et universelles pour l'ensemble des maladies possiblement existantes.

## Prévention et réseau d'alerte

Les mesures actuelles pour prévenir l'introduction d'une maladie exotique consistent en la maîtrise des introductions sur le territoire national des animaux et de leurs produits. Les mesures de biosécurité contribuent pleinement à cette prévention, les principes de base étant de limiter les contacts entre animaux d'origine et/ou de statut différents (séparation dans le temps ou dans l'espace) ou de renforcer les mesures de protection et de désinfection. Une bonne traçabilité et l'identification des animaux sont un préalable et renforcent ce dispositif.

Pour détecter rapidement toute introduction de maladie exotique ou émergente, la surveillance événementielle, basée sur la notification de signes cliniques ou de lésions, s'impose comme choix de surveillance à mettre en place. Une surveillance programmée, basée sur le risque, ou une approche par la surveillance syndromique, peuvent compléter ces actions si nécessaire.

Le réseau d'alerte repose alors sur ces dispositifs. Un schéma général de gestion opérationnelle des suspicions (Figure 1), en cours d'évaluation par l'Anses, est proposé dans les nouveaux formats des plans d'urgence (cf. paragraphe suivant). Ainsi, dans un dispositif de surveillance événementielle, l'événement sanitaire est signalé par un vétérinaire, qui avait été initialement lui-même sollicité par un éleveur. La décision de valider ce signalement et le traiter comme une véritable suspicion est confortée par une expertise, souvent avec un contact auprès des laboratoires de référence. Ensuite, des prélèvements sont réalisés et, en attente de diagnostic, l'exploitation est placée sous surveillance. Ce processus est géré sous la responsabilité des DD(ec)PP en lien avec la DGAL. Dès la suspicion retenue, la mobilisation des acteurs débute et varie selon le degré et la qualification de la suspicion.

## Le maintien de la vigilance

La rapidité et la pertinence des décisions sanitaires dépendent de la fiabilité du système de surveillance et d'alerte ; Tout événement sanitaire doit être au plus vite détecté et donner lieu à une alerte rapide. L'objectif est de garantir pour chaque acteur les connaissances

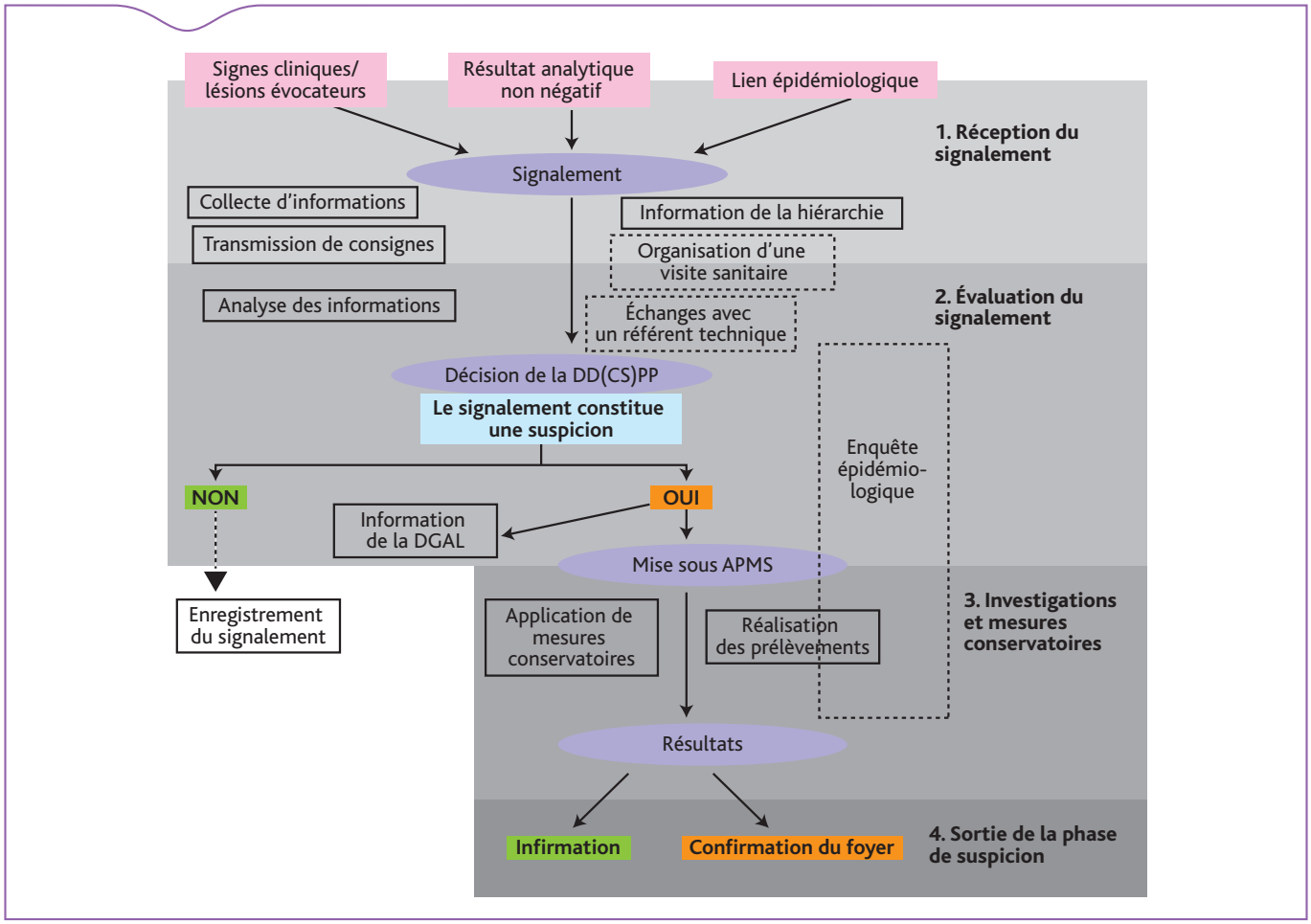


**Figure 1. Schéma général de gestion opérationnelle d'une suspicion**

nécessaires sur les maladies et sur le fonctionnement du réseau d'alerte. Cette vigilance peut « s'étioler » voire « s'épuiser » face à des maladies par définition absentes du territoire ou encore inconnues. Ainsi, les actions mises en place visent à dynamiser le réseau d'alerte en diffusant régulièrement à chaque acteur des informations techniques et de veille, et en proposant des formations adaptées. Pour mieux cibler ces actions et coordonner les dispositifs de surveillance, l'État s'appuie sur la Plateforme nationale de surveillance épidémiologique en santé animale (Plateforme ESA).

Depuis deux ans, la DGAL, dans le cadre de la Plateforme ESA utilise ainsi la méthode OASIS (Hendrikx *et al.* 2011) pour évaluer les dispositifs de surveillance des maladies exotiques suivantes : les pestes aviaires (influenza aviaire et maladie de Newcastle), les pestes porcines et la fièvre aphteuse (Dominguez *et al.* 2014). L'analyse du fonctionnement de ces dispositifs a permis d'identifier des axes de renforcement transversal des capacités de surveillance pour les dangers sanitaires exotiques de première catégorie.

Deux pistes de réflexion susceptibles d'améliorer le maintien de la vigilance vis-à-vis de ces maladies exotiques ont été identifiées :

- mieux définir le signal d'alerte et les cas suspects ;
- introduire des diagnostics d'exclusion ou une expertise par un référent présent au sein d'un réseau actif.

À ce jour, seul le dispositif de la fièvre aphteuse met à disposition des DDecPP un appui dans la caractérisation de la suspicion au travers la cellule d'alerte FA, joignable 24h/24. La mission d'expertise de la cellule d'alerte FA composée de vétérinaires (épidémiologistes et virologistes) du Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort de l'Anses, est centrée sur l'analyse épidémiologique du risque et la description du/des cas. Toutefois, ce dispositif dédié uniquement à cette maladie montre également des voies d'amélioration. Les tâches afférentes à l'animation de la surveillance doivent par exemple être mieux définies et pourraient être optimisées par un pilotage non spécifiquement dédié à la fièvre aphteuse.

L'enjeu est de pouvoir maintenir pour l'ensemble des dispositifs de surveillance de ces maladies exotiques, reposant essentiellement sur une surveillance événementielle, un dispositif efficient d'alerte alors qu'il n'est pas ou peu régulièrement mis sous tension. Une approche transversale à certaines maladies exotiques (par lésions ou symptômes communs) ou par filière renforcerait les capacités nationales de surveillance des dangers sanitaires exotiques de première catégorie (Dominguez *et al.*, 2014).

La vigilance des différents acteurs (éleveurs, vétérinaires, acteurs sanitaires) est régulièrement réactivée avec la diffusion d'informations sur les menaces proches et les changements de contexte sanitaire. Les informations peuvent être diffusées directement ou publiées *via* la Plateforme ESA (en particulier par son centre de ressources http://www.plateforme-esa.fr/), en fonction des informations produites par la mission de veille sanitaire internationale (VSI) de la Plateforme ESA. L'information des éleveurs de bovins se fait également par les visites vétérinaires obligatoires (visite sanitaire bovine), dont les thèmes varient chaque année ou tous les deux ans. Le cycle initial en 2007 comprenait une sensibilisation à la fièvre aphteuse, le cycle qui s'achève portait sur les avortements, le prochain cycle (2015), en phase de testage sera consacré à la fièvre aphteuse.

Quand la situation sanitaire internationale le justifie, une campagne plus spécifique de sensibilisation vis-à-vis d'une part des autorités locales (préfets, DDecPP) et d'autre part des partenaires institutionnels (GDS France, associations, etc.) est organisée. La mise en place du Comité national d'orientation des politiques sanitaires animales et végétales (CNOPSAV) contribue à la réactivité de la mobilisation des parties prenantes en cas d'alerte. L'exemple en a été donné suite à l'épizootie de fièvre aphteuse qui sévit actuellement au Maghreb (Tunisie et Algérie). Les membres du CNOPSAV ont été réunis à deux reprises, en configuration élargie aux autres parties prenantes (ministère du transport, experts fièvre aphteuse, etc.). Cela a permis notamment de partager l'information et de s'accorder sur des actions de prévention et de sensibilisation à conduire.

Par ailleurs, pour contribuer à améliorer la notification des observations faites par les vétérinaires sur le terrain, des travaux sont engagés depuis mai 2014 pour développer un dispositif informatique permettant aux vétérinaires de transmettre facilement leurs signalements de suspicions à la DDecPP, et de tracer le traitement de ces signalements (enrichissement par des informations complémentaires, sollicitations d'experts scientifiques, décision de validation en suspicion).

Enfin, pour la partie formation, différents canaux sont activés. Chaque famille d'acteurs met en place dans ses formations initiales et continues des modules relatifs aux maladies exotiques.

Plus spécifiquement, des démarches ciblées existent : l'EUFMD (European Commission for the Control of Foot and Mouth Disease) propose par exemple aux États membres des formations à la clinique de la fièvre aphteuse dans des pays où elle est endémique. Le dispositif de formation continue obligatoire pour les vétérinaires sanitaires offre également dans son catalogue de formations des thèmes relatifs aux maladies émergentes ou au diagnostic en élevage porcin ou de volailles qui contribuent à maintenir la compétence du réseau pour l'alerte précoce.

## La gestion et préparation à la maîtrise

Si les mesures de prévention font défaut, des mesures de gestion rapide doivent être envisagées.

### *Les moyens de gestion*

Les moyens de maîtrise visent soit à limiter la propagation de la maladie soit à l'éradiquer. Les moyens employés vont de la séquestration/limitation de mouvements des animaux, à l'abattage des animaux ou des troupeaux malades ou reconnus infectés, complétés si besoin, par des abattages préventifs et/ou par de la vaccination d'urgence.

Dans tous les cas, le traitement médical des animaux infectés n'est pas envisagé car souvent inexistant ou pas assez spécifique et efficace, et n'apportant pas une garantie vis-à-vis d'un portage latent potentiel. Le traitement médical des animaux infectés est donc souvent interdit, même quand il existe.

### *La préparation et la planification*

La planification se traduit pour les maladies dites « à plan d'urgence », par la déclinaison de façon opérationnelle des mesures réglementaires.

L'article L201-5 du CRPM prévoit un PNISU qui « *définit les principes d'organisation et les moyens à mobiliser pour faire face à ces dangers sanitaires et prévoit les mesures à mettre en œuvre en cas de suspicion ou de confirmation d'un foyer* ». Ce plan national doit être décliné dans chaque département, dans le cadre du dispositif opérationnel Orsec[1] qui constitue le dispositif unique pour la gestion des situations d'urgence en vue de la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Ce dispositif départemental placé sous la direction unique du préfet permet de faire face à tous types de situations d'urgence, qu'elles soient prévisibles ou pas, et de mobiliser et coordonner l'ensemble des acteurs, au-delà du niveau de réponse courant ou quotidien des services.

Jusqu'à présent, il existait des plans nationaux par maladie (la fièvre aphteuse, les pestes aviaires, les pestes porcines et la fièvre catarrhale ovine), complétés par des documents généraux (acheminement des prélèvements, abattage des animaux…). Pour les autres maladies exotiques ou émergentes, des réglementations dédiées ou les dispositions générales du CRPM (D223-22-2 à D223-22-17) s'appliquent et peuvent s'articuler avec des procédures et les modèles de documents existant dans les plans publiés, notamment au sein d'une filière de production (fiche de prélèvements, fiche de commémoratifs, enquête épidémiologique…).

(1) Décret n° 2005-1157 du 13 septembre 2005

Une refonte des plans d'urgence nationaux est actuellement en cours. L'objectif est de disposer d'un « plan générique » rassemblant tous les aspects transversaux à la gestion d'une épizootie, auquel seront associés des plans par maladie qui n'aborderont que les aspects spécifiques à la dite maladie. Cette nouvelle forme permettra de limiter le nombre de documents, de disposer de documents très opérationnels, d'en faciliter l'appropriation et la mise à jour, mais aussi de faire face à une maladie pour laquelle il n'existerait pas de plan spécifique, voire à d'autres événements sanitaires touchant la santé animale. Le PNISU sera ainsi composé :

- d'un plan générique qui regroupera tous les aspects communs à toutes les maladies comprenant une partie décrivant l'organisation, la chaîne de commandement, les étapes de la gestion d'une épizootie, etc., et des annexes techniques (qui sont des guides opérationnels sur différentes thématiques telles que le dépeuplement, la décontamination, l'élimination des sous-produits, etc.) ;
- de plans spécifiques par maladie.

### *Place de la lutte vaccinale dans les plans d'urgence*

Dans les plans d'urgence, le recours à une lutte vaccinale n'est pas systématique.

Pour les maladies contagieuses, la vaccination s'envisage souvent en second lieu, dans le cas où les mesures sanitaires ne suffiraient pas à éviter la diffusion de la maladie. Au contraire, dans le cas des maladies vectorielles, les mesures sanitaires seules sont souvent insuffisantes compte tenu de leur mode particulier de transmission, et la vaccination est utilisée comme moyen de lutte de première intention.

Bien entendu, une stratégie vaccinale ne pourra être mise en œuvre que si un vaccin existe, qu'il est disponible en quantité suffisante et apporte des garanties satisfaisantes en matière d'innocuité (problématique des vaccins vivants) et d'efficacité (bonne protection par rapport à la souche circulante). Ce n'est pas le cas pour toutes les maladies à plan d'urgence. Ainsi, il n'existe pas de vaccin pour la peste porcine africaine. Pour la fièvre aphteuse ou la fièvre catarrhale ovine, le vaccin sera différent selon le serotype circulant. La constitution de banques pour une vaccination d'urgence peut alors être problématique, quand de nombreux sérotypes existent et qu'il n'existe pas de vaccin unique couvrant tous les sérotypes. La possibilité de distinguer les animaux infectés des animaux vaccinés sera également un critère dans le choix du vaccin, permettant ensuite la réalisation de tests sérologiques différentiels.

Les modalités de mise en œuvre de la vaccination doivent être définies selon l'objectif recherché (diminuer l'extension de la maladie ou prévenir d'éventuel foyer sur le territoire face à un risque d'introduction considéré comme élevé) et suivant le type de vaccination d'urgence : suppressive (les animaux sont abattus peu de temps après la vaccination) ou préventive (les animaux vaccinés sont conservés).

La décision de vaccination s'appuie donc sur un ensemble de critères (épidémiologiques, techniques, mais aussi financiers et sociétaux) combinés aux aspects stratégiques, politiques et économiques (impact sur le statut indemne et les flux commerciaux). Des travaux sont en cours reprenant l'ensemble des critères techniques pour établir une stratégie générale de lutte pour l'ensemble des dangers sanitaires de catégorie 1. Le Réseau français de santé animale (RFSA) et le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) ont été mobilisés en 2014 pour apporter un avis et des recommandations sur la mise en place de stratégies vaccinales.

De manière générale, les restrictions de mouvements et les abattages sanitaires seront les premiers moyens rapidement mis en place. Les stratégies ou les critères de décision sont précisées dans le cadre du PNISU. Des groupes d'experts (épidémiologistes et microbiologistes) sont associés et interviennent en appui et pour certaines maladies, des outils d'aide à la décision sont en cours de déploiement (Marsot *et al.*, 2014).

### *Formation aux plans d'urgence et mise en pratique*

La planification doit également prévoir des actions de formation au déploiement des plans d'urgence : chaque acteur doit connaître le fonctionnement et son rôle lors d'application des mesures de gestion. Des dispositifs dédiés sont disponibles : mallette pédagogique transversale sur les plans d'urgence, complétée depuis peu par un module « abattoir », des formations BTSF (Better Training for Safer Food) proposées par la Commission européenne (http://www.foodinfo-europe.com).

En complément, la pertinence et l'opérationnalité des plans doivent être évaluées par des exercices ou des entraînements. La politique des exercices pour les services déconcentrés (DDecPP) est décrite dans la note de service n°2013/8119 du 17 juillet 2013 « Les exercices de gestion d'une épizootie ». Les exercices sont répartis en trois niveaux selon le type d'acteurs impliqués et l'étendue géographique. Les DDecPP doivent avoir réalisé un exercice de chaque niveau sur une période de quatre ans. La gestion d'une suspicion ou d'une confirmation réelle est comptabilisée comme un exercice sous réserve qu'un retour d'expérience soit effectué à la fin de la gestion.

Chaque année, des exercices sont réalisés sur le territoire national (77 en 2013). Un bilan est envoyé à la Commission européenne. L'initiative en revient essentiellement aux services déconcentrés, mais également aux préfectures, voire au ministère de l'Intérieur dans le cadre d'une programmation annuelle imposée. Chaque exercice fait l'objet d'un retour d'expérience qui est suivi le cas échéant à la mise à jour des plans d'urgence.

Pour l'ensemble du déroulement du dispositif de prévention et maîtrise de la maladie, la communication reste fondamentale et doit également être planifiée.

## Conclusion

Le dispositif de maîtrise des maladies exotiques repose sur trois axes fondamentaux :

- le maintien de la vigilance pour détecter rapidement toute introduction ;
- la planification des taches, avec la déclinaison du PNISU en « plans d'intervention » départementaux ;
- le maintien des compétences et la réalisation d'exercices.

Les nouvelles actions décrites, en cours de consolidation, s'inscrivent bien dans cette approche globale de la politique sanitaire qui vise à maintenir un dispositif permettant à la fois de faire face aux maladies prioritaires par filière, et de disposer d'outils et de ne pas être démuni face aux maladies plus rares, voire émergentes. Face à ces nouveaux dangers sanitaires, l'objectif prioritaire est avant tout de réduire nos vulnérabilités par des mesures de prévention et de se préparer à l'avance, avec une organisation solide et rodée, pour répondre efficacement dans l'urgence.

## Références bibliographiques


Dominguez M., Marcé C., Rautureau S., Sadonès H., Fediaevsky A., Calavas D., Pascal Hendrikx P. 2014. Vers un renforcement transversal des capacités nationales de surveillance des dangers sanitaires exotiques de première catégorie : proposition d'axes génériques de progression à partir de trois évaluations de dispositifs de surveillance, Bull. Epid. Santé Anim. 65, 12-16.

Fediaevsky A., Marcé C., Delefosse H., Hendrikx P., Calavas D., Guériaux D. 2013. La catégorisation des dangers sanitaires apporte de la flexibilité et partage les responsabilités. Bull. Epid. Santé Anim. Alim. 60, 30-32

Hendrikx, P., Gay, E., Chazel, M., Moutou, F., Danan, C., Richomme, C., Boué, F., Souillard, R., Gauchard, F., Dufour, B., 2011. OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. Epidemiol Infect, 139, 10, 1486-1496.

Marsot M., Rautureau S., Dufour B., Durand B., 2014. Impact of Stakeholders Influence, Geographic Level and Risk Perception on Strategic Decisions in Simulated Foot and Mouth Disease Epizootics in France, Plos One, 9, DOI: 10.1371/journal.pone.0086323.

# La politique du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt en matière de prise en compte des émergences : les acquis des États généraux du sanitaire

Didier Guériaux (didier.gueriaux@agriculture.gouv.fr), Patrick Dehaumont, Jean-Luc Angot, Emmanuelle Soubeyran, Charles Martins-Ferreira
Direction générale de l'alimentation, Paris, France

**Résumé**
L'émergence en 2006 d'une maladie animale vectorielle (la fièvre catarrhale ovine) en Europe continentale et la volonté de développer une approche préventive en matière sanitaire, ont conduit les organisations professionnelles et les pouvoirs publics à s'interroger sur l'organisation sanitaire française et européenne. Le ministre français de l'agriculture a convoqué au printemps 2010 des États généraux du sanitaire, notamment pour tirer les enseignements de la crise liée à cette maladie émergente et revisiter le dispositif en place. Quatre ans après, on peut mesurer combien la création de la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) a permis de renforcer la qualité de la surveillance et comment, grâce aux évolutions législatives et réglementaires, le ministre de l'agriculture peut mettre en œuvre en urgence des mesures de gestion lors d'apparition de phénomènes émergents. Toute cette évolution s'inscrit dans une approche globale de la santé animale dans le cadre du concept « une seule santé ».

**Mots-clés**
Maladies émergentes animales, gestion de risque, États généraux du sanitaire

***Abstract***
***Health policy of the French Ministry of Agriculture and emerging diseases: the gains from the National Consultation on the Health Sector***
*The emergence in 2006 of a vector-borne disease in continental Europe (Bluetongue) and the willingness to develop a preventive health approach led professional organisations and the public sector to question how health is organised at French and European levels. In spring 2010, a detailed review of national health and safety policy was launched during the French national consultation on the health sector (*États généraux du sanitaire*) in order to learn the lessons from the crisis triggered by this emerging disease and review the measures available. Four years later, it is possible to assess how the new National epidemiological surveillance platform for animal health (ESA Platform) has been able to increase the quality of surveillance, and how, thanks to legislative and regulatory changes, the French Ministry of Agriculture can rapidly implement management measures when emerging phenomena occur. All these developments are part of a global approach to animal health linked to the "one health" concept.*

***Keywords***
*Emerging animal diseases, Risk management, National Consultation on the Health Sector*

La lutte collective contre les maladies animales a longtemps reposé sur des bases arrêtées au début des années 1960 : le code rural prévoyait une liste limitée de maladies réputées contagieuses (MRC) dont il fallait se protéger si la France était indemne (par ex. pestes porcines) ou qu'il fallait éradiquer si elles étaient présentes sur le territoire (par ex. fièvre aphteuse, tuberculose, brucellose). Il donnait en conséquence des pouvoirs réglementaires importants au ministre de l'agriculture et aux préfets de département pour ces MRC, pour certaines espèces définies d'animaux de rente ou de compagnie. La politique sanitaire française s'est structurée pendant cinquante ans sur la base du triptyque État-éleveurs-vétérinaires, auquel les laboratoires de référence et les laboratoires départementaux d'analyses ont apporté tout le soutien nécessaire.

La survenue des épisodes de fièvre catarrhale ovine (FCO) en Corse en 2002, puis sur le continent à partir de 2006, a conduit à s'interroger sur une organisation jusque-là jugée efficace : les modifications dans la conduite des élevages mais aussi dans la gestion de la faune sauvage (chasses professionnelles, réintroduction d'espèces protégées), le réchauffement climatique et la multiplication des mouvements ont profondément modifié le contexte sanitaire. Ces derniers éléments semblent plus que jamais à même d'établir des conditions favorables à l'apparition d'une nouvelle maladie sur un territoire ou à la modification des caractéristiques épidémiologiques de certaines maladies, notamment en matière de maladies vectorielles : ce sont les phénomènes ou dangers sanitaires émergents.

Le ministre de l'Agriculture a réuni au premier trimestre 2010 des États généraux du sanitaire (EGS), notamment pour tirer les conclusions de l'épizootie FCO entre 2006 et 2010. Ces EGS ont réuni toutes les parties prenantes du domaine sanitaire animal comme du domaine végétal, confrontées aux mêmes difficultés, notamment l'appréhension des phénomènes émergents. À la suite des conclusions des EGS, a été publiée en juillet 2011 l'ordonnance n°2011-862 relative à l'organisation de l'épidémiosurveillance, de la prévention et de la lutte contre les maladies animales et végétales, puis en juillet 2012 les décrets d'application. Le déploiement du dispositif se poursuit dans toutes ses dimensions.

La prise en compte des émergences tient une place première dans l'évolution du dispositif sanitaire issu des EGS, lequel renforce la surveillance du territoire par la création de la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA), donne la légitimité d'action au ministre de l'agriculture dans le cadre de la catégorisation des dangers sanitaires et promeut une approche globale de la prévention, de la surveillance et de la lutte contre ces dangers sanitaires, émergents ou non.

La première des quarante actions de la politique sanitaire rénovée pour l'agriculture française est la création d'une Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) dans l'objectif « d'améliorer la surveillance du territoire ».

Cette Plateforme ESA a été constituée sur la base d'un partenariat public-privé, entre la DGAL (MAAF), l'Anses, des partenaires représentant éleveurs (GDS France, Coop de France), vétérinaires (SNGTV) et laboratoires départementaux (Adilva). Le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), contributeur financier majoritaire, préside son instance de pilotage.

« Détecter précocement pour agir efficacement » a été un slogan des EGS illustrant la volonté des participants de rénover des dispositifs de surveillance conçus maladie par maladie et dont l'efficacité et l'efficience pouvaient être fragilisées, soit par une démobilisation des acteurs lorsque l'incidence de ces maladies est quasi nulle (par ex. brucellose bovine), soit du fait des évolutions épidémiologiques des maladies ou des évolutions structurelles des élevages (par ex. tuberculose bovine).

La création de la Plateforme ESA a été une réponse à la volonté d'amélioration permanente de la surveillance territoriale, dans un contexte budgétairement contraint, de façon à atteindre cet objectif paradoxal en mutualisant les actions.

En matière de phénomènes émergents, les gestionnaires de risque ont besoin d'une surveillance épidémiologique d'une qualité toujours plus grande pour discerner phénomènes émergents et non émergents, problèmes sanitaires réels et artefacts, pour permettre une action proportionnée au risque : la Plateforme ESA contribue avec tous les acteurs à l'amélioration de cette qualité au quotidien, mais aussi en déployant une méthodologie unique en Europe d'évaluation des programmes de surveillance.

Conscient que les enjeux sanitaires français pourraient être menacés par de nouvelles formes de pathologies, le MAAF (par sa Direction générale de l'alimentation -DGAL) a poussé l'exploration jusqu'alors inédite en France de la surveillance syndromique avec deux dispositifs en cours de déploiement, l'un portant sur la surveillance de la mortalité des bovins grâce aux données d'équarrissage, l'autre sur la surveillance des avortements chez les ruminants.

Par ailleurs, un outil de veille sanitaire internationale indispensable à l'adaptation des programmes de surveillance est en cours de développement dans le cadre de la Plateforme ESA, avec l'appui du Cirad qui a rejoint la Plateforme.

Des partenariats techniques très avancés, *via* la Plateforme ESA, ont été l'aboutissement d'un rapprochement entre le monde de la chasse (ONCFS et FNC) et de l'agriculture (DGAL) pour améliorer la surveillance sanitaire du gibier, notamment pour repérer les phénomènes émergents, et affiner la connaissance des interfaces entre animaux de la faune sauvage et animaux d'élevage.

À l'actif de l'ambitieux projet « Plateforme ESA », il faut citer la contribution à la surveillance et au suivi du phénomène émergent que fut la maladie de Schmallenberg début 2012 : en proposant très rapidement la définition scientifiquement calibrée d'un cas de maladie et un programme de surveillance adapté, le gestionnaire du risque (DGAL) a pu suivre le développement de la maladie et mieux mesurer ses conséquences : après six mois de surveillance, la surveillance de ce danger sanitaire a pu être confiée aux professionnels, son importance n'étant plus jugée d'intérêt général.

La création de la Plateforme ESA a été la première action issue des EGS et a vu un investissement du MAAF (DGAL) croissant dans cet outil nouveau au service de l'évaluation et de la gestion du risque, qui fournit aux acteurs de cette dernière une information scientifiquement validée pour leur permettre des prises de décisions pondérées, avec discernement, notamment en matière de phénomènes émergents.

La rénovation en profondeur du système de surveillance de territoire s'est accompagnée de la clarification des rôles des acteurs et désormais, de la possibilité d'action en urgence du MAAF lors d'apparition d'un phénomène émergent.

La législation (articles L 201.1 à L 201.4 du code rural) issue des EGS évoque désormais des dangers sanitaires, concept nouveau se substituant aux anciennes maladies réputées contagieuses et amorçant une extension possible à des dangers non microbiens, chimiques notamment, voire même à la lutte contre l'antibiorésistance. Ce concept, désormais commun à l'animal et au végétal, est étendu aux phénomènes émergents que le ministre peut classer en urgence en première catégorie (maladie d'intérêt général qui nécessite une action de l'État) pendant une période de trois ans maximum, dans l'attente d'une expertise scientifique (Fediaevsky *et al.*, 2013). Cette classification permet au ministre de prendre *a minima* des mesures de surveillance, mais aussi des mesures de prévention ou de lutte. C'est ainsi que la diarrhée épizootique porcine (DEP) apparue aux États-Unis au printemps 2014 sur des porcelets a été catégorisée le 12 mai 2014 en première catégorie, déclenchant sans délai le principe de déclaration obligatoire de toute suspicion. Des mesures de prévention ont aussi été édictées au niveau européen. Avant le terme de la période de trois ans, après fourniture des avis scientifiques et avis du Conseil national de la politique sanitaire animale et végétale (CNOPSAV), le ministre pourra procéder à la révision de la catégorisation du phénomène émergent, devenu risque sanitaire identifié.

Surveillance, prévention et lutte contre les dangers sanitaires trouvent donc une complète articulation dans le dispositif sanitaire issu des EGS au travers de la catégorisation des dangers sanitaires, laquelle donne une lisibilité à tous en précisant les responsabilités des acteurs, notamment celle du ministre lors d'apparition de phénomènes émergents.

Au-delà des conséquences directement observables des EGS en matière d'identification et de gestion des phénomènes émergents, la principale évolution du dispositif sanitaire français est bien une prise en compte globale de l'épidémiologie des phénomènes pathologiques sur le territoire national. On ne conçoit plus nos moyens de surveillance, de prévention et de lutte pour chaque couple maladie-espèce (la disparition de la notion de maladies réputées contagieuses est en ce sens significative) quand bien même il demeure des textes réglementaires spécifiques, mais on tend à développer un dispositif global, qui mutualise autant que possible surveillance (Plateforme ESA) et prévention (biosécurité et maîtrise des mouvements).

D'abord, la nouvelle architecture est adaptable à l'apparition de phénomènes émergents comme cela a été précisé précédemment ; la notion de danger sanitaire inclut les maladies microbiennes, d'autres phénomènes notamment d'origine chimique, mais aussi des phénomènes qui ne peuvent être décrits que par une approche syndromique, en l'absence d'identification de leur cause.

Ensuite, les textes issus des EGS ont vocation à donner une vision globale aux gestionnaires en distribuant les dangers sanitaires en catégorie 1 (d'intérêt général et impliquant l'État), en catégorie 2 (d'intérêt collectif relevant plutôt d'une action des professionnels), et l'immense majorité de ceux non listés entrant dans la catégorie 3 et relevant alors de la relation directe entre l'éleveur et son vétérinaire.

La globalité de la politique sanitaire en santé animale s'illustre aussi par la prise en compte chaque jour accrue de la faune sauvage et de l'épidémiologie des dangers sanitaires en son sein.

Le monde de la chasse, désormais membre associé de la Plateforme ESA, va voir s'accroître sa participation dans la surveillance, la prévention et la lutte contre les dangers sanitaires au travers de la Loi d'avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt votée en octobre 2014, qui permettra aux autorités d'imposer des contraintes réglementaires en ce sens.

Cette globalité d'approche est illustrée par l'implication croissante des éleveurs et de leurs structures collectives – fédérations nationales, Groupements de défense sanitaire, coopératives, associations - dans les stratégies sanitaires : lors des EGS, les éleveurs mieux formés et mieux encadrés que dans les années 1960, ont réclamé plus de responsabilité sanitaire et ont été entendus.

Pour faire face aux dangers sanitaires émergents, notamment vectoriels, le recours à la vaccination peut parfois être la seule stratégie : dans ce cas, le vaccin doit exister (la recherche doit avoir identifié son besoin potentiel et les conditions de sa fabrication), voire être disponible ; pour répondre à ce type de situation a été créé le Réseau français de santé animale (RFSA) qui regroupe professionnels de l'élevage et vétérinaires, scientifiques, gestionnaires de risque, laboratoires d'analyses et industrie pharmaceutique.

Enfin, le MAAF (DGAL) a complètement mis à plat sa stratégie en matière de données informatiques pour prendre en compte cette

volonté de vison globale et l'accroissement des compétences des éleveurs et de leurs structures collectives : le principe de systèmes d'informations opérationnels professionnels par filière a été retenu, systèmes venant s'incrémenter sur la base de l'État (RESYTAL devant succéder à l'actuelle base SIGAL) le tout nourrissant un infocentre (Centre de service des données (CSD-ESA)) qui permet d'analyser les données de surveillance.

L'implication toujours plus grande de ces acteurs incontournables, notamment des éleveurs et des gestionnaires de la faune sauvage (gibiers et autres) est un gage de réussite de cette nouvelle stratégie sanitaire globale : la montée en responsabilité des éleveurs doit permettre d'améliorer encore la qualité de la surveillance, de la prévention et de la lutte contre les dangers sanitaires, et tout particulièrement les dangers émergents.

Avec la recherche de l'efficience de nos dispositifs sanitaires, la meilleure prise en compte des phénomènes émergents a été la préoccupation majeure des EGS réunis en 2010 : la France aux climats et productions agricoles variés est plus que jamais exposée à l'apparition de dangers sanitaires nouveaux, notamment du fait de l'augmentation du nombre des mouvements humains et animaux, et du réchauffement climatique. L'apparition de certaines maladies vectorielles sur le territoire national considérée longtemps comme impossible a eu lieu en 2006 avec la vague de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine liée au virus de sérotype 8, puis dans un deuxième temps avec celle due au sérotype 1. La réponse institutionnelle à ce paradigme a été d'abord la création de la Plateforme ESA pour installer la surveillance dans un processus vertueux d'amélioration permanente, avec la devise « détecter précocement pour agir efficacement ».

La catégorisation en dangers sanitaires légitime l'action du ministre en urgence en matière de dangers sanitaires et précise ses modalités d'action. Mais c'est désormais une approche plus globale de la surveillance, de la prévention et de la lutte contre les dangers sanitaires qui se développe, avec la présence plus importante des professionnels de l'élevage et de la faune sauvage d'une part, et le rôle redevenu stratégique des instituts fabricants de vaccins contre les maladies animales d'autre part. Cette approche globale qui voit l'apparition de nouveaux acteurs et les rapports de force du sanitaire se modifier au sein du triptyque État-éleveurs-vétérinaires constitue-t-elle une simple évolution ou une rupture majeure ? Les EGS ont posé les bases du nouveau dispositif sanitaire français et c'est aux acteurs de se les approprier, notamment en mobilisant leurs moyens collectifs.

Ce modèle associant l'ensemble des parties prenantes et privilégiant la prévention est par ailleurs porté par les autorités françaises au niveau européen et international afin de contribuer au renforcement de la sécurité sanitaire

## Références bibliographiques

Fediaevsky A., Marcé C., Delefosse H., Hendrikx P., Calavas D., Guériaux D., 2013. La catégorisation des dangers sanitaires apporte de la flexibilité et partage les responsabilités. Bull. Epid. Santé Anim. Alim. Anses-DGAL 60, 30.

# Surveillance entomologique des vecteurs

Vincent Robert (vincent.robert@ird.fr)
Institut de recherche pour le développement (IRD), Montpellier, France

**Résumé**
**La surveillance entomologique des vecteurs vise à détecter des anomalies concernant des populations d'arthropodes transmettant des agents pathogènes. Cette surveillance entomologique implique de nombreux acteurs et est ordinairement intégrée dans un dispositif épidémiologique plus large. Selon les systèmes vectoriels considérés, les indicateurs entomologiques pertinents ciblent la présence/absence, la densité ou la longévité de populations de vecteurs, voire la présence d'agents pathogènes chez les vecteurs considérés. L'enjeu de cette surveillance est la production d'une information indispensable à l'évaluation d'un risque sanitaire et, le cas échéant, à une prise de décision à visée de santé publique humaine ou vétérinaire.**

**Mots-clés**
**Monitoring, surveillance, lutte antivectorielle, maladie transmissible, indicateur, risque**

***Abstract***
***Entomological surveillance of vectors***
***The purpose of the entomological surveillance of vectors is to detect anomalies concerning populations of arthropods transmitting pathogens. It involves numerous participants and usually forms part of a wider epidemiological surveillance scheme. Depending on the considered vectorial systems, the relevant entomological indicators target the presence/absence, density or longevity of populations of vectors, and sometimes the presence of pathogens within the vector. The goal of this surveillance is to produce the information essential for the evaluation of a health risk and, if necessary, for decision-making regarding human or veterinary public health.***

***Keywords***
***Monitoring, Surveillance, Vector control, Transmissible disease, Indicator, Risk***

L'actualité des maladies infectieuses dont les agents sont transmis par vecteurs fait régulièrement la une des journaux. Pour la seule année 2014, on peut citer la première épidémie due au virus chikungunya dans le Nouveau monde, les épidémies dues aux virus chikungunya et zika dans les Îles du Pacifique, des épidémies de dengue un peu partout dans le monde, et le premier foyer de cas autochtones de chikungunya à Montpellier.

Les vecteurs invasifs ne sont pas en reste. Une espèce allochtone de moustique *Ochlerotatus notoscriptus*, espèce australasienne, a été détectée aux États-Unis (comté de Los Angeles). L'aire de distribution du moustique tigre (*Aedes albopictus*) ne cesse de s'étendre en Europe, et particulièrement en France métropolitaine (voir ci-après). *Anopheles stephensi*, vecteur majeur de l'agent du paludisme en Asie, a été observé pour la première fois sur le continent africain où il est manifestement bien implanté à Djibouti.

Ces exemples n'ont pas l'ambition de faire un état des lieux exhaustif mais seulement d'illustrer à quel point la réalité de la globalisation des échanges, en particulier la rapidité et le volume des transports intercontinentaux de marchandises et de personnes, affecte l'épidémiologie des maladies à vecteurs. L'émergence de maladies ou de vecteurs n'est pas un phénomène nouveau ; Charles Nicolle (1933) a envisagé de longue date sa nature changeante, voire opportuniste. Mais depuis quelques décennies, elle semble s'accélérer.

Face à ce constat quelque peu inquiétant, y a-t-il une réponse appropriée ? En partie oui : la surveillance est un élément de réponse, en particulier la surveillance entomologique, objet de cet article. Sont successivement abordés les définitions, l'organisation de la surveillance, les enjeux, les outils, et quelques exemples.

## Définitions

Les deux notions d'observation (en anglais "monitoring") et de surveillance sont souvent différenciées dans le domaine de l'épidémiologie.

Le monitoring désigne généralement l'ensemble des processus mis en place, ponctuels ou bien routiniers, dans un périmètre défini, pour observer un phénomène. Il s'agit de recueil et de compilation de données sans inclure les activités d'analyse, d'interprétation, de diffusion et d'utilisation des informations produites pour l'action, qui relèvent de la surveillance.

La surveillance, quant à elle, intègre la stricte observation, et va au-delà. La surveillance peut se définir comme l'ensemble des processus : i) mis en place en réponse à un risque pour en permettre la description et le suivi dans le temps et dans l'espace et ii) réalisés pour servir de support à diverses actions.

La surveillance entomologique (sous-entendu : médicale ou vétérinaire) est un dispositif de recueil et de suivi des données dans le temps et dans l'espace sur les vecteurs. Elle constitue un outil de détection des anomalies dans l'évaluation des paramètres entomologiques. Les actions subséquentes peuvent être très variées ; par exemple la prise de décision d'un changement de niveau d'alerte, le lancement d'une campagne de vaccination obligatoire, le déclenchement d'une lutte antivectorielle, l'utilisation d'un insecticide différant par son mode d'action, etc. Un dispositif de surveillance inclut les aspects de surveillance active, basée sur un protocole prédéfini de production de données, tels que l'observation de la présence d'un vecteur, d'une densité critique d'un vecteur, du suivi de la sensibilité aux insecticides chez les vecteurs ciblés, de la circulation d'un agent pathogène au sein d'une population de vecteurs. Cette surveillance doit être considérée comme un élément d'un dispositif de surveillance plus global prenant en compte l'ensemble du cycle de circulation d'un agent pathogène : surveillance épidémiologique humaine et/ou animale, surveillance des réservoirs (faune sauvage et/ou domestique), surveillance de la circulation des agents pathogènes dans ces différents compartiments voire également la surveillance des conditions environnementales favorables à la prolifération des vecteurs ou à la transmission (Hadler & Petersen, 2007). Dans ces occurrences, le concept d'indicateur est bien sûr fondamental.

Ainsi, dans un contexte de forte circulation du virus West-Nile au Colorado (3 800 cas humains) et sur la base d'un effort important de collecte et donc d'observation (265 000 moustiques récoltés sur 5 ans) un "indice vecteur" a été élaboré. Cet indice a permis d'alerter sur le risque de transmission trois mois avant les premiers cas humains. Cet indice était basé sur des lots positifs de moustiques mais prenait également en compte d'autres indicateurs tels que l'abondance et les préférences trophiques (Kilpatrick & Pape, 2013).

## Aspects organisationnels

Il y a un continuum entre l'observation passive et la surveillance active, comme il peut y en avoir un entre surveillance et action de lutte. De ce fait, la limite entre ce qui relève de la surveillance et ce qui n'en relève

pas encore ou qui n'en relève plus, n'est pas strictement définie. Une expertise collégiale sur la lutte antivectorielle en France (Fontenille *et al.*, 2009) réalisée en 2009 à la demande conjointe de cinq ministères (Santé, Recherche, Agriculture, Environnement et Intérieur) reprend la même idée du point de vue de la lutte : selon cette expertise, « dans son acception la plus large, la lutte antivectorielle comprend la lutte et la protection contre les arthropodes hématophages (insectes et acariens), vecteurs d'agents pathogènes à l'Homme et aux vertébrés, et leur surveillance ».

Idéalement, la structure interne du continuum [observation-surveillance-réponse(s) *ad hoc*] ne devrait pas être improvisée dans l'urgence. C'est pourquoi des réflexions stratégiques et pratiques sont mises en place en amont, sous forme d'études de cas. Réfléchir avant que la crise sanitaire ne soit déclenchée facilite la concertation entre tous les acteurs et facilite l'identification de la réponse la plus adaptée, prenant en compte les aspects opérationnels, sociologiques, économiques et politiques. Une concertation préalable est en effet indispensable pour la répartition des tâches à accomplir et le déploiement des moyens à mettre en œuvre. La multiplicité des acteurs impliqués est une contrainte à prendre en compte. Plusieurs ministères (au premier rang ceux en charge de la santé et de l'agriculture), plusieurs régions et davantage encore de départements, de nombreux opérateurs (par exemple les Ententes interdépartementales pour la démoustication (EID) quand il s'agit de mener une lutte antivectorielle en métropole) sont parties prenantes.

Quelle que soit la limite entre observation, surveillance et lutte, l'essentiel est l'efficacité de l'action entreprise, elle-même étant l'aboutissement du processus débutant par l'observation. Le principal est de poser les questions suivantes et de définir des méthodes pour y répondre. Quoi surveiller ? Comment surveiller ? Et surtout, pourquoi surveiller, ce qui revient à se demander comment réagir en fonction des résultats de la surveillance ?

## Enjeux

Les enjeux de la surveillance vectorielle sont cruciaux pour la santé publique, en médecine humaine ou vétérinaire. Un exemple, issu de l'histoire récente de Madagascar, illustrera l'importance des enjeux. Au lendemain de l'indépendance à Madagascar, dans les années 1960, la lutte antipaludique avait fait merveille sur les Hautes Terres centrales. Sous le coup d'une lutte antivectorielle basée sur les pulvérisations intra-domiciliaires de DDT, le vecteur majeur, *Anopheles funestus,* avait pratiquement disparu. Le réservoir humain de parasites avait lui-même grandement baissé sous les effets des traitements et de la chimio-prévention par chloroquine. Au final, la transmission de l'agent du paludisme était pratiquement nulle, les nouveaux cas observés étaient en nombre si faible qu'ils étaient difficilement quantifiables par rapport aux cas allochtones, notamment contractés dans les régions côtières. Le paludisme n'était alors plus un problème de santé publique. Au fil des années, il s'est alors passé ce qu'il advient un peu partout en pareil cas. Les préoccupations se sont déplacées, la surveillance s'est relâchée, d'autres urgences se sont imposées d'elles-mêmes, les moyens précédemment consacrés à la lutte antipaludique ont été mobilisés ailleurs. Tout s'est bien passé jusqu'à ce qu'un phénomène survienne, identifié plus tard comme étant la reconstitution des populations endophiles d'*An. funestus* sur les Hautes Terres centrales. Faute de surveillance appropriée, ce phénomène est passé inaperçu, contrairement aux conséquences qui ont été dramatiques. Le potentiel de transmission étant rétabli, la prévalence parasitaire a progressivement atteint un seuil. Et une terrible épidémie (plus exactement, une restauration de l'endémie palustre) à *Plasmodium falciparum*, l'agent de loin le plus mortel du paludisme, est survenue pendant les années 1985-1988 (Mouchet *et al.*, 2004, Randrianarivelojosia *et al.*, 2009). Les évaluations réalisées *a posteriori* varient selon les sources indiquant au total 40 000, 120 000 ou 400 000 décès. Cet exemple illustre la difficulté du maintien d'un système performant de surveillance, incluant les aspects matériels, mais plus encore les savoir-faire et les expertises individuelles des personnes impliquées.

Cet exemple souligne l'importance de la production et de la diffusion de l'information. Il est crucial pour un responsable de santé publique d'être informé de l'évolution des indicateurs majeurs qui entrent dans l'évaluation du risque.

Dans cette perspective, la surveillance entomologique apporte une contribution essentielle à l'évaluation du taux de reproduction de base ($R_0$) d'une maladie transmissible, défini comme le nombre moyen de cas secondaires générés par une personne durant la période où elle est infectieuse, symptomatique ou non, introduite dans une population entièrement sensible. C'est ce taux qui permet de faire des prévisions et donc d'évaluer le risque. Une large part des enjeux de la surveillance se cristallise dans ce taux, et dans la fiabilité de son évaluation.

Selon le vecteur incriminé, c'est une variable qualitative, présence/absence, qui est jugée essentielle (comme pour les punaises triatomes, vecteur de l'agent de la maladie de Chagas, voir ci-après). Ces données de présence/absence sont particulièrement pertinentes dans le cas d'espèces invasives qui, de par leur présence, constituent un facteur nécessaire d'émergence. Ainsi, les territoires nouvellement colonisés par *Aedes albopictus* deviennent aussitôt à risque d'arboviroses, ce qui nécessite des mesures de prévention et des réponses adaptées. Pour d'autres vecteurs, on privilégie la densité (tique *Ixodes* vecteur de l'agent de la maladie de Lyme) ou encore une combinaison de la densité et de la longévité des vecteurs (culicoïdes vecteur de l'agent de la fièvre catarrhale ovine, voir ci-après). La densité de vecteurs peut également être couplée à la prévalence d'un agent pathogène chez le vecteur considéré, afin de déterminer le niveau de risque, étant donné que : i) dans certains cas on peut détecter la circulation d'un agent pathogène chez le vecteur avant sa circulation chez l'Homme ou chez un animal domestique (cas du virus West Nile au Colorado, cf. *supra*) et ii) dans d'autres cas, la répartition géographique d'un vecteur ne coïncide pas avec l'aire de circulation d'un agent pathogène (tiques et encéphalite à tique par exemple), mais qu'une telle situation est toujours susceptible d'évoluer. Parfois, ce sont les stades larvaires qui sont l'objet de la surveillance (cas des larves aquatiques des moustiques *Aedes* vecteurs au stade adulte de virus de la dengue) ou bien ce sont les stades adultes (cas des mouches tsé-tsé vecteurs de trypanosomes en Afrique subsaharienne).

En marge de ces aspects techniques, une dimension importante du maintien d'une surveillance efficace est la motivation des personnes qui l'effectue. C'est pourquoi un objectif du dispositif concerne la communication afin de maintenir la motivation des acteurs de cette surveillance. Ces derniers doivent pouvoir y trouver une reconnaissance de leur activité et percevoir le bénéfice collectif des données qu'ils recueillent, mettent en forme, ou transmettent.

## Outils

Les outils mobilisés dans la surveillance entomologique sont aussi variés que les vecteurs et même que les entomologistes. La question de l'échantillonnage des insectes, vecteurs ou non, a en effet beaucoup préoccupé les spécialistes. Plusieurs livres existent maintenant, entièrement consacrés à l'échantillonnage des seuls moustiques, à tous les stades (œuf, larve, nymphe, adulte mâle, adulte femelle). Il est intéressant de noter que des applications inattendues ont vu le jour dans ce contexte ; en effet, des méthodes de collectes d'insectes initialement envisagées pour répondre à des problématiques d'échantillonnage se sont parfois révélées si performantes qu'elles ont été aussitôt utilisées en lutte ; c'est ce qu'il est advenu du piège à glossines, initialement conçu comme moyen d'échantillonnage et qui, simplifié, constitue maintenant un des piliers de la lutte anti-glossines.

La multiplication des méthodes d'échantillonnage des vecteurs est un vrai problème pour la surveillance qui requiert un minimum d'homogénéité dans les appareillages et procédures pour comparer des données issues de sources différentes. Si bien que les plans de surveillance entomologique énoncent très en détail les aspects de matériels et méthodes.

En ce qui concerne la surveillance des moustiques au stade larvaire dans les Antilles française, trois indicateurs larvaires sont principalement utilisés. Il s'agit d'indicateurs mis au point entre les années 1920 et 1950 en Amérique du sud dans le cadre du contrôle d'*Aedes aegypti*, vecteur du virus de la fièvre jaune. Ces indicateurs sont actuellement utilisés dans le cadre de la surveillance et du contrôle de vecteurs d'autres arboviroses telles que la dengue et le chikungunya (*Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*) : indice de maison (proportion de maisons où des larves ou des nymphes ont été mises en évidence, exprimée en %) ; indice de containers (proportion de gîtes larvaires en eau où des larves ou des nymphes ont été mises en évidence, exprimée en %) ; indice de Breteau (du nom de son inventeur, nombre de gîtes larvaires où des larves ou des nymphes ont été mises en évidence pour cent maisons examinées). En pratique, ces indicateurs sont quelque peu redondants, mais ils sont utiles pour faire des comparaisons entre sites et entre périodes, permettant la définition de seuils de déclenchement d'actions en fonction des contextes (Focks, 2003).

D'autres méthodes d'échantillonnage des moustiques, utilisées notamment pour la surveillance des moustiques, incluant *Aedes albopictus* en France métropolitaine, permettent de récolter des œufs ou des moustiques adultes. Le piège pondoir a pour but d'offrir un support de ponte aux espèces de moustiques qui se reproduisent dans de petites collections d'eau (réservoirs d'eau, creux d'arbres). Le relevé régulier de ces pièges permet d'identifier les espèces grâce aux œufs récoltés. Le piège à $CO_2$ a quant à lui pour but d'attirer les moustiques adultes en quête d'un repas de sang. Attirés par le souffle discontinu de $CO_2$ imitant la production de gaz carbonique par la respiration, les moustiques sont capturés dans un filet relevé régulièrement. La capture de moustiques adultes permet l'évaluation de la densité de moustiques piqueurs et l'identification de nombreuses espèces. D'autres pièges à moustiques adultes utilisent comme appât une source lumineuse (combinée ou non à un dégagement de $CO_2$), telle que dans les classiques « CDC light traps ». Ces pièges lumineux sont également utilisés dans la surveillance des culicoïdes en Europe (voir, ci-après).

Dans certains cas, lorsque le vecteur est aussi une nuisance en soi (cas d'*Aedes albopictus*), il convient d'être à l'écoute des plaintes des populations, ordinairement relayées par les mairies et éventuellement par les média ; en effet, les habitants dérangés dans leurs habitudes par une nuisance récemment apparue, interpellent facilement leur maire pour demander une explication et réclamer une solution. C'est souvent cette plainte qui est le premier indicateur de l'implantation de ce moustique dans une nouvelle localité. Un site internet dédié, hébergé sur le site du CNEV (Centre national d'expertise sur les vecteurs) exploite cette source d'information en permettant aux particuliers d'effectuer un signalement (www.signalement-moustique.fr).

L'évaluation de la densité de tiques dures, comme *Ixodes ricinus* vecteur en Europe de *Borrelia burgdorferi*, agent de la maladie de Lyme, est ordinairement réalisée suivant la méthode « du drapeau ». Une personne traîne derrière elle, dans la végétation basse, en marchant à pas lents, un tissu blanc ou écru et de forme carrée, d'un mètre de côté, faisant office de leurre. Des tiques s'y méprennent et s'accrochent au tissu, comme s'il s'agissait du pelage d'un mammifère hôte. Après dix mètres parcourus, soit une surface échantillonnée de 10 $m^2$, la personne s'arrête et prélève une à une les tiques sur le tissu apportant de l'information sur les espèces collectées et sur la densité des divers stases (larves, nymphes, mâles et femelles) pour suivre la dynamique des populations.

Un autre aspect, parfois négligé, de la surveillance entomologique est le suivi de la sensibilité des vecteurs aux insecticides des populations cibles. Ce type de suivi est pourtant essentiel pour avoir l'assurance de l'efficacité d'un traitement insecticide entrepris au moment où le risque épidémiologique est important, voire avéré.

En marge et en complément des données strictement entomologiques, l'apport des Agences régionales de santé (ARS) est essentiel. C'est l'analyse virologique de prélèvements sanguins qui a permis l'identification du premier foyer de cas autochtones de chikungunya à Montpellier à la fin de l'été 2014. Ces cas ont été notifiés alors que la présence du vecteur était connue dans le département de l'Hérault depuis 2011. Tous les prévisionnistes, en relation avec l'épidémie concomitante aux Antilles, avaient justement évalué le haut degré de risque de survenue de cas autochtones de chikungunya en métropole, en particulier sur le pourtour méditerranéen. Face à ces données, il est légitime de se demander si la surveillance entomologique n'aurait pas quelque peu failli, les cas ayant été révélés uniquement « en bout de chaîne » ? Mais non, ici la surveillance n'envisageait pas la recherche du virus Chikungunya dans le vecteur, tâche qui nécessiterait des moyens considérables.

## Exemples

La fièvre catarrhale ovine est une maladie virale dont l'agent est transmis par des culicoïdes. Elle est soumise en France à une déclaration obligatoire auprès des services vétérinaires. Toute région infectée ou pratiquant la vaccination est soumise à une réglementation particulière. La circulation d'animaux depuis ces zones réglementées vers des zones indemnes est interdite. Les États d'Europe sont autorisés à prendre des mesures pour tenter de circonscrire l'infection dans l'espace et dans le temps. En effet, ils peuvent déclarer une partie seulement de leur territoire comme zone infectée, et ils peuvent déclarer une période dite « d'inactivité vectorielle » (en réalité une période pendant laquelle le risque de transmission est faible). Pour ce faire, la réglementation européenne impose une surveillance de l'activité des populations de culicoïdes à l'aide d'un réseau de pièges lumineux utilisant une source lumineuse ultra-violette (Venail *et al.*, 2012). Les populations de culicoïdes sont déclarées en inactivité si les captures hebdomadaires sont inférieures à cinq femelles pares/piège-nuit. À noter que ce seuil est basé sur des dires d'experts plus que sur des études spécifiques. Le nombre de femelles par piège est facile à mesurer. Et la parité aussi, puisque l'on admet que la signature du stade pare des culicoïdes est révélée par l'examen de la pigmentation de l'abdomen, les femelles nullipares ayant l'abdomen non pigmenté. On sait toutefois que cette façon de procéder surestime le taux de parité puisqu'une fraction des femelles (25 % chez *Culicoides imicola* et beaucoup plus chez *C. chiopterus*) émergent avec l'abdomen déjà pigmenté (Braverman *et al.*, 2009). Cette réglementation particulière a nécessité la mise en place de réseaux de piégeages dans l'ensemble de l'Europe. Ce réseau continue à fournir une quantité d'informations sans précédent sur les culicoïdes européens en termes de diversité des espèces, de distribution et de dynamique saisonnière.

Un deuxième exemple de surveillance entomologique concerne les triatomes, punaises hématophages, vecteurs de *Trypanosoma cruzi*, agent de la maladie de Chagas en Amérique latine. Un point essentiel à considérer est le fait que la résistance aux insecticides a toujours été anecdotique, permettant une lutte efficace contre les vecteurs principaux (*Rhodnius prolixus* et *Triatoma infestans*). Un unique traitement insecticide par pulvérisation d'insecticides intra- et péri-domiciliaires suffit ordinairement à régler le problème. Mais d'éventuelles réinfestations contraignent à réaliser une surveillance entomologique d'ailleurs facilitée par un comportement domestique de très nombreuses espèces de triatomes. L'objectif de la lutte antivectorielle dirigée contre les vecteurs de l'agent de la maladie de Chagas est leur élimination complète des maisons, ce qui va bien au-delà de la simple réduction de densité des vecteurs dans les maisons. Les grandes campagnes de lutte antivectorielle ont suivi ce principe. Du fait des bénéfices économiques attendus et des ressources disponibles, la lutte a été financée par les pays de la région d'endémie eux-mêmes. Elle a été efficace, réduisant la prévalence de la maladie de deux tiers en Amérique latine et sont relayées aujourd'hui par la mise en place de réseaux de surveillance entomologique (Gorla *et al.*, 2010) pour évaluer le risque qu'une nouvelle espèce vienne coloniser le milieu domestique, piquer l'Homme et accéder au rang de vecteur.

Enfin, un troisième exemple est proposé par la surveillance d'*Aedes albopictus*, le désormais fameux moustique tigre, en France métropolitaine. Depuis qu'il a été introduit dans les Alpes-Maritimes

à la frontière italienne en 2004, son expansion a été continue et les experts s'interrogent sur la future limite nord de l'extension de cette espèce invasive, une fois stabilisée. La Figure 1, utilisant les données des ARS en février 2014 présente l'accroissement de cette aire. L'actualisation de cette carte incluant l'été 2014, permettrait d'ajouter les départements de la Savoie et de la Saône-et-Loire en « niveau 1 », niveau correspondant à la présence d'au moins une population implantée et active. Les premières étapes de l'invasion ont été fort bien documentées grâce à l'activité de surveillance de l'EID Méditerranée dans sa zone de compétence (inventaire et dynamique des espèces, identification des gîtes larvaires, cartographie dynamique de ces gîtes, piégeage des stades adultes, etc.). Un plan a été mis en place dès 2006 et est réactualisé chaque année, intitulé « Plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en France métropolitaine » (dernière version disponible : Instruction DGS/RI1/2014/136 du 29 avril 2014 mettant à jour le guide relatif aux modalités de mise en œuvre du plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole). Dans ce cadre, la surveillance entomologique d'*Aedes albopictus* a pour objectifs de :

- détecter la présence du moustique tigre pour éviter autant que possible son implantation sur les territoires non colonisés ;
- documenter l'évolution de son aire d'implantation dans les territoires où l'espèce est implantée et limiter la densification et l'expansion géographique du moustique, en vue de protéger la population des risques vectoriels ;
- réaliser des enquêtes entomologiques autour de cas suspects importés ou de cas confirmés de dengue ou de chikungunya signalés par les ARS, pour mettre en œuvre les mesures de lutte antivectorielle adaptées et proportionnées au niveau de risque.

La direction générale de la Santé (DGS) a depuis peu mis en place un dispositif spécial de surveillance au niveau des points d'entrés sur le territoire (ministère des Affaires sociales, 2014). Ces mesures s'inscrivent dans un cadre différent qui est celui de la mise en œuvre du Règlement sanitaire international (OMS, 2005). Des recommandations ont également été émises au niveau européen pour la surveillance des moustiques invasif ou autochtones (ECDC, 2012 ; 2014).

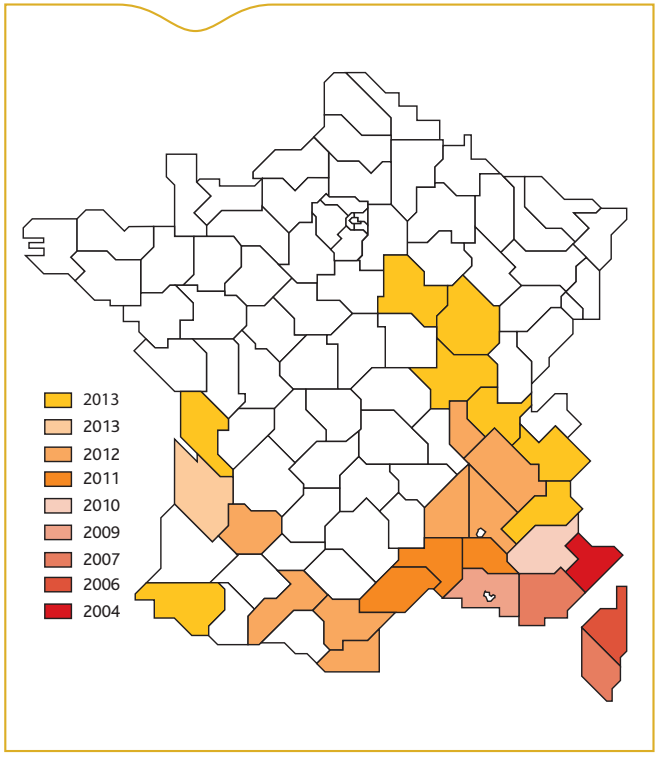


**Figure 1. Présence d'*Aedes albopictus* dans les départements de France métropolitaine : population présente et active (nuances de rouge à rose selon l'année de la première colonisation) ; interception ponctuelle (jaune).**
**Les données d'interception résultant de la surveillance entomologique illustrent la progression de l'espèce le long des voies de communication, en particulier les autoroutes ; elles constituent une intéressante preuve d'introduction, mais doivent être interprétées prudemment en matière de prévision de l'implantation future de l'espèce dans les départements concernés (l'introduction peut être ponctuelle, parfois un unique spécimen dans une seule localité du département, sans véritable perspective de colonisation). Source ARS (février 2014)**

## Conclusion

Les quelques exemples exposés ci-dessus démontrent combien il est hasardeux de proposer un cadre générique pour la surveillance entomologique. Cette surveillance dépend d'un grand nombre de paramètres : contexte, zone géographique, période de temps envisagée, connaissance de la biologie du vecteur ciblé et des méthodes envisageables de lutte antivectorielle, ainsi que des outils et ressources disponibles.

La recherche a pour rôle de combler les lacunes et limiter les incertitudes qui peuvent avoir une influence sur l'efficience d'un programme de surveillance entomologique, concernant notamment la compétence vectorielle et les conditions environnementales favorables aux émergences et pullulations.

Les activités de surveillance entomologique sont souvent des entreprises de grande ampleur, donc fort onéreuses. Elles sont justifiées par les enjeux de santé humaine ou vétérinaire sous-jacents, apportant des éléments d'information indispensables aux responsables de santé pour permettre la prise de décisions.

## Références bibliographiques


Braverman, Y., Mumcuoglu, K., 2009. Newly emerged nulliparous *Culicoides imicola* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae) with pigmented abdomen. Vet. Parasitol. 160:356-358.

European Centre for Disease Prevention and Control. Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe. Technical report. Stockholm: ECDC; 2012. ISBN 978-92-9193-378-5. 95 p.

European Centre for Disease Prevention and Control. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Technical report. Stockholm: ECDC; 2014. ISBN 978-92-9193-599-4. 111 p.

Focks, D., 2003. A review of entomological sampling methods and Indicators for Dengue vectors TDR / IDE / Den / 03.1; 38 p.

Fontenille, D., Lagneau, C., Lecollinet, S., Lefait-Robin, R., Setbon, M., Tirel, B., Yebakima, A., 2009. La lutte antivectorielle en France. IRD Ed, Coll. Expertise collégiale, 533 p.

Gorla, D., Ponce, C., Dujardin, J.P., Schofield, C.J., 2010. Control strategies against triatominae. American Trypanosomiasis Chagas Disease. One Hundred Years of Research. Eds. Telleria J. & Tibayrenc M., Elsevier. Chap 10:233-245.

Hadler, J.L., Petersen, L.R., 2007. Surveillance for vector-borne diseases. In Infectious disease surveillance, M'ikanatha, N.M., Lynfield, R., Van Beneden, C.A., de Valk, H., Eds. Blackwell Publishing. 107-123.

Kilpatrick, A.M., Pape, W.J., 2013. Predicting human West Nile virus infections with mosquito surveillance data. Am. J. Epidemiol., 178(5):829-835. doi: 10.1093/aje/kwt046.

Ministère des Affaires sociales, de la Santé et des Droits des femmes ; Direction générale de la santé (DGS) 2014. Mise en place des programmes de surveillance et de contrôle des vecteurs au niveau des points d'entrée – Guide méthodologique N° ISBN : 978-2-11-138963-2. 62 p.

Mouchet, J., Carnevale, P., Coosemans, M., Julvez, J., Manguin, S., Richard-Lenoble, D., Sircoulon, J., 2004. Biodiversité du paludisme dans le monde. Éditions John Libbey Eurotext, 420 p.

Nicolle, C., 1933. Destin des maladies infectieuses, Félix Alcan, Paris.

Randrianarivelojosia, M., Raveloson, A., Randriamanantena, A., Juliano, J.J., Andrianjafy, T., Raharimalala, L.A., Robert, V., 2009. Lessons learnt from the six decades of chloroquine use (1945-2005) to control malaria in Madagascar. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 103(1):3-10.

Venail, R., Balenghien, T., Guis, H., Tran, A., Setier-Rio, M. L., Delécolle, J. C., Mathieu, B., Cetre-Sossah, C., Martinez, D., Languille, J., Baldet, T., Garros, C. (2012) Assessing diversity and abundance of vector populations at a national scale: example of *Culicoides* surveillance in France after bluetongue virus emergence. In Parasitology Research Monographs. Ed Mehlhorn, H.. Berlin Springer-Verlag. 77-103.

## Brève. Le Centre national d'expertise sur les vecteurs
## *Short item. The French National Centre for Expertise on Vectors*

**Mots-clés : Expertise, entomologie médicale, lutte antivectorielle/*Keywords : Expertise, Medical entomology, Vector control***

En 2010, l'Anses a procédé, pour le compte des ministères chargés de la santé, de l'alimentation et de l'agriculture, à un appel à candidature en vue de la création du Centre national d'expertise sur les vecteurs (CNEV), organisation multidisciplinaire permettant de mobiliser rapidement et efficacement, dans une perspective d'aide à la décision, l'ensemble de l'expertise et des compétences françaises dans les domaines de l'entomologie médicale et vétérinaire, de la lutte antivectorielle et des sciences humaines et sociales appliquées à la lutte antivectorielle.

Financé par les ministères chargés de la Santé et de l'Agriculture, le CNEV est un réseau de plus de quarante partenaires, coordonné par l'unité mixte de recherche MIVEGEC (IRD – CNRS – Universités de Montpellier II et III). Il a pour principales missions l'expertise entomologique, l'appui scientifique et technique, la formation, la veille scientifique et technique, et l'orientation de la recherche. Il a été mis en place en août 2011 pour une durée de cinq ans.

Liste des différents partenaires impliqués dans le CNEV et plus d'informations : www.cnev.fr.

# *Aedes albopictus* et le risque arbovirus en France métropolitaine : la nécessité d'une surveillance intégrée

Frédéric Jourdain (1) (frederic.jourdain@ird.fr), Marie-Claire Paty (2), Yvon Perrin (1), Didier Fontenille (1, 3).

(1) Centre national d'expertise sur les vecteurs, Montpellier, France
(2) Institut de veille sanitaire, Département des maladies infectieuses, Unité d'infections entériques d'origine alimentaire et zoonoses, Saint-Maurice, France
(3) Institut de recherche pour le développement, UMR MIVEGEC 224-5290 CNRS-IRD-UM1-UM2, Montpellier, France

**Résumé**

***Aedes albopictus*, communément appelé moustique tigre, est une espèce particulièrement invasive du fait de ses caractéristiques biologiques. Initialement considéré comme un vecteur secondaire, l'espèce a cependant été impliquée comme principal vecteur lors d'épidémies de dengue, de chikungunya et, plus récemment, du virus Zika. L'extension de son aire de répartition entraîne de nouveaux risques sanitaires en France métropolitaine et nécessite un cadre pluridisciplinaire pour la préparation et la mise en œuvre de la réponse à ces risques.**

**Mots-clés**

***Aedes albopictus*, chikungunya, dengue, espèce invasive, gestion du risque surveillance**

***Abstract***

***Aedes albopictus and arboviral risk in metropolitan France: the need for integrated surveillance***

***Aedes albopictus, commonly known as the Asian tiger mosquito, is one of the most invasive species because of its biological characteristics. Originally considered as a secondary vector, it has nevertheless been involved as the main vector during epidemics of arboviruses such as dengue virus, chikungunya virus and more recently Zika virus. The geographical spread of this mosquito raises new threats to human health in mainland France. Dealing with these risks requires response preparedness within a multidisciplinary framework.***

***Keywords***

***Aedes albopictus, Chikungunya, Dengue, Invasive species, Risk management, Surveillance***

*Aedes albopictus* est une des 3 500 espèces de moustique actuellement décrites dans le monde. Elle se caractérise par sa couleur zébrée noire et blanche, responsable du nom vulgaire du moustique tigre (Figure 1).

## Biologie - Ecologie

Les principaux caractères d'identification sont la présence de fines bandes basales blanches élargies latéralement sur l'abdomen, d'une bande centrale sur le thorax et d'anneaux blancs situés sur les pattes après les articulations. Sa taille, relativement modeste pour un moustique, varie de cinq à dix millimètres.

Originaire des forêts tropicales d'Asie du Sud-Est, sa grande plasticité écologique lui a permis de s'adapter à divers environnements, et en particulier au milieu urbain. L'espèce est ainsi capable de coloniser une

**Figure 1. Femelle adulte *Aedes albopictus* (crédits JB Ferré, EID Méditerranée)**

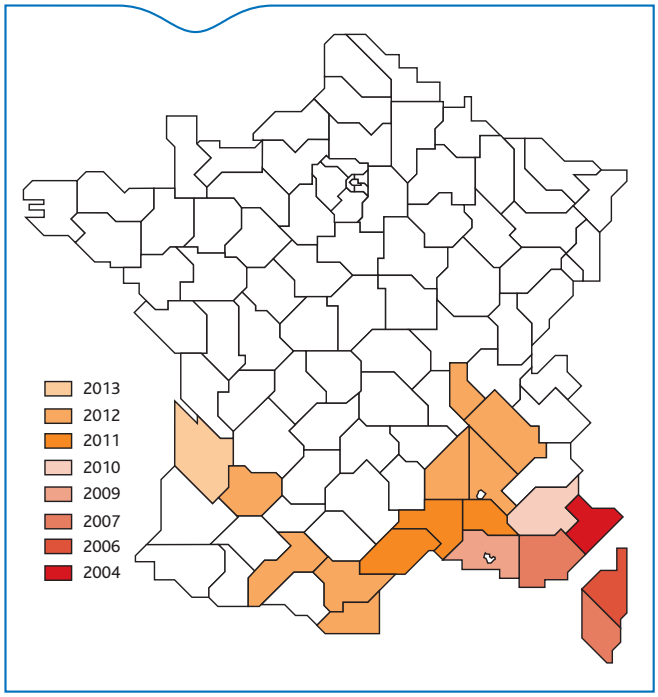


**Figure 2. Départements français déclarés comme colonisés par *Aedes albopictus* au 1er septembre 2014.**
**La carte diffère de celle proposée dans l'article de V. Robert, pp. 26-29, car le choix a été fait ici de ne pas représenter les interceptions ponctuelles, non suivies d'une implantation pérenne de l'espèce.**

multitude de récipients d'origine anthropiques (vases, fûts, pneus…) dans lesquels la femelle pond ses œufs. A la faveur du commerce international et notamment de celui des pneus usagés, *Ae. albopictus* a progressivement été introduit sur les cinq continents au cours des trente dernières années. Cette capacité à être transporté et à coloniser des zones tempérées est due à une plasticité physiologique également importante. D'une part, les œufs d'*Ae. albopictus* ont comme particularité de résister à la dessiccation, ce qui favorise leur transport et augmente leur durée de vie. D'autre part, sa capacité de diapause lui permet de survivre durant l'hiver sous forme d'œufs en dormance (« hibernation ») dans les régions tempérées. Suite à ces introductions, l'espèce est aujourd'hui implantée dans plus de 80 pays situés en Asie, dans l'Océan Indien, dans le Pacifique, en Afrique, dans le Bassin méditerranéen et dans les Amériques (Bonizzoni *et al.*, 2013). Cette expansion fulgurante lui vaut d'être classé parmi les cent espèces les plus invasives au monde (Invasive Species Specialist Group, 2011). Pour l'Europe, des cartes de présence de l'espèce sont régulièrement mises à jour par l'ECDC sur la base des données du réseau européen VBORNET (ECDC/VBORNET, 2014).

*Aedes albopictus* est un moustique principalement diurne et exophage[1], préférant piquer en début de matinée et fin d'après-midi en extérieur. Les femelles piquent préférentiellement les mammifères, en particulier l'Homme ; cependant elles peuvent se nourrir sur la plupart des groupes de vertébrés à sang chaud et froid, tels que les reptiles, les oiseaux et les amphibiens (Paupy *et al.*, 2009). Son habitat étant à proximité de l'Homme, il peut être source de très fortes nuisances notamment dans les quartiers résidentiels où les gîtes larvaires sont nombreux. Dans le Sud-Est de la France, son activité saisonnière s'étend du mois d'avril au mois de novembre.

## Aire de répartition en France

Détectée en Italie dans les années 1990, l'espèce est surveillée en France métropolitaine depuis les années 2000 avec pour principal outil de surveillance entomologique le piège pondoir. Ce piège constitué d'un seau noir contenant de l'eau (attractif) et d'un morceau de polystyrène flottant (support de ponte) permet de proposer un site de ponte attractif pour l'espèce. Un larvicide est également ajouté pour éviter toute production de moustiques. Cette surveillance est principalement mise en place dans les grandes agglomérations et le long des axes de communication, car les œufs et les adultes peuvent être déplacés passivement par l'Homme.

Initialement, les zones surveillées en France étaient celles où étaient installées des entreprises importatrices de pneus usagés et commerçant avec des zones où *Ae. albopictus* était présent, ainsi que le long de la frontière franco-italienne. Parallèlement à des introductions, détectées puis contrôlées, chez certains importateurs de pneus dans le nord de la France, l'implantation d'une population d'*Ae albopictus* a été mise en évidence dans le sud-est de la France en 2004 à Menton. La surveillance s'est progressivement amplifiée (13 pièges pondoirs en 2002, 2 600 pièges en 2012) et a permis de suivre sa progression. Aujourd'hui, l'espèce a colonisé la quasi-totalité des Alpes-Maritimes, du Var, des Bouches-du-Rhône, de la Haute-Corse et de la Corse-du-Sud. L'espèce est également implantée dans quelques communes des Alpes-de-Haute-Provence, du Vaucluse, de l'Hérault, du Gard, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, de la Haute-Garonne, du Lot-et-Garonne, de l'Ardèche, de la Drôme, de l'Isère, du Rhône et de la Gironde (Figure 2). Au cours de la surveillance au titre de l'année 2014, un début d'implantation a été observé en Vendée et des populations ont été déclarées comme implantées dans certaines communes de Saône et Loire et de Savoie. Des interceptions (identification de la présence et contrôle) sont également régulièrement réalisées à d'autres points du territoire.

## Rôle vectoriel

La capacité vectorielle d'*Ae. albopictus* a été démontrée expérimentalement pour une large gamme d'arbovirus et l'isolement ou la détection de sept différents virus a été réalisée sur des spécimens collectés sur le terrain. Le rôle de ce moustique dans la transmission reste cependant incertain pour la plupart de ces agents pathogènes. *Ae. albopictus* est un vecteur avéré pour certains d'entre eux, notamment les virus de la dengue, du chikungunya et de Zika (Grard *et al.*, 2014; Paupy *et al.*, 2009). *Ae. albopictus* est également capable de transmettre des filaires du genre *Dirofilaria*, parasite qui affecte principalement les chiens mais qui peut dans certains cas être transmis à l'Homme. Bien que la très grande majorité de ces maladies virales sévissent principalement en zones tropicales, une transmission locale entrainant la survenue des cas autochtones (contractés en dehors de tout voyage) en France métropolitaine représente un risque bien réel. Ainsi, en 2010, deux cas autochtones de dengue (La Ruche *et al.*, 2010) et deux cas autochtones de chikungunya (Grandadam *et al.*, 2011) ont été détectés respectivement à Nice et à Fréjus. Un cas de dengue autochtone a également été détecté en 2013 dans les Bouches-du-Rhône (Marchand *et al.*, 2013). En 2014, quatre cas autochtones de dengue ont été identifiés : deux cas non liés dans la zone de Toulon et deux cas liés dans la zone d'Aubagne, ainsi qu'un foyer de onze cas de chikungunya à Montpellier (InVS, 2014).

Pour qu'une transmission de ces virus (dengue et chikungunya) ait lieu en France métropolitaine, plusieurs conditions sont nécessaires : (1) la présence du vecteur, (2) l'exposition du vecteur à un virus de la dengue ou du chikungunya (classiquement par une personne infectée et virémique) et (3) une population humaine immunologiquement naïve vis-à-vis de ces virus, ce qui est le cas de la plupart des habitants de France métropolitaine, population dans laquelle ces virus ne circulent pas.

L'infection des moustiques *Ae. albopictus* en France métropolitaine par les virus de la dengue et du chikungunya peut survenir à l'occasion de la piqûre d'une personne, infectée lors d'un séjour dans un pays où ces virus circulent[2] et virémique à son retour en métropole (« cas importé virémique »). Après quelques jours nécessaires à la réplication du virus et à son passage jusqu'aux glandes salivaires du moustique, ces moustiques seront capables de transmettre à leur tour, sur le territoire

(1) Se dit d'un arthropode hématophage effectuant ses repas sanguins à l'extérieur de l'habitat de son hôte.

(2) Antilles, Amérique du Sud, Asie du Sud-Est, Océan Indien, Afrique.

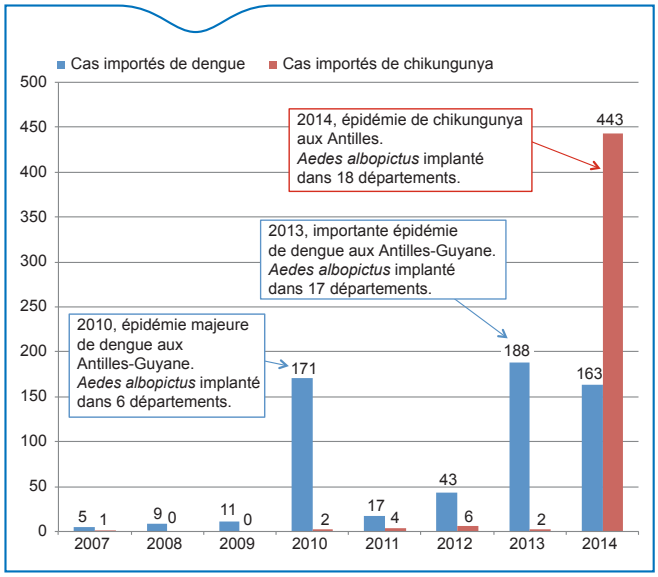


**Figure 3. Cas importés de chikungunya et de dengue confirmés dans les départements colonisés par *Aedes albopictus* et durant la période d'activité du vecteur (du 1er mai au 30 novembre) sur la période 2005-2014**

métropolitain, le virus à une autre personne. Ce risque de transmission autochtone est réel dans les départements où le vecteur est implanté, durant la période d'activité d'*Ae. Albopictus,* à la faveur de la rencontre du vecteur et de cas importés virémiques (Paty, 2014).

Le nombre de cas importés est lié à l'épidémiologie de la dengue et du chikungunya dans le monde, notamment aux périodes épidémiques, et aux flux de voyageurs. Du fait des échanges avec la métropole, les épidémies survenant dans les DOM ont un impact particulièrement important sur le nombre de cas importés en métropole (Figure 3). Cela a en particulier été observé en 2006 lors de l'épidémie de chikungunya à La Réunion et à Mayotte ainsi qu'en 2010 et 2013-2014 lors des épidémies de dengue dans les départements français d'Amérique. En 2014, l'épidémie de chikungunya aux Antilles a également conduit à un nombre élevé de cas importés de chikungunya pendant la période d'activité d'*Ae. Albopictus* dans les départements où il est implanté. Ce sont ainsi 443 cas importés de chikungunya (ainsi que 163 cas importés de dengue) qui ont été détectés entre le 1er mai et le 30 novembre 2014 dans les départements à risque (InVS, 2014). Un seul épisode de transmission autochtone de chikungunya, avec un foyer de onze cas à Montpellier, a cependant été mis en évidence alors que toutes les conditions nécessaires à une circulation autochtone beaucoup plus importante semblaient réunies. Une explication, avancée par certains auteurs, serait une capacité limitée d'*Aedes albopictus* à transmettre les souches de virus chikungunya impliquées dans l'épidémie aux Antilles – et appartenant au génotype asiatique – où il est transmis par *Ae. aegypti* (Tsetsarkin *et al.*, 2014).

## Surveillance intégrée et mesures de gestion

Ces moustiques qui constituent une nuisance importante, peuvent être à l'origine de risques d'ordre sanitaire. Face à ce constat, un plan national de prévention et contrôle est mis en place en France métropolitaine depuis 2006 (ministère de la Santé, 2014). Ce plan, décliné au niveau local sous l'égide des préfets de département, associe un grand nombre d'acteurs : agences régionales de santé (ARS), opérateurs publics de démoustication, collectivités locales (mairies, conseils généraux), professionnels de santé libéraux et hospitaliers. Il vise à coordonner l'ensemble des actions dans un souci d'optimisation de la réponse et repose sur une surveillance intégrée comportant une composante entomologique et une composante humaine. Cette surveillance intégrée permet la définition de niveaux de risque et la mise en œuvre, rapide et coordonnée, des mesures proportionnées de contrôle du vecteur, de communication et de protection des personnes. La surveillance entomologique permet de connaître et suivre l'aire d'implantation d'*Ae. albopictus* en France métropolitaine afin d'identifier les zones pour lesquelles un risque de transmission autochtone existe. La surveillance médicale humaine a vocation à détecter aussi précocement que possible les cas importés virémiques et les éventuels cas autochtones, afin de mettre en œuvre des mesures adaptées de contrôle des vecteurs. Un dispositif de signalement des cas suspects importés – en complément de la déclaration obligatoire des cas confirmés - est mis en place dans les départements au sein desquels *Ae. albopictus* est implanté. Dans ces zones et pendant la période d'activité du vecteur, les cas suspects importés sont signalés à l'ARS et déclenchent la mise en œuvre, avant même confirmation biologique, de mesures de contrôle. Ce dispositif de signalement et d'intervention autour des cas suspects importés mobilise de nombreuses ressources, non seulement au sein des ARS et des cellules de l'InVS en région (Cires), mais aussi des opérateurs de démoustication, mobilisés avant même la confirmation des cas. Sa sensibilité est élevée, et sa spécificité modeste (en lien avec la faible spécificité des symptômes), la moitié environ des cas suspects importés, signalés aux ARS, étant confirmés. Néanmoins, à ce jour, le raccourcissement des délais d'intervention qu'il permet a justifié le maintien du signalement des cas suspects importés, à la différence du signalement des cas suspects autochtones, arrêté depuis 2013 au profit du signalement des seuls cas autochtones confirmés. En revanche, dès confirmation de cas autochtones, le plan prévoit un signalement et une recherche active de cas suspects autochtones. Face à l'extension inexorable d'*Ae. albopictus*, implanté dans deux départements en 2006 (Alpes-Maritimes et Haute-Corse, soit 1 249 096 habitants concernés) et dans dix-huit départements début 2014 (plus de 14 millions d'habitants), la soutenabilité du dispositif doit être régulièrement évaluée.

Malgré la mise en œuvre de ces mesures, l'implication de chacun reste essentielle, au vu de la capacité d'*Ae. albopictus* à coloniser de petites collections d'eau à proximité directe des habitations (soucoupes, récipients divers, gouttières…). Dans un souci de prévention et de réduction à la source des populations de moustiques, il est ainsi primordial de sensibiliser les personnes résidant dans les zones où la présence du moustique est avérée, à la destruction de tous ces gîtes potentiels de développement des moustiques et à adapter certaines pratiques (comme la récupération des eaux pluviales par exemple) pour limiter les densités de moustiques.

## Contrôle

En l'absence de vaccin et de traitements contre les virus de la dengue ou du chikungunya, la lutte antivectorielle est actuellement la seule stratégie permettant de prévenir la dissémination de ces arbovirus. En matière de lutte, le mot d'ordre doit être la réduction à la source, c'est-à-dire la suppression des lieux de ponte. De par la nature, la multitude et la diversité des gîtes larvaires disponibles en milieu urbain, la lutte anti-larvaire est difficile à mettre en œuvre. Les gîtes de production d'*Ae. albopictus* se trouvent souvent au sein des domiciles privés (cours, jardins…) ou sur le domaine public. Il est impossible de tous les recenser, d'autant que beaucoup sont temporaires, aléatoires et difficiles d'accès. La façon la plus efficace et radicale de se protéger des nuisances d'*Ae. albopictus* est de supprimer physiquement ces gîtes. Ceci implique donc une participation communautaire qui doit être initiée et entretenue par la sensibilisation, l'éducation et la mobilisation de l'ensemble de la population.

Le recours à des larvicides peut être envisagé pour des gîtes de volume important, non suppressibles, tels que des réservoirs ou le réseau pluvial. Enfin, la lutte contre les moustiques adultes est délicate notamment du fait de la non-sélectivité des substances actives disponibles envers les insectes de la faune non-cible. Une telle lutte ne reste par ailleurs que temporaire. Elle est nécessaire en cas de circulation virale, car elle permet de diminuer la densité vectorielle et la longévité des adultes afin de limiter la transmission du virus.

De nos jours, des méthodes de lutte alternatives sont étudiées telles que la technique de l'insecte stérile. Cette technique consiste à produire en très grand nombre des mâles stérilisés (en les exposant par exemple à de faibles doses de radiations ou par des manipulations génétiques) et de les lâcher en sein d'une population naturelle afin de la réduire. Une telle expérimentation a actuellement cours à l'île de La Réunion (Boyer, 2012).

Ces différentes méthodes permettent de diminuer les populations de moustiques, mais en aucun cas de les éliminer totalement. La prévention passe également par la protection contre les piqûres de moustiques. Plusieurs méthodes sont possibles : port de vêtements longs et amples, aménagement de l'habitat (moustiquaires aux fenêtres…), utilisation de produits répulsifs. *Ae. albopictus* ayant une activité diurne, l'utilisation de répulsifs cutanés reste l'option la plus efficace. Parmi les différents produits proposés sur le marché, tous ne sont pas d'une efficacité optimale. Une expertise récente fait le point sur le sujet (PPAV Working Group, 2011).

## Références bibliographiques


Bonizzoni, M., Gasperi, G., Chen, X., James, A.A., 2013. The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. Trends Parasitol 29, 460-468.

Boyer, S., 2012. La technique de l'insecte stérile : une lutte ciblée sans insecticide. Med Trop (Mars) 72 Spec No, 60-62.

ECDC/VBORNET. Mosquito maps. *Aedes albopictus* - current known distribution - January 2014 (http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/VBORNET_maps.aspx consulté le 08/09/2014).

Grandadam, M., Caro, V., Plumet, S., Thiberge, J.M., Souares, Y., Failloux, A.B., Tolou, H.J., Budelot, M., Cosserat, D., Leparc-Goffart, I., Despres, P., 2011. Chikungunya virus, southeastern France. Emerg Infect Dis 17, 910-913.

Grard, G., Caron, M., Mombo, I.M., Nkoghe, D., Mboui Ondo, S., Jiolle, D., Fontenille, D., Paupy, C., Leroy, E.M., 2014. Zika Virus in Gabon (Central Africa) - 2007: A New Threat from *Aedes albopictus*? PLoS Negl Trop Dis 8, e2681.

Invasive Species Specialist Group, 2011. Global invasive species database: One hundred of the World's worst invasive alien species. (http://www.issg.org/database/welcome consulté le 08/09/2014).

InVS, 2014. Chikungunya et dengue - Données de la surveillance renforcée en France métropolitaine en 2014. Publié le 08/12/2014 (http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle/Chikungunya/Donnees-epidemiologiques/France-metropolitaine/Chikungunya-et-dengue-Donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-France-metropolitaine-en-2014). Consulté le 08/12/2014.

La Ruche, G., Souares, Y., Armengaud, A., Peloux-Petiot, F., Delaunay, P., Despres, P., Lenglet, A., Jourdain, F., Leparc-Goffart, I., Charlet, F., Ollier, L., Mantey, K., Mollet, T., Fournier, J.P., Torrents, R., Leitmeyer, K., Hilairet, P., Zeller, H., Van Bortel, W., Dejour-Salamanca, D., Grandadam, M., Gastellu-Etchegorry, M., 2010. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. Euro Surveill 15, 19676.

Marchand, E., Prat, C., Jeannin, C., Lafont, E., Bergmann, T., Flusin, O., Rizzi, J., Roux, N., Busso, V., Deniau, J., Noel, H., Vaillant, V., Leparc-Goffart, I., Six, C., Paty, M.C., 2013. Autochthonous case of dengue in France, October 2013. Euro Surveill 18, 20661.

Ministère de la Santé, 2014. Instruction N°DGS/RI1/2014/136 du 29 avril 2014 mettant à jour le guide relatif aux modalités de mise en oeuvre du plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole (http://circulaire.legifrance.gouv.fr/index.php?action=afficherCirculaire&hit=1&r=38279 consulté le 08/09/2014).

Paty, M.C., 2014. La dengue en France métropolitaine. Arch Pediatr 21, 1274-1278.

Paupy, C., Delatte, H., Bagny, L., Corbel, V., Fontenille, D., 2009. *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. Microbes Infect 11, 1177-1185.

PPAV Working Group, 2011. Personal protection against biting insects and ticks. Parasite 18, 93-111.

Tsetsarkin, K.A., Chen, R., Yun, R., Rossi, S.L., Plante, K.S., Guerbois, M., Forrester, N., Perng, G.C., Sreekumar, E., Leal, G., Huang, J., Mukhopadhyay, S., Weaver, S.C., 2014. Multi-peaked adaptive landscape for chikungunya virus evolution predicts continued fitness optimization in *Aedes albopictus* mosquitoes. Nat Commun 5, 4084.


## Brève. *Aedes japonicus* : une autre espèce exotique invasive récemment détectée en Alsace
## *Short item.* Aedes japonicus*: another invasive exotic species recently detected in Alsace, France*


Yvon Perrin (yvon.perrin@ird.fr) (1), Philippe Bindler (2), Frédéric Jourdain (1)

(1) Centre national d'expertise sur les vecteurs, Montpellier, France.
(2) Brigade verte du Haut-Rhin, Service de démoustication, Soultz, France



**Mots-clés : *Aedes japonicus*, espèce invasive/*Keywords :* Aedes japonicus, *Invasive species***


Dans le cadre de la surveillance globale des moustiques invasifs en France métropolitaine, l'introduction d'une autre espèce originaire du continent asiatique, *Aedes japonicus* (*Hulecoeteomyia japonica*), a été mise en évidence dans le Haut-Rhin en juillet 2013 (Figure 1). Cette détection soulève en particulier la question des conséquences sanitaires et environnementales d'une telle introduction. Si *Ae. japonicus* est une espèce invasive à l'origine de nuisances, il n'est pas formellement reconnu comme vecteur d'arbovirus. Cependant, l'installation d'une espèce allochtone peut déclencher des changements dans la dynamique de transmission de certains agents pathogènes (endémiques ou régulièrement importés). En outre, l'état actuel des connaissances de la biologie de l'espèce (compétence vectorielle, durée de vie, préférences trophiques…) suggèrent qu'elle pourrait constituer un vecteur de certains arbovirus. Ces considérations plaident en faveur d'une vigilance, basée *a minima* sur une connaissance précise de la distribution de l'espèce, ainsi qu'à la préparation d'une réponse à mettre en œuvre en cas d'événement indésirable lié à la présence de cet insecte.

**Figure 1.** Femelle Aedes japonicus. Crédits J. Gathany CDC

## Brève. VBORNET
## *Short item. VBORNET*

Guy Hendrickx
AviaGIS BVBA, Zoersel, Belgique

VBORNET (European network for arthropod vector surveillance for human public health) est un réseau européen de spécialistes des organismes vecteurs de maladies d'importance pour la santé publique, financé par l'ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) basé à Stockholm et coordonné par Avia-GIS (Belgique)(1). Ce réseau qui regroupe plus de 400 spécialistes de tous les pays de l'Union européenne a été opérationnel de septembre 2009 à janvier 2014 et a maintenant été remplacé par VECTORNET (voir autre encadré). Les excellents résultats obtenus par VBORNET en font un exemple dans le domaine, en rassemblant, validant et mettant à disposition de la communauté internationale des données sur la distribution des principales espèces de moustiques, tiques et phlébotomes d'importance pour la santé publique en Europe, y compris les espèces invasives. Les cartes de cinq espèces invasives de moustiques, sept espèces de moustiques, six espèces de tiques et dix espèces de phlébotomes, mises à jour avec les nouvelles données fournies par le réseau tous les trois mois, sont maintenant utilisées comme référence tant par les scientifiques que par les preneurs de décisions.

Pour plus d'information : Les cartes VBORNET sur le site de l'ECDC : http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/vector-maps.aspx

(1) http://www.avia-gis.com/ Avia-SIG BVBA est une entreprise belge créée en 2001, spécialisée dans la collecte, la gestion et l'analyse de l'information spatiale pour développer des systèmes d'information appliqués à la santé animale et publique.

## Brève. VECTORNET
## *Short item. VECTORNET*

Guy Hendrickx
AviaGIS BVBA, Zoersel, Belgique

Le réseau VECTORNET (European network for sharing data on the geographic distribution of arthropod vectors, transmitting human and animal disease agents) fait suite à VBORNET et est né du souci de l'ECDC et de l'Efsa (European Food Safety Authority) d'élargir les activités vers le secteur vétérinaire et au Bassin méditerranéen. Le réseau est financé pour une période de quatre ans (2014-2018) par un contrat cadre et est exécuté par un consortium de vingt partenaires coordonnés par Avia-GIS (Belgique).

En plus de cette extension thématique et géographique de VBORNET, VECTORNET prévoit d'utiliser les deux tiers de son budget, soit 4 millions d'Euros, pour des enquêtes de terrain en vue de compléter activement les cartes établies en utilisant une approche systématique et comparable dans toute l'Europe, l'approche VECMAP.

Les productions du réseau devront permettre à l'ECDC et à l'EFSA, et donc à l'Europe, d'être mieux préparés pour mener des études de risque et faciliter l'évaluation de nouvelles épidémies causées par des maladies transmises par vecteurs dans un perspective 'One-Health'.

Pour plus d'information et pour devenir membre du réseau prendre contact avec le secrétariat de VECTORNET: vversteirt@avia-gis.com

## Brève. EDENext : Biologie et contrôle des infections à transmission vectorielle
## *Short item. EDENext : Biology and control of vector-borne infections*

Ce projet de recherche européen (7e PCRDT, 2011-2014), focalisé sur la production de résultats utilisables par la santé publique, s'appuie sur les acquis du projet EDEN (2005-2010). Les recherches concernent les processus d'émergence et d'installation des infections vectorielles, et l'évaluation des méthodes de contrôle des populations de vecteurs pour briser les cycles épidémiologiques. EDENext est organisé par groupe de vecteurs : tiques, moustiques, phlébotomes et culicoïdes, ainsi que rongeurs. Ces derniers sont en effet des hôtes pour les vecteurs et des réservoirs d'agents pathogènes à transmission vectorielle ou non vectorielle (par ex. Hantavirus). Les approches intégrées sont facilitées par des groupes transversaux : gestion de données, modélisation et santé publique.

Le projet rassemble une cinquantaine de partenaires dans 24 pays d'Europe, du Proche-Orient et d'Afrique. Plus de 400 articles scientifiques ont été publiés à ce jour et une soixantaine de thèses ont été soutenues, fédérant ainsi un réseau de recherche européen et international.

EDEN et EDENext ont été coordonnés par le Cirad. Les résultats sont disponibles sur http://www.edenext.eu/. Une synthèse en sera présentée lors de la conférence GERI-2015 en Crète, en avril 2015 : http://geri2015.edenext.eu/

# **Le réseau Sagir** : un outil de vigilance vis-à-vis des agents pathogènes exotiques

Anouk Decors (1) (anouk.decors@oncfs.gouv.fr), Jean Hars (2), Eva Faure (3), Thomas Quintaine (1), Jean-Yves Chollet (1), Sophie Rossi (4)

(1) Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), Auffargis, France
(2) Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), Gières, France
(3) Fédération nationale des chasseurs (FNC), Issy-les-Moulineaux, France
(4) Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), Gap, France

**Résumé**

**Mettre en place un système de vigilance vis-à-vis des agents pathogènes exotiques dans la faune sauvage a en premier lieu un intérêt pour la conservation des espèces. Détecter leurs effets (pathologie/létalité) permet ensuite de comprendre comment ces agents interviennent dans la dynamique des populations et peuvent jouer un rôle dans le déclin de certaines espèces menacées. Outre l'impact qu'ils peuvent avoir sur la biodiversité, les agents pathogènes exotiques peuvent être partagés par la faune sauvage, les animaux domestiques et l'Homme ; leur détection représente alors un enjeu de santé publique et un enjeu économique pour les filières élevage. Le réseau Sagir (réseau Office national de la chasse et de la faune sauvage –Fédérations départementales, régionales et nationale des chasseurs) est un outil de vigilance basé sur la détection d'évènements pathologiques et de mortalités dans la nature. Il a permis de détecter l'occurrence de maladies « nouvelles » sur le territoire ou pour une espèce donnée (par ex : *influenza* aviaire hautement pathogène chez un fuligule milouin en 2006 ; détection d'un nouveau variant du virus RHD (Rabbit haemorrhagic disease) en 2010 chez le lapin de garenne ; maladie de l'œdème chez le sanglier en 2013). La surveillance Sagir a montré son efficacité pour détecter des agents pathogènes qui s'expriment dans la faune sauvage par un fort taux de mortalité ou de morbidité. Toutefois, la détection d'agents pathogènes exotiques circulant dans les populations sauvages est un exercice difficile. Elle nécessite d'avoir une approche pluridisciplinaire et demande souvent de combiner -au moins en première approche- différents modes de surveillance pour augmenter la sensibilité et la spécificité de la détection.**

**Mots-clés**

**Vigilance, faune sauvage, surveillance évènementielle**

***Abstract***

***The SAGIR network: a vigilance tool to combat exotic pathogens***

***The main benefit of exercising vigilance with respect to exotic pathogens in wildlife is species conservation. Detecting their effects (mortality/morbidity) then makes it possible to understand how these agents work in population dynamics and can play a role in the decline of certain endangered species. In addition to the impact they may have on biodiversity, exotic pathogens can be shared between wildlife, domestic animals and humans; their detection then becomes a public health issue and an economic issue for the different livestock sectors. The SAGIR network (involving the French National Office for Hunting and Wildlife and national/regional hunters' federations) is a vigilance tool based on the detection of pathological events (morbidity/mortality) in the wild. It has helped to detect the occurrence of "new" diseases in France, or diseases for a given species (e.g. highly pathogenic avian influenza in a common pochard in 2006; detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease (RHD) in wild rabbits in 2010; oedema disease in wild boar in 2013). SAGIR surveillance has proved effective in detecting pathogens that are expressed in wildlife by a high mortality or morbidity rate. However, the detection of exotic pathogens circulating in wildlife populations is a difficult exercise. It requires a multidisciplinary approach and – at least initially – often a combination of different modes of surveillance to increase the sensitivity and specificity of detection.***

***Keywords***

***Vigilance, Wildlife, Outbreak-based surveillance***

Exercer une vigilance vis-à-vis des agents pathogènes exotiques[1] dans la faune sauvage a en premier lieu un intérêt pour la conservation des espèces. Détecter leurs effets (pathologiques et létalité) permet ensuite de comprendre comment ces agents interviennent dans la dynamique des populations et peuvent jouer un rôle dans le déclin de certaines espèces menacées. À titre d'exemple, le syndrome du nez blanc, maladie des chauves-souris d'origine mycosique (*Geomyces destructans*) a été décrit pour la première fois en 2006 aux États-Unis d'Amérique où il décime actuellement les populations autochtones de chauves-souris. En mai 2009, il a été estimé que plus d'un million de chauves-souris seraient mortes de ce syndrome en trois ans (Anonyme 2009). L'une des hypothèses, étant donné la large distribution de *Geomyces destructans* dans les populations de chauves-souris européennes sans preuve de mortalité associée, serait une origine européenne du champignon. Il serait apparu récemment dans les populations nord-américaines causant des mortalités de masse dans des populations naïves (Puechmailles *et al.* 2010 ; Blehert *et al.* 2009 ; Martinkova *et al.* 2010 ; Wibbelt *et al.* 2010).

(1) On entend dans cet article par agent pathogène exotique tout agent à potentiel pathogène qui peut avoir un impact sur la santé humaine, animale ou sur la conservation de la biodiversité introduit artificiellement (importation) ou naturellement (migration ou mouvement d'animaux) sur le territoire.

Outre l'impact qu'ils peuvent avoir sur la biodiversité, les agents pathogènes exotiques peuvent être partagés par la faune sauvage, les animaux domestiques et l'Homme, leur détection représente alors un enjeu de santé publique et un enjeu économique pour les filières élevage. C'est le cas par exemple des virus de l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP), de la tuberculose ou de la brucellose. Dans certains cas, les espèces sauvages n'ont pas un rôle épidémiologique majeur, mais peuvent servir de sentinelles pour les maladies des animaux domestiques. Une vigilance efficace exercée sur la faune sauvage permet ainsi de contribuer à la détection précoce de l'introduction d'un agent pathogène exotique et de maîtriser le risque de diffusion vers le compartiment domestique ou humain, donc de réduire les coûts sociaux, économiques, écologiques et sur la santé humaine. Les récentes émergences d'agents pathogènes exotiques (par ex : peste porcine africaine (PPA) en Europe de l'Est, arboviroses émergentes des ruminants telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) ou la maladie de Schmallenberg (SBV)) sur le territoire européen et le contexte d'accélération et de mondialisation des échanges favorable à la propagation rapide d'agents pathogènes ont conduit les gestionnaires du risque à réviser l'approche sanitaire à travers les États généraux du sanitaire de 2010 (http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/EGS-LIVRET-2011.pdf), en ayant une vision globale et cohérente de la santé,

intégrant notamment la surveillance de la faune sauvage. La vigilance de l'IAHP illustre bien la nécessité d'avoir une approche globale de la vigilance. Elle s'est exercée à la fois dans le cheptel domestique et dans la faune sauvage avec la mise en place dès 2003 d'une surveillance active chez les oiseaux capturés et chez les oiseaux tués à la chasse et a été renforcée en 2005 par la surveillance de la mortalité des oiseaux sauvages. En février 2006, la détection du virus H5N1HP sur trois fuligules milouins (*Aythya ferina*) dans un étang de la Dombes (Ain) a été antérieure à la détection de la maladie dans un élevage de dindes voisin (Hars *et al.* 2008).

## La vigilance basée sur la détection d'« événements » de mortalité : exemple du réseau Sagir

### *La surveillance événementielle généraliste*

La « surveillance événementielle » est une surveillance généraliste et continue qui repose sur la détection de signaux de mortalité/morbidité anormaux, sans présumer de l'étiologie. La mise en évidence d'un agent pathogène ne résulte pas d'un dépistage systématique mais d'une démarche diagnostique pour déterminer les processus ayant abouti à la mort des animaux.

Ce mode de vigilance exploratoire permet de dresser un inventaire des maladies de la faune et de détecter l'apparition de nouvelles maladies, dont certaines sont exotiques. Il permet également d'acquérir des connaissances sur l'expression épidémiologique, clinique et lésionnelle des agents pathogènes dans la faune sauvage et de détecter un éventuel changement d'expression épidémiologique ou d'expression clinique (par ex. : première déclaration d'épizootie de tularémie chez le Lièvre d'Europe en France en 2010, Decors *et al.* 2011 ; différence de virulence entre le RHDV (Rabbit haemorrhagic disease virus) et le RHDV2 dans les populations de lapins de garenne *Oryctolagus cuniculi* (Le Gall-Reculé *et al.* 2013)). Il permet enfin de suivre la diffusion spatio-temporelle de la maladie, si son expression clinique reste stable au cours du temps. Il est particulièrement pertinent pour détecter une maladie exotique, émergente ou rare, dont l'impact en termes de morbidité/mortalité est supposé important sur les espèces sauvages (ex : pestes porcines et aviaires).

En France, il existe plusieurs dispositifs complémentaires de surveillance événementielle de la faune sauvage, en particulier :

- le réseau Sagir, réseau déployé depuis 1986 dans son organisation actuelle, qui collecte majoritairement des mammifères terrestres et oiseaux sauvages, morts ou non viables, et dont la couverture est nationale (hors parcs nationaux) mais qui concerne plutôt les zones rurales et particulièrement les espèces d'intérêt cynégétiques ;
- l'examen initial des carcasses des gibiers chassés par les chasseurs rendu obligatoire pour le gibier mis sur le marché aussi bien par des filières nationales,- l'examen initial est alors suivi d'une estampille vétérinaire- que par des filières plus courtes (commerce de détail, repas de chasse et repas associatifs) ; c'est l'arrêté ministériel du 18 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en contenant qui encadre cet examen initial ;
- le réseau des vétérinaires praticiens et des centres de sauvegarde qui sont appelés à examiner des animaux sauvages malades ou morts (Gourlay *et al* 2014) et des chiens de chasse ayant pu contracter des maladies au contact de la faune sauvage ou dans l'environnement ;
- la surveillance exercée au sein des parcs nationaux et des réserves ;
- la surveillance des mortalités de chiroptères pour le diagnostic de la rage ;
- les réseaux impliquant des associations de protection de la nature, comme Vigilance Poison (piloté par la Ligue de protection des oiseaux (LPO)) ou le réseau de surveillance de la mortalité anormale des chiroptères (SMAC, voir Encadré p. 43) ;
- le réseau national d'échouage, spécialisé dans les mammifères et tortues marins coordonné par le Centre de recherche sur les mammifères marins (CRMM) sous la tutelle du ministère chargé de l'Environnement (http://crmm.univ-lr.fr/index.php/fr/echouages/reseau-national-echouages).

Le réseau Sagir repose sur la collaboration entre l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) et les fédérations de chasseurs (nationale – FNC – et départementales – FDC). Pour le diagnostic, il s'appuie sur un service de proximité, les laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires, et les laboratoires spécialisés et de référence. (Lamarque *et al.* 2000). Il constitue un réseau de surveillance événementielle généraliste, national (y compris en outre-mer : Martinique), dont les pressions d'observation et de collecte peuvent être modulées en fonction des besoins. L'échantillonnage -qui peut donc être qualifié d'échantillonnage de commodité ou de convenance- est non contrôlé puisqu'il repose sur la facilité d'obtention de l'échantillon (accessibilité des cadavres d'animaux) et sur le volontariat d'observateurs, plutôt que sur la maîtrise statistique du processus d'échantillonnage. Ce type d'échantillonnage a été retenu car il ne présente pratiquement aucune contrainte pour un réseau de type participatif (Dohoo *et al.* 2003).

L'intérêt de ce réseau est sa couverture spatiale, la diversité des espèces surveillées et la bonne représentation de certaines espèces d'intérêt cynégétique, ayant toutes les qualités pour servir de sentinelles : espèces abondantes, ayant une large répartition territoriale, pour lesquelles il existe une bonne connaissance de leur biologie et de leur aire de répartition. À titre d'exemple en 2013, 2 072 cas Sagir ont été collectés correspondant à 83 espèces différentes, sachant que huit espèces représentent 80 % de l'échantillon (ce sont le lièvre d'Europe *Lepus europaeus*, le chevreuil *Capreolus capreolus*, le lapin de garenne *Oryctolagus cuniculus*, le sanglier *Sus scrofa*, le renard roux *Vulpes vulpes*, le pigeon ramier *Columba palumbus*, le blaireau européen *Meles meles* - en augmentation dans l'échantillon du fait de la surveillance sylvatub - et le chamois *Rupicapra rupicapra*). Depuis 2012 l'échantillon Sagir est complété par des « cas numériques » (des supports numériques -photos ou vidéos- sont en effet transmis au réseau avec demande de diagnostic différentiel) c'est-à-dire des animaux viables ou non transportables mais qui ont des signes cliniques marqués.

### *La surveillance événementielle « renforcée »*

Dans son fonctionnement généraliste, le processus d'échantillonnage n'est pas standardisé, il repose sur la détection et la déclaration d'événements de mortalité anormaux à dire d'expert ; la pression d'observation (fonction du nombre d'observateurs et du temps passé sur le terrain) n'est ni homogène, ni quantifiée entre les départements. Par ailleurs, la sélection des individus est soumise à une série de filtres non standardisés, qui sont autant de sources de forces sélectives (et donc de biais) entrant en jeu dans la constitution de l'échantillon. De ce fait, il n'est pas possible de comparer des niveaux de mortalité entre départements, mais il est possible d'interpréter une variation locale de l'intensité de la mortalité comme un indicateur d'événements de mortalité dite « anormale ».

Sur une période définie et avec un objectif de vigilance ciblant un agent pathogène particulier, connu et d'intérêt majeur, le processus d'échantillonnage du réseau Sagir peut être harmonisé, renforcé et basé sur le risque. Cette surveillance événementielle « renforcée » s'apparente alors à la surveillance programmée (Encadré 1) dans la mesure où elle vise à analyser un échantillon suffisant d'animaux morts ou malades pour détecter un agent pathogène ou son expression clinique. Tout comme la surveillance programmée, ce mode de surveillance présente un coût conséquent pour l'État et les acteurs de la surveillance, et cible donc le plus souvent un compartiment (par ex : les oiseaux d'eau pour le l'IAHP, les corvidés pour le virus West Nile (WN)), des zones (par ex : les zones humides sur les couloirs de migration pour IAHP, le pourtour méditerranéen pour le WN, la Corse pour la PPA) et périodes à risque (par ex les périodes de migration des canards plongeurs pour IAHP).

Sur la base d'une analyse de risque, une surveillance événementielle renforcée et ciblée de l'IAHP a ainsi débuté fin 2005 et a permis de

**Encadré 1. Surveillance programmée de la faune sauvage**

La surveillance programmée (ou active) vise à tester de manière standardisée et systématique, pour un ou plusieurs agents pathogènes qui n'entraînent pas nécessairement de signes cliniques ou des lésions détectables, un échantillon suffisant d'animaux dans une population (souvent le compartiment des animaux chassés) afin de détecter une prévalence limite d'animaux infectés ou réactifs. Ce mode de surveillance peut être utilisé pour la vigilance vis-à-vis de certains agents pathogènes exotiques *a priori* asymptomatiques comme cela a été récemment le cas pour la FCO et le virus de Schmallenberg chez les ruminants sauvages (Rossi *et al.* 2013, Laloy *et al.* 2014). Il permet généralement une bonne couverture spatiale et des tailles d'échantillons conséquentes sur un pas de temps court, mais peut être coûteux sur un plan logistique et financier, il cible donc généralement un compartiment (par ex. une classe d'âge ou une espèce), des zones (par ex. des zones proches de foyers connus de PPC ou PPA). Il peut par ailleurs être limité quand à sa représentativité temporelle (périodes de capture ou de chasse) ou populationnelle (par ex. très jeunes animaux), d'où l'intérêt de le combiner avec les autres modes de surveillance.

détecter la présence du virus hautement pathogène H5N1 en 2006 dans la Dombes et en 2007 sur les étangs de Moselle (Hars *et al.* 2008). L'effectif d'oiseaux recrutés par surveillance événementielle et testés en France en 2006 était de 3 400 oiseaux contre 600 oiseaux recrutés en moyenne au cours des dix années précédentes. La surveillance programmée a permis d'isoler de nombreuses souches virales, dont des H5 et H7 faiblement pathogènes, mais jamais de virus hautement pathogènes. La combinaison de ces deux modes de surveillance a ainsi permis de constater que cet agent pathogène s'exprimait cliniquement par la mort des espèces sensibles, et que la surveillance événementielle constituait le seul moyen pour détecter l'introduction du virus H5N1 hautement pathogène.

En plus des aspects scientifiques et techniques, le renforcement de la surveillance événementielle doit être compatible avec le fonctionnement participatif (volontaire) sans compromettre la surveillance généraliste de base, ni saturer les observateurs du réseau. Cela suppose une animation et une consultation des acteurs classiques du réseau que sont les FDC et services départementaux de l'ONCFS, voire la diversification des observateurs du réseau (services de la voirie par exemple) en fonction de la strate d'animaux ciblés (tués sur la route par exemple), ainsi que des outils de communication et de reporting innovants.

### *Sagir : deux modalités de vigilance*

Les signes cliniques de maladie ne sont pas aussi faciles à observer dans la faune sauvage que chez les animaux domestiques, et il est souvent plus difficile de prélever des échantillons de bonne qualité pour des analyses de laboratoires du fait de l'évolution *post mortem* (altération cadavérique, coagulation sanguine, etc.) et de la disponibilité des échantillons (intégrité du cadavre, particularités anatomiques, etc.). Pour une détection précoce efficace, il est nécessaire d'avoir différents niveaux de vigilance et d'alerte avec un gradient de spécificité et une gestion adaptée des données recueillies, c'est-à-dire en « temps réel ». La vigilance au sein du réseau Sagir s'opère grâce à deux types de surveillance : syndromique et étiologique. Le temps nécessaire au diagnostic est parfois très long (temps incompressible lié à certains examens complémentaires), pour détecter une épizootie à son début, l'indicateur le plus précoce est la détection d'événements de mortalités ou de manifestations pathologiques. Cet indicateur n'est pas spécifique d'une maladie particulière mais permet d'émettre un premier niveau d'alerte. Actuellement les alarmes émanent des observateurs de terrain et reposent donc pour partie sur leur sensibilité et leur connaissance du terrain, et sont vérifiées par un épidémiologiste. Cette approche sera complétée dans un futur proche par la production automatique de signaux statistiques et la gestion en temps réel des données grâce à un outil en ligne. La deuxième donnée accessible rapidement est la synthèse lésionnelle. Elle permet d'infirmer l'émergence d'un problème sanitaire ou de confirmer l'alerte. Par ailleurs, il est possible à ce stade d'émettre des hypothèses sur le type de processus pathologique (infectieux, traumatique, toxicologique, etc.) et de guider un diagnostic différentiel permettant de mieux cibler les enjeux sanitaires utiles à la gestion précoce de crise. Le troisième niveau de vigilance est étiologique, essentiel à l'évaluation et la gestion du risque.

## La surveillance événementielle est un outil nécessaire mais pas toujours suffisant

La découverte d'un cadavre (Encadré 2) est un phénomène très variable dans le temps et dans l'espace parce qu'il met en jeux de très nombreux facteurs. Elle dépend notamment de la probabilité de découvrir les cadavres. Cette probabilité dépend du protocole (méthode et fréquence d'application) organisant la recherche de cadavres (Ward *et al.* 2006), de l'observateur (Mörner *et al.* 2002 ; Garel *et al.* 2005), de la densité de cadavres (Mineau et Collins 1988), des caractéristiques phénotypiques des individus (couleur, taille, etc.), du type (Mörner *et al.* 2002) et de l'ouverture du milieu (Pain 1991). Elle est également fonction du temps de persistance des cadavres dans le milieu (Mineau et Collins 1988 ; Tobin et Dolbeer 1990 ; Wobeser et Wobeser 1992 ; Ward *et al.* 2006), soumis à l'action des nécrophages, qu'il s'agisse d'invertébrés, d'oiseaux ou de mammifères prédateurs ou opportunistes. Les conditions météorologiques interviennent également à plusieurs niveaux sur ces facteurs (observateur, temps de persistance des cadavres).

La taille d'échantillon ne peut généralement pas être fixée d'avance de manière à détecter une prévalence minimum et l'analyse de l'efficacité d'un dispositif, quand elle est possible comme pour Sagir fait appel à des outils de modélisation statistique sophistiqués (Nusser *et al.* 2008).

Par ailleurs, dans son fonctionnement généraliste ou renforcé, la détection par le réseau Sagir repose sur l'expression clinique due à l'agent pathogène (morbidité ou mortalité). Du fait du manque de connaissances sur la sensibilité des espèces sauvages aux agents pathogènes exotiques, sur l'expression clinique (souvent extrapolée des animaux domestiques), sur les potentielles barrières écologiques ou d'espèce, exercer une vigilance sur les populations sauvages nécessite souvent au départ de combiner plusieurs modes de surveillance pour améliorer la sensibilité de la détection et évaluer le meilleur mode de détection.

Par exemple, lorsque le virus de la peste porcine classique (PPC) touche une population naïve, il induit une importante mortalité des sangliers et en particulier des jeunes (par ex. en janvier 1992 et en avril 2003 dans les Vosges du Nord). La surveillance événementielle apparaît alors comme l'une des méthodes de surveillance de choix, particulièrement intéressante dans les phases d'émergence et pour suivre le front d'expansion de maladies contagieuses. Dans le cas de la PPC, la probabilité de trouver le virus est plus importante sur cadavre infecté que sur une carcasse de sanglier tué à la chasse. La surveillance programmée menée dans les Vosges du Nord entre 2003 et 2007 a révélé 46 animaux viro-positifs sur 35 007 sangliers chassés (0,13 %), contre huit viro-positifs sur 241 sangliers trouvés morts ou malades (3,32 %). Néanmoins, les études menées de longue date dans les Vosges du Nord montrent que lorsque les surveillances événementielle et programmée sont menées conjointement, c'est la surveillance programmée, basée sur un plus grand échantillon également plus spatialement représentatif que les animaux morts (même compte-tenu de la différence de prévalence entre les compartiments), qui permet de détecter précocement l'émergence du virus. La détection d'anticorps chez les sangliers chassés à la frontière des deux pays (Allemagne/France) était en effet antérieure à la détection de sangliers chassés viro-positifs, elle-même antérieure à la détection de sangliers morts viro-positifs (Rossi *et al.* 2005a; Rossi *et al.* 2010). Cette différence de sensibilité tient ici au fait que, même si la proportion de cadavres infectés est plus importante que la proportion d'animaux infectés tués à la chasse, la détectabilité de la mortalité de jeunes sangliers en milieu fermé (par ex. le milieu forestier) est très faible. Du fait de ces contraintes de détection, il apparaît intéressant dans les premiers temps de la vigilance de garder l'esprit ouvert et de combiner différents

modes de surveillance. Les retours d'expérience sur la surveillance de la PPC ont montré l'intérêt de coupler différents modes de surveillance. C'est d'ailleurs l'avis rendu par l'Anses, qui propose une combinaison plus ou moins importante des deux modes de surveillance pour permettre une détection plus rapide d'un foyer émergent ou ré-émergent de PPC en France, en fonction du niveau de risque d'apparition de foyer associé à la zone à surveiller (Anses 2014). Cette combinaison est notamment recommandée dans l'ancienne zone infectée des Vosges du Nord, qui présente un risque plus élevé de réémergence et dans laquelle on se fixe de ce fait un objectif de détection précoce, tandis qu'une surveillance événementielle généraliste est proposée à échelle nationale sur des critères d'appels lésionnels et/ou de mortalité groupée où le risque d'apparition de foyers de PPC est jugé à la fois faible et imprédictible (Anses SA-2004-0049).

Dans le cadre de la PPA, le problème de détectabilité est *a priori* moins critique dans la mesure où toutes les classes d'âge ont le même niveau de mortalité et que la mortalité associée à ce virus est plus forte (Blome *et al.* 2012). Les résultats de surveillance en Pologne montrent par ailleurs une détection chez les animaux morts et une absence de détection du virus chez les animaux chassés. La vigilance événementielle semble donc la plus appropriée pour suivre l'émergence de la PPA chez le Sanglier. Dans ce contexte, la surveillance événementielle de la PPA a été récemment activée en Corse où tout cadavre de sanglier éligible à l'autopsie est soumis à un diagnostic virologique pour la détection des pestes porcines. Sur le reste du territoire, la surveillance de la PPA repose sur les mêmes critères lésionnels ou de mortalité groupée que la PPC.

Pour conclure, en fonction du niveau de morbidité/mortalité estimé, le réseau Sagir et plus généralement la surveillance événementielle est donc un outil utile pour détecter l'introduction de maladies exotiques à expression clinique, mais peut dans certains cas être articulé avec d'autres modes de vigilance pour une plus grande efficacité/précocité de dépistage.

## Clé de décision pour le choix des modes de surveillance

Le choix des modes de surveillance dépend notamment :

- de l'expression clinique attendue ou de la connaissance de la morbidité/mortalité associée à un couple agent pathogène-espèce hôte :
  - des manifestations cliniques ou lésionnelles faibles ou peu détectables macroscopiquement seront difficilement détectées par une surveillance événementielle, il convient alors de mettre en place une surveillance programmée (par ex. FCO chez le Cerf, brucellose ou Aujeszky chez le Sanglier). La difficulté dans le cas de maladies exotiques ou émergentes est qu'on ne connaît pas forcément à l'avance son expression clinique dans toutes les espèces sauvages supposées sensibles, c'est notamment la difficulté qui a été rencontrée lors de l'émergence récente de plusieurs arboviroses exotiques en Europe et même de l'IAHP en 2006, qui ont conduit à combiner, la première année de vigilance, surveillance programmée et événementielle et à adapter le mode de surveillance en fonction des retours d'expérience,
  - des manifestations cliniques ou lésionnelles d'intensité variable (aiguë à faible) et plus ou moins fréquentes selon le stade de l'infection et la classe d'âge à risque, vont rendre la détectabilité par les observateurs de terrain très variable Il convient alors de coupler surveillance programmée et événementielle (par ex. PPC et tuberculose),
  - si les manifestations cliniques sont suraiguës et que l'espèce est supposée très sensible (pas de circulation chez les animaux apparemment sains), que la mortalité est importante, une surveillance événementielle suffit : (par ex. PPA) ;
- de la situation épidémiologique et de sa possible évolution :
  - la surveillance événementielle généraliste sera pertinente lors d'une phase de vigilance (maladie exotique),
  - la surveillance événementielle renforcée sera pertinente pour détecter une maladie dans une zone et une période à risque d'émergence,
  - la surveillance programmée et dans certains cas la surveillance événementielle renforcée permettront de dépister mais aussi de suivre l'avancée du front ;
- de la disponibilité d'outils analytiques validés pour détecter l'agent pathogène ou la réponse sérologique pour tous les types de prélèvements provenant de toutes les espèces de faune sauvage.

Le Tableau 1 propose une clé de décision reposant sur des critères simples, illustrée par quelques exemples de dangers sanitaires.

## Conclusion

La détection d'agents pathogènes exotiques circulant dans les populations d'animaux sauvages est un exercice difficile du fait des contraintes très fortes d'échantillonnage, du caractère souvent volontaire de la surveillance, de l'absence d'information sur la sensibilité et la réceptivité des espèces sauvages autochtones, de la

**Tableau 1. Proposition de clé de décision pour le choix de(s) mode(s) de surveillance. 0=absent, non décrit, non détectable ou rare. X=décrit et détectable. SEG=surveillance événementielle généraliste, SER=surveillance événementielle renforcée. SP=surveillance programmée (ou active)**

| Ex de couple espèce/agent* | Expression clinique | | Expression lésionnelle macrosco-pique patho-gnomonique | Réponse sérologique et capacité de détection | Détection de l'agent pathogène | Forme épidémiologique | | Mode de vigilance recommandé |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aiguë | Subaiguë | | | | Epizootique | Enzootique/ sporadique | |
| West Nile/avifaune | x | 0 | 0 | x | x | 0 | x | SER |
| Influenza aviaire hautement pathogène/ Cygne | x | 0 | x | x | x | x | 0 | SER |
| Rage/Renard | x | 0 | x | x | x | x | 0 | SER |
| Peste porcine africaine/Sanglier | x | 0 | x | 0 | x | x | 0 | SER |
| Schmallenberg/Chevreuil | 0 | 0 | 0 | x | 0 (sur fœtus) | 0 | x | SP +SEG |
| Fièvre catarrhale ovine/Cerf | 0 | 0 | 0 | x | x | 0 | x | SP +SEG |
| Influenza aviaire faiblement pathogène/ Canards appelants | 0 | 0 | 0 | x | x | 0 | x | SP +SEG |
| Fièvre aphteuse/Sanglier | x | 0 | x | x | x | x | 0 | SP+SER |
| Maladie hémorragique des cervidés / Ruminants sauvages | x | 0 | x | x | x | x | 0 | SP+SER |
| Pest porcine classique/Sanglier | x (jeunes) | 0 | 0 | x** | x | x | x | SP+SER |

* situation épidémiologique en France métropolitaine
** distinction avec la réponse vaccinale impossible

difficulté diagnostique et du manque d'outils analytiques validés pour ces espèces. Elle nécessite souvent : i) de combiner différents modes de surveillance pour augmenter la sensibilité et la spécificité de la détection, ii) d'avoir une approche multi-espèces et pluridisciplinaire (écologie/biologie des populations, épidémiologie, pathologie), et iii) de développer des outils méthodologiques notamment pour estimer notre capacité de détection en fonction des modes et modalités de surveillance

Le réseau Sagir, dans son fonctionnement actuel, a permis de détecter l'occurrence de maladies « nouvelles » sur le territoire ou pour une espèce donnée (par ex. IAHP chez le fuligule milouin en 2006, détection d'un nouveau variant du virus RHD en 2010, maladie de l'œdème du sanglier en 2013). Toutefois, sa capacité à détecter un incident lié à un agent pathogène ciblé n'a jamais été évaluée en amont de la vigilance ; la modélisation apparaît comme un outil décisionnel indispensable et un préalable peu coûteux pour évaluer l'efficacité/précocité de la détection *via* Sagir par rapport à d'autres modes de surveillance et pour avoir une idée de l'effort de collecte à fournir et orienter les modalités de recherche des cadavres. Dans son fonctionnement généraliste, la détection d'événements anormaux de mortalité repose sur la connaissance et la sensibilité des observateurs du réseau. La mise en place d'une gestion dématérialisée et « en temps réel » des données étiologiques et syndromiques permettra de compléter la détection grâce à l'utilisation d'outils statistiques pour détecter les signaux de mortalité/morbidité anormaux.

## Références bibliographiques


Anonymous, 2009. White Nose Syndrome science strategy meeting II, Consensus Statement, May 27-28 Austin, Texas, USA. available at http://www.batcon.org/pdfs/whitenose/WNS2FinalReport.pdf.

Blehert, D.S., Hicks, A.C., Behr, M., Meteyer, C.U., Berlowski-Zier, B.M., Buckles, E.L., Coleman, J.T.H., Darling, S.R., Gargas, A., Niver, R., Okoniewsky, J.C., Rudd, R.J, Stone, W.B., 2009. Bat white-nose syndrome : an emerging fungal pathogen? Science 9 323(5911), 227.

Blome, S., Gabriel, C., Beer, M., 2012. Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar. Virus Res., 173(1), 122-130.

Decors, A., Lesage, C., Jourdain, E., Giraud, P., Houbron, P., Vanhem, P., Madani, N., 2011. Outbreak of tularaemia in brown hare (*Lepus europaeus*) in France, January to March 2011. Eurosurv. 16(28).

Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H., 2003. Chapter 2 : Sampling, in Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H. (Eds) , Veterinary Epidemiologic Research, , 27-52, AVC Inc., Charlottetown, Prince Edward Island, Canada, pp 27-52.

Garel M., Cugnasse J.M., Gaillard J.M., Loison A., Santosa Y., Maublanc M.L., 2005. Effect of observer experience on the monitoring of a mouflon population, Acta Theriol. 50(1), 109-114.

Gourlay, P., Decors, A., Moinet., M, Lambert, O., Lawson, B., Beaudeau, F., Assié, S., 2014. The potential capacity of French wildlife rescue centres for wild bird disease surveillance. Eur. J. Wildl. Res. 60(6), 865-873.

Hars, J., Ruette, S., Benmergui, M., Fouque, C., Fournier, J.Y., Legouge, A., Cherbonnel, M., Baroux, D., Dupuy, C., Jestin, V., 2008. Role played by the mute swan (*Cygnus olor*) and other Anatidae in the epidemiology of the HP H5N1 avian *influenza* in the Dombes region (France) in 2006. J. Wildlife Dis. 44(4), 811-823.

Laloy, E., Breard, E., Sailleau, C., Viarouge, C., Desprat, A., Zientara, S., Klein, F., Hars, J., Rossi, S., 2014. Schmallenberg virus infection among Red Deer, France, 2010-2012. Emerg Infect Dis. 20(1), 131-134.

Lamarque, F., Hatier, C., Artois, M., Berny, P., Diedler, C., 2000. Le réseau Sagir, Réseau national de suivi sanitaire de la faune sauvage française. Epidémiol. et santé animale 37, 21-30.

Le Gall-Reculé, G., Lavazza, A., Marchandeau, S ., Bertagnoli, S., Zwingelstein, F., Cavadini, P., Martinelli, N., Lombardi, G., Guerin, J.-L., Lemaitre, E., Decors, A., Boucher, S., Le Normand, B.,n Capucci, L., 2013. Emergence of a new lagovirus related to rabbit haemorrhagic disease virus. Vet. Res., 44, 81.

Martínková, N., Bačkor, P., Bartonička, T., Blažková, P., Červený, J., Falteisek, L., Gaisler, J., Hanzal, V., Horáček, D., Hubálek, Z., Jahelková, H., Kolařík, M., Korytár, L.u., Ķubátová, A., Lehotská, B., Lehotský, R., Lučan, R.K., Májek, O., Matějů, J., Řehák, Z., Šafář, J., Tájek, P., Tkadlec, E., Uhrin, M., Wagner, J., Weinfurtová, D., Zima, J., Zukal, J., Horáček, I., 2010. Increasing Incidence of Geomyces destructans Fungus in Bats from the Czech Republic and Slovakia. PLoS ONE 5(11), e13853.

Mineau, P., Collins, B.T., 1988. Avian mortality in agro-ecosystems – 2. Methods of detection, in Greaves, M.P., Greig-Smith, P.W, Smith, B.D. (Eds), Field methods for the study of environmental effects of pesticides. British Crop Protection Council Monograph vol. 40, 13-27.

Mörner T., Obendorf D.L., Artois M., Woodford M.H., 2002. Surveillance and monitoring of wildlife diseases, Rev. Sci. Tech. (Int. Off. Epiz.), 21(1), 67-76.

Nusser, S. M., Clark, W. R., Otis, D. L., Huang, L., 2008. Sampling considerations for disease surveillance in wildlife populations. J. Wildlife Manag., 72(1), 52-60.

Pain, D.P., 1991. Why are lead-poisoned waterfowl rarely seen : the disappearance of waterfowl carcasses in the Camargue, France. Wildfowl 42, 118-122.

Puechmaille, S.J., Verdeyroux, P., Fuller, H., Ar Gouilh M., Bekaert, M., Teeling, E.C., 2010. White-nose syndrome fungus (*Geomyces destructans*) in bat, France. Emerg. Infect. Dis., 16(2), 290–293.

Rossi, S., Fromont, E., Pontier, D., Cruci, Egrave, Re, C., Hars, J., Barrat, J., Pacholek, X., Artois, M., 2005. Incidence and persistence of classical swine fever in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*). Epidemiology & Infection 133(3), 559-568.

Rossi, S., Pol, F., Forot, B., Masse-provin, N., Rigaux, S., Bronner, A., Le Potier, M.F., 2010. Preventive vaccination contributes to control classical swine fever in wild boar (*Sus scrofa* sp.). Vet. Microbiol. 142(1-2), 99-107.

Rossi, S., Pioz, M., Bréard, E., Durand, B., Gibert, P., Gauthier, D., Hars, J., 2013. Bluetongue dynamics in French wildlife : exploring the driving forces. Transbound. Emerg. Dis. 61(6), e12-e24.

Tobin, M.E., Dolbeer, R.A., 1990, Disappearance and recoverability of songbird carcasses in fruit orchards, J. Field Ornithol., 61(2), 237-242.

Ward, M.R., Stallknecht, D.E., Willis, J., Conroy, M.J., Davidson, W.R., 2006. Wild bird mortality and West Nile virus surveillance : biases associated with detection, reporting, and carcass persistence, J. Wild. Dis., 42(1), 92-106.

Wibbelt, G., Kurth, A., Hellmann, D., Weishaar, M., Barlow, A., Veith, M., Prüger, J., Görföl, T., Grosche, L., Bontadina, F., Zöphel, U., Seidl, H.P., Cryan, P.M., Blehert, D.S., 2010. White-Nose Syndrome fungus (*Geomyces destructans*) in bats, Europe. Emerg. Infect. Dis. 16(8), 1237–1242.

Wobeser, G., Wobeser, A.G., 1992. Carcass disappearance and estimation of mortality in a simulated die-off of small birds, J. Wild. Dis., 28(4), 548-554.


**Encadré 2. Que faire en cas de découverte d'un animal sauvage mort ?**

En France, plusieurs dispositifs complémentaires permettent de surveiller les maladies affectant les populations d'animaux sauvages. Parmi ces dispositifs, le réseau Sagir (voir article dans ce même numéro) est en charge de la surveillance de la mortalité des oiseaux et mammifères sauvages terrestres. En cas d'observation d'une mortalité considérée comme anormale (c'est-à-dire notamment mortalité multiple, mortalité répétée, mortalité touchant à la fois les jeunes et les adultes d'une même espèce, etc.), la recommandation est de ne pas intervenir directement et de ne pas collecter les animaux trouvés morts (ou mourants) mais de prévenir les correspondants départementaux du réseau Sagir, à savoir le service départemental de l'ONCFS ou la Fédération départementale des chasseurs. Ils évalueront le caractère anormal de la mortalité et la pertinence de prendre en charge ou non le cadavre, en fonction notamment de leur connaissance de la situation sanitaire du département, de la forme de la mortalité (épizootie, cas sporadique, etc.), de l'espèce et de l'état de fraîcheur présumé du cadavre. De plus, ils sont formés aux règles d'hygiène et à de sécurité liés à la collecte d'animaux morts, et sont habilités *via,* des autorisations spéciales, à prélever et à transporter les cadavres vers le laboratoire départemental d'analyses vétérinaires le plus proche, y compris les cadavres d'espèces protégées. La vigilance épidémiologique dans le cadre de ce réseau repose sur le diagnostic nécropsique.

Pour aboutir à un diagnostic dans un contexte de population naturelle et sauvage, il est alors essentiel d'avoir un maximum d'informations sur les circonstances de la mort du ou des animaux (nombre d'animaux morts, sur quel pas de temps, nom des espèces touchées, antériorité de traitement ou de travaux agricoles/sylvicoles, contexte écologique et climatique, etc.) Ces informations précieuses sont relevées par les correspondants départementaux formés à cette fin, et reportées dans la « fiche Sagir », qui accompagne le cadavre jusqu'au laboratoire et assure la traçabilité des échantillons. Si la description des circonstances ou des signes cliniques est délicate, les supports photos ou vidéos constituent un excellent complément.

Qui contacter ? http://www.oncfs.gouv.fr/Reseau-Sagir-ru105/Contacts-Sagir-ar1176

Pour en savoir plus : http://www.oncfs.gouv.fr/Reseau-Sagir-ru105

# Risques d'introduction de **maladies exotiques liés à l'importation de chauves-souris** et de leurs produits

Evelyne Picard-Meyer (evelyne.picard-meyer@anses.fr) (1), François Moutou (2), Adeline Croyère (3), Xavier Rosières (4), Florence Cliquet (1)

(1) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage de Nancy, Laboratoire de référence de l'Union européenne pour la rage, Centre collaborateur de l'OMS pour la lutte contre les zoonoses, Laboratoire de référence de l'OIE pour la rage, Laboratoire national de référence de la rage, Malzéville, France.
(2) Boulogne-Billancourt, France
(3) Direction générale de l'alimentation, Service d'inspection vétérinaire et phytosanitaire aux frontières, Paris, France
(4) Direction générale de l'alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris, France

**Résumé**
**Les chauves-souris représentent environ le quart des mammifères terrestres avec environ 1 240 espèces répertoriées et sont présentes sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique. Elles peuvent être infectées par des bactéries, des champignons, des parasites et divers virus. La règlementation qui encadre l'importation des chauves-souris vivantes et leurs produits associés (viande de brousse et guano) vise à préserver l'Union européenne de nombreuses maladies et parasites pouvant affecter l'Homme et les animaux. Les virus les plus étudiés et les mieux connus sont les virus de la rage, avec plus de 1 000 chauves-souris montrées infectées par les Lyssavirus européens en Europe depuis 1954. Menacées de disparition, toutes les chauves-souris autochtones insectivores sont intégralement protégées par la loi en Europe. Il est ainsi interdit de les détenir en captivité. L'importation de chauves-souris exotiques pouvant représenter un risque sanitaire pour l'Homme, celles-ci pouvant être infectées par divers virus, coronavirus, filovirus, henipavirus, la détention ou l'acquisition de chauves-souris exotiques est également interdite pour les particuliers ou les établissements de vente, les seuls autorisés à détenir ces animaux étant les parcs zoologiques.**

**Mots-clés**
**Chauves-souris, importation, maladies exotiques, virus, risques sanitaires**

***Abstract***
***Risks of the introduction of exotic diseases associated with imports of bats and their products***
***Bats represent about 25% of mammal species worldwide, with about 1,240 species, and are present throughout the world except in Antarctica. Current regulations laying down the conditions for the import of live bats and their associated products (bushmeat and guano) aim to protect the European Union from infectious diseases that can affect humans and other animals. Bats can be infected by bacteria, fungi, parasites and viruses. The most studied and best-known virus is the rabies virus with more than 1,000 rabid bats reported in Europe since 1954. Endangered, native insectivorous bats are protected by law in Europe and it is forbidden to keep bats in captivity. The import of exotic bats may represent a health risk to humans. The viruses with which bats can be infected include coronaviruses, filoviruses and henipaviruses. Holding or acquiring exotic bats is thus prohibited for individuals or sales establishments. Only authorised zoos may keep these animals.***

***Keywords***
***Bats, Import, Exotic diseases, Virus, Health risks***

Les chauves-souris sont présentes sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique, et représentent 21 % des espèces de mammifères. En Europe, 52 espèces sont répertoriées, dont 34 en France métropolitaine. Elles sont protégées par la loi (Anonymous, 2012, 2014b, 2014d) et certaines espèces sont menacées de disparition. Les chauves-souris jouent un rôle important dans l'écologie des milieux naturels, en particulier par leur impact sur les insectes et par leur rôle de pollinisateur dans les zones tropicales. Elles sont les témoins naturels de l'état de la biodiversité. Pour autant, elles demeurent mal connues par le grand public aussi bien d'un point de vue biologique et écologique que sanitaire. Ces mammifères peuvent héberger un certain nombre de microorganismes, dont certains importants en santé publique, les mieux connus étant les virus de la rage. Après avoir rappelé brièvement la réglementation encadrant l'importation de chauves-souris vivantes et de leurs produits (guano, viande de brousse), nous présentons les risques de dangers exotiques liés à ces importations.

## Aspects réglementaires

Toutes les espèces de chauves-souris insectivores européennes sont protégées : leur capture, transport, vente, achat ou destruction sont interdits sans autorisation. Aussi nous ne décrivons dans cet article que les risques liés aux introductions de chauves-souris exotiques sur le territoire métropolitain et en Europe.

La détention d'espèces animales non domestiques en captivité et les conditions de leur éventuelle importation sont soumises à une réglementation très encadrée (Anonymous ; Anonymous, 2004, 2005) qui reprend la nomenclature de la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora, ou Convention de Washington) et dont certaines espèces de chauves-souris font partie.

Depuis le 30 juin 2006, les animaleries et les particuliers peuvent détenir, sous certaines conditions strictes, les seules espèces mentionnées à l'annexe I de l'arrêté du 10 août 2004 modifié par arrêté du 20 mars 2007 (citons par exemple la martre, le vison, certains oiseaux et tortues…). En revanche, la détention ou l'acquisition des chauves-souris exotiques (listées en annexe II de l'arrêté du 10 août 2004) est interdite pour les particuliers ou les établissements de vente (animaleries), et ce, même s'ils détiennent un statut d'élevage d'agrément (circulaire du 17 mai 2005 relative aux règles précisant la détention d'animaux d'espèces non domestiques). Les seuls établissements autorisés à détenir les espèces de l'annexe II sont ceux qualifiés d'établissements d'élevage « professionnel », dont la vocation est principalement la présentation au public de spécimens vivants de la faune locale ou étrangère (zoos, parcs animaliers, centres de soins) et la réalisation de recherches scientifiques ou biomédicales. La vente, la location ou le transit des animaux de l'annexe II se font dorénavant entre établissements d'élevage professionnel, acheteurs et vendeurs.

En plus des aspects réglementaires, des recommandations sanitaires émises par le Comité supérieur d'hygiène publique de France existent, de façon à limiter l'exposition du public aux virus des chauves-souris. L'Afssa, dans le « Rapport sur la rage des chiroptères en France métropolitaine » de 2003 (Afssa, 2003) préconisait les recommandations suivantes pour une réduction du risque de

contamination humaine par des souches exotiques de Lyssavirus : 1) vérifier la stricte application, par les pouvoirs publics de la réglementation concernant l'importation des animaux exotiques, 2) recenser les colonies de chiroptères, présentées au public dans les parcs animaliers, zoos, etc., réaliser un suivi de leurs effectifs et de leur état sanitaire en vue d'une protection adaptée du personnel et du public ainsi qu'une information du personnel sur les risques encourus au cours des manipulations (morsures et inhalation) (Afssa, 2003).

La réglementation relative à l'importation des animaux vivants d'élevage ou de rente est harmonisée au niveau européen. En revanche, concernant les animaux vivants destinés à des établissements de présentation au public, l'arrêté du 19 juillet 2002 fixe les conditions sanitaires pour leur importation et leur transit sur le territoire métropolitain et dans les départements d'outre-mer. Ainsi les chiroptères de tous les pays tiers peuvent être importés exclusivement vers des établissements d'expérimentation animale, des établissements d'élevage spécialisés, des établissements fournisseurs (tels que définis par l'article R. 214-88 du Code rural et de la pêche maritime) ou des établissements de présentation au public à caractère fixe (i.e. les parcs zoologiques), à condition de respecter les exigences vétérinaires édictées dans le modèle de certificat fourni en annexe 3 de l'arrêté qui prévoit entre autres :

- que les animaux sont originaires d'un établissement placé sous surveillance vétérinaire, où est appliqué un programme de surveillance sanitaire des animaux adapté, au regard des maladies contagieuses de l'espèce, incluant des analyses microbiologiques et parasitologiques ainsi que des autopsies, [...]
- que les animaux ont été examinés le jour de leur chargement et ne présentent aucun signe clinique de maladie ou de suspicion de maladie et ont été jugés aptes au transport, [...]
- que tous les véhicules de transport et conteneurs [...] seront préalablement nettoyés et désinfectés [...] et qu'ils sont conçus de telle sorte que les déjections, la litière ou l'alimentation ne puissent pas s'écouler pendant le transport.

La réglementation en vigueur en matière de transport de denrées alimentaires dans les bagages des passagers vise à préserver l'Union européenne (UE) de nombreuses maladies et parasites affectant l'Homme, les animaux et les plantes. L'importation de viande (dont la viande de brousse) dans l'UE dans les bagages personnels est strictement interdite. De manière générale, il est interdit de transporter dans ses bagages personnels des produits d'origine animale (produits laitiers, viande de boucherie et de brousse, produits à base de viande), quelle que soit leur forme (fraîche, séchée, sous vide, conserve, etc.).

Des contrôles des bagages des voyageurs sont ainsi mis en place dans les aéroports. Les marchandises interdites sont saisies, détruites et le propriétaire doit s'acquitter d'une amende. Les agents des douanes, dont certains sont spécialisés dans les animaux CITES, réalisent des contrôles des bagages des passagers afin de rechercher les animaux vivants introduits illégalement sur le territoire.

Les conditions sanitaires relatives à l'importation de guano de chauve-souris sont précisées dans le règlement (UE) 142/2011. Ces produits doivent provenir d'un pays tiers autorisé, d'un établissement agréé pour exporter vers l'UE et doivent être présentés au contrôle au poste frontalier accompagnés d'un certificat sanitaire, précisant notamment des conditions de traitement thermique.

Ce même règlement prévoit une possibilité de dérogation pour l'importation d'échantillons de produits non conformes destinés à des fins de recherche ou de diagnostic. Une procédure particulière a donc été établie pour les laboratoires situés en France souhaitant bénéficier de cette possibilité. Dans ce cas, les démarches reviennent principalement au laboratoire de destination qui doit demander une autorisation préalable d'importation à sa DDecPP (Direction départementale en charge de la protection des populations). L'exportateur en pays tiers doit s'assurer de la présence de cette autorisation avant d'expédier les produits vers la France. Cette autorisation encadre les conditions de transport, d'utilisation et de destruction des échantillons.

## Importation de chauves-souris exotiques vivantes et risques sanitaires

Certaines chauves-souris sont plus volontiers importées du fait de leur grande taille, de leur régime alimentaire frugivore et pendant un temps de l'absence de réglementation associée pour les aspects CITES. C'est le cas notamment de la Roussette d'Égypte (*Rousettus aegyptiacus)*, dont l'aire de répartition d'origine est l'Afrique subsaharienne, le Proche-Orient, incluant la Turquie et le Moyen-Orient jusqu'au Pakistan et, en Europe, l'île de Chypre (Anonymous, 2014c). Longtemps sans statut de protection et détruite car considérée comme nuisible par les producteurs de fruits en Turquie notamment, la Roussette d'Égypte est depuis 1996 protégée par le Conseil de l'Europe, et fait partie de la liste des 52 espèces autochtones des chauves-souris européennes (Anonymous, 2014a ; Hadjisterkotis, 2006). La roussette était une des chauves-souris la plus fréquemment vendue par les animaleries comme NAC (nouveaux animaux de compagnie ; voir article dans ce numéro). Les pays exportateurs de NAC sont essentiellement des pays d'Amérique Centrale et du Sud, d'Asie, d'Afrique et d'Europe de l'Est (Praud A *et al.*, 2009) dans lesquels sont régulièrement reportés des cas de rage dans la population animale autochtone.

### *Le risque de rage lié aux importations de chauves-souris vivantes*

La rage est une maladie infectieuse classée comme danger sanitaire de première catégorie et est présente sur tous les continents (recensée dans plus de 150 pays et territoires) à l'exception de l'Antarctique. Le risque rabique majeur pour la santé publique est représenté par le virus de la rage classique (RABV) des mammifères terrestres non volants, principalement transmis par les carnivores domestiques (chien) et sauvages (renard). Cette espèce de virus à ARN appartient au genre des *Lyssavirus* (famille des *Rhabdoviridae*), qui dénombre à ce jour quatorze espèces de virus rabiques (ICTV, 2014) dont douze isolés chez les chiroptères dans le monde.

L'importation de chauves-souris exotiques pourrait représenter un risque sanitaire non négligeable au regard de la rage. Ces risques peuvent concerner les personnes, les animaux domestiques et animaux sauvages. Ainsi, un cas de rage a été diagnostiqué chez une Roussette d'Égypte importée en mars 1999 en Belgique *via* l'Afrique (Togo ou Égypte) puis la France, l'animal ayant été vendu dans une animalerie bordelaise comme animal de compagnie. L'importation avait été effectuée dans les règles : l'animal était accompagné à la frontière française d'un certificat sanitaire ainsi que d'une facture fournie par le grossiste (Aubert *et al.*, 2002). Rappelons qu'en 1999, la réglementation en matière d'importation permettait l'importation de chauves-souris exotiques vers des établissements destinés à la vente, ce qui n'est plus le cas depuis la parution de l'arrêté du 19 juillet 2002. La chauve-souris, après avoir présenté des signes d'agressivité (perte d'agressivité deux jours avant sa mort, léthargie, refus de s'alimenter) et mordu son propriétaire, est morte brutalement en mai 1999 en présentant des signes cliniques évocateurs de rage. Le diagnostic de rage effectué au laboratoire national de référence de la rage était positif par le test d'immunofluorescence (test de référence). Les tests d'isolement viral sur cellules et sur souris se sont également révélés positifs. Le séquençage partiel du virus a permis de montrer qu'il s'agissait du virus africain Lagos bat classiquement isolé chez les chauves-souris en Afrique (Aubert *et al.*, 2002). À la suite de ce cas, plus de 120 traitements post-exposition ont dû être pratiqués chez des sujets ayant été en contact avec la chauve-souris infectée. Tous les mammifères qui avaient séjourné avec la chauve-souris dans l'animalerie bordelaise ont été euthanasiés (un écureuil, un phalanger-renard et deux souris).

D'autres cas d'infection de chauves-souris exotiques par un virus rabique ont été reportés en Europe en 1997 chez la même espèce frugivore, la roussette d'Égypte. Neuf jours après leur transfert du zoo de Rotterdam (Pays-Bas) vers un zoo danois en juillet 1997, deux chauves-souris sur une colonie comptant 42 individus ont été découvertes mortes, piégées dans un canal de ventilation. Elles étaient

positives au test de détection des antigènes rabiques (Ronsholt *et al.*, 1998). La souche virale isolée a par la suite été identifiée comme étant la souche rabique EBLV-1 (isoforme a), classiquement isolée chez les chauves-souris en France et d'autres pays européens. Suite à cet épisode de mortalité, toute la colonie importée a été euthanasiée, et sur les 40 chauves-souris apparemment saines, trois étaient faiblement positives au test de détection d'antigènes viraux (Ronsholt *et al.*, 1998). Dix jours après le transfert des chauves-souris exotiques des Pays-Bas vers le Danemark, les 254 chauves-souris apparemment saines encore présentes dans le zoo hollandais d'où provenaient les chauves-souris mortes ont toutes été euthanasiées (Mensink M. and Schaftenaar W., 1998 ; Ronsholt *et al.*, 1998). Pas moins de 85 % des animaux de la colonie des Pays-Bas (n=40) étaient positifs par PCR (Schaftenaar, 1998). Les roussettes pourraient avoir été contaminées lors de leur arrivée en Europe par des chauves-souris locales venues à leur contact, sans que toutefois cela ait pu être démontré.

Ces cas d'infection chez des chauves-souris importées n'étaient pas les premiers cas rapportés au Danemark : une épizootie similaire avait en effet été constatée en 1994 suite au transfert de douze grandes chauves-souris brunes (*Eptesicus fuscus*) provenant des États-Unis, les premiers cas de mortalité chez les chiroptères infectés par un virus rabique étant apparus trois à quatre semaines post-transfert, atteignant au final 50 % de l'effectif (Rupprecht *et al.*, 1995).

### *Les risques liés aux agents pathogènes exotiques*

Les chauves-souris peuvent être des hôtes ou des réservoirs de divers virus comme certains coronavirus (SRAS-CoV, MERS-CoV), filovirus (Ebola, Marburg) ou encore henipavirus (Hendra, Nipah) (Kohl and Kurth, 2014 ; Kuzmin *et al.*, 2011 ; Simons *et al.*, 2014) et peuvent également être infectées par des bactéries, des champignons et divers parasites (Muhldorfer, 2013).

Les roussettes de la famille des ptéropodidés propres aux zones tropicales de l'Ancien Monde sont maintenant connues comme étant le réservoir des virus émergents Hendra et Nipah, mortels chez l'Homme. Deux espèces présentes en Asie du Sud-Est ont été identifiées comme hôtes réservoirs naturels probables pour ces virus : il s'agit de *Pteropus vampyrus* et *Pteropus hypomelanus* (Simons *et al.*, 2014) qui ne sont pas présentes sur le continent européen.

Au Gabon et en République démocratique du Congo, la présence d'IgG spécifiques du virus Ebola (ZEBOV virus) a été mise en évidence chez six espèces de chiroptères (*Epomops franqueti, Hypsignathus monstrosus, Myonycteris torquata, Micropteropus pusillus, Mops condylurus et Rousettus aegyptiacus*). Dans ces deux pays, des IgG spécifiques du virus Marburg (virus MARV) ont par ailleurs été détectées chez les deux espèces *Rousettus aegyptiacus* et *Hypsignathus monstrosus* (Pourrut *et al.*, 2009). Cela suggère que ces espèces peuvent ou ont pu héberger des virus et surmonter l'infection grâce à une réponse immunitaire adaptée. Notons d'ailleurs ici que la plupart des études virologiques menées chez les chauves-souris sont réalisées par surveillance programmée fondée sur des analyses sérologiques et/ou mise en évidence d'ARN. Rares sont les travaux de détection de virus infectieux. Un résultat séropositif reflète à un instant « t » une exposition passée à un virus, la présence d'ARN montrant la présence de matériel génétique, mais ne prouvant pas la présence effective du virus au moment du prélèvement. En l'absence d'isolement de virus infectieux ou de sa caractérisation génomique complète, la présence de l'agent infectieux ne peut pas, par conséquent, être définitivement confirmée.

## Les risques liés aux produits issus des chauves-souris

Les importations à caractère commercial de produits issus des chauves-souris concernent le guano et la viande de brousse.

Le guano provenant des chauves-souris est collecté dans des grottes puis vendu comme engrais « biologique » dans plusieurs pays comme la Thaïlande, l'Indonésie, le Mexique, Cuba et la Jamaïque (Wacharapluesadee *et al.*, 2013). Les premiers concernés par les risques liés à ce guano de chauve-souris sont les collecteurs de guano dans les grottes, directement et régulièrement exposés aux agents pathogènes qui y sont présents. Le guano peut être importé en théorie en Europe (Simons *et al.*, 2014). Rappelons que les conditions sanitaires relatives à l'importation de guano de chauve-souris sont précisées dans le règlement (UE) 142/2011.

La viande de brousse est le nom donné à de la viande crue, fumée ou partiellement cuisinée provenant d'animaux sauvages du continent africain : singe, chauve-souris, agouti, rat, hérisson, pangolin, civette, etc. Ces viandes de brousse sont prisées depuis longtemps en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest, mais des importations illégales sont décrites en Europe et aux États-Unis (Smith *et al.*, 2012 ; Telegraph.). En France, une saisie de viande de brousse arrivée illégalement d'Afrique en décembre 2013 a par exemple concerné cinq porcs-épics, quinze gazelles, vingt chauves-souris et un ensemble de chenilles (Telegraph, 2014). Les volumes de viande de brousse importés illégalement sont importants malgré l'action des services de contrôle des douanes. La priorité reste l'information du voyageur au départ du pays tiers et à l'arrivée en Europe sur les risques sanitaires et les sanctions encourues.

Il est bien établi que les zoonoses d'origine alimentaire peuvent constituer une menace pour la santé humaine, les agents pathogènes pouvant être présents dans des produits destinés à la consommation humaine, soit par un produit provenant d'un animal infecté ou par contamination croisée par de l'urine ou des fèces. Une étude récente menée par Smith *et al.* a montré que les produits de chauve-souris provenant de la République du Congo importés illégalement comme viande de brousse aux États-Unis étaient infectés par des rétrovirus et des herpès virus (Smith *et al.*, 2012). Des traces d'ARN d'un virus Henipavirus-like ont également été montrées dans différents organes (Weiss *et al.*, 2012).

## Conclusion

Bien que la détention ou l'acquisition des chauves-souris exotiques soit interdite pour les particuliers ou les établissements de vente (animaleries), ces animaux peuvent toutefois être importés vers des parcs zoologiques ainsi que dans des établissements destinés à la recherche. Les importations d'animaux vivants exotiques sont règlementairement encadrées, cependant un risque d'introduction de maladies exotiques liées à ces importations existe, ce risque pouvant être plus important dans le cadre des importations illégales d'animaux vivants ou de leurs produits dérivés. Le risque de voir se renouveler un épisode de chauve-souris exotique infectée par un virus rabique ou par tout autre virus émergent ne peut être exclu du fait d'éventuelles introductions illégales d'individus vivants ou de produits commerciaux (viande de brousse notamment), par définition difficiles à contrôler. Les contrôles sanitaires à l'importation, sont à ce titre, les mesures les plus pertinentes pour limiter le risque d'introduction de maladies exotiques liés aux chauves-souris sur notre territoire.

## Références bibliographiques


Afssa 2003. Rapport sur la rage des chiroptères en France métropolitaine, pp. 70.

Anonymous, Code de l'Environnement (partie Législative). Livre IV Faune et Flore. Titre Ier Protection de la faune et de la flore. Chapitre III. Etablissements détenant des animaux d'espèces non domestiques. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN-articlesL413_1_5.pdf (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, Code de l'Environnement (partie règlementaire). Articles R413-1 à R413-51. Chapitre III: Etablissement détenant des animaux d'espèces non domestiques. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN-articlesR413_1_50.pdf (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2004. Arrêté du 10 août 2004, fixant les conditions d'autorisation de détention d'animaux de certaines espèces non domestiques dans les établissements d'élevage, de vente, de location, de transit ou de présentation au public d'animaux d'espèces non domestiques (JORF du 30/09/2004). modifié par l'arrêté du 24 mars 2005 (JORF fu 23/04/2005). http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_AM_10_08_04et.pdf (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2005. Circulaire du 17 mai 2005 relative aux règles précisant la détention d'animaux d'espèces non domestiques. http://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/fiches/exboenvireco/200517/A0170006.htm (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2012. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). http://www.cms.int/ (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2014a. Bat species occurring in the range of the Agreement on the Conservation of Populations of European Bats. http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/about/Who_gets_protecion%28after_MoP6%29.pdf (Accès le 12 septembre 2014). .

Anonymous, 2014b. Code de l'Environnement, articles L.411-1 et L.411-2.

http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000006176521&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20090330 (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2014c. UNEP/EUROBATS, Agreement on the Conservation of Populations of European Bats, Protected Species http://www.eurobats.org/about_eurobats/protected_bat_species. (Accès le 12 septembre 2014).

Anonymous, 2014d. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), the IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Available online: http://www.iucnredlist.org/ (Accès le 12 septembre 2014).

Aubert, M., Lemarignier, O., Gibon, C., Alvado-Brette, M., Brie, P., Rosenthal, F., 2002. Cas de rage en France sur une chauve-souris importée d'Afrique. Symbioses 6, 35-36.

Hadjisterkotis E, 2006. The destruction and conservation of the Egyptian Fruit bat Rousettus aegyptiacus in Cyprus: a historic review. Eur J Wildl Res 52, 282-287.

ICTV 2014. International Committee on Taxonomy of Viruses. In Vertebrate.

Kohl, C., Kurth, A., 2014. European Bats as Carriers of Viruses with Zoonotic Potential. Viruses 6, 3110-3128.

Kuzmin, I.V., Turmelle, A.S., Agwanda, B., Markotter, W., Niezgoda, M., Breiman, R.F., Rupprecht, C.E., 2011. Commerson's leaf-nosed bat (Hipposideros commersoni) is the likely reservoir of Shimoni bat virus. Vector Borne Zoonotic Dis 11, 1465-1470.

Mensink M., Schaftenaar W., 1998. When bad things happen to bats: the occurrence of a lyssavirus in a closed population of Egyptian frugivorous bats (Rousettus aegyptiacus) at Rotterdam zoo / Second scientific meeting of European Association of Zoo- and Wildlife Veterinarians, European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians 147-151.

Muhldorfer, K., 2013. Bats and bacterial pathogens: a review. Zoonoses Public Health 60, 93-103.

Pourrut, X., Souris, M., Towner, J.S., Rollin, P.E., Nichol, S.T., Gonzalez, J.P., Leroy, E., 2009. Large serological survey showing cocirculation of Ebola and Marburg viruses in Gabonese bat populations, and a high seroprevalence of both viruses in Rousettus aegyptiacus. BMC Infect Dis 9, 159.

Praud A, Dufour B, Moutou F, 2009. NAC exotiques: importations illégales et risques zoonotiques Point Véterinaire 296, 25-29.

Ronsholt, L., Sorensen, K., Bruschke, C., Wellenberg, G., Oirschot, J.V., Johnstone, Whitby, J., Bourhy, H., 1998. Clinically silent rabies infection in (zoo) bats. Vet. Rec. 142, 19-520.

Rupprecht, C.E., Smith, J.S., Fekadu, M., Childs, J.E., 1995. The ascension of wildlife rabies: a cause for public health concern or intervention? Emerg Infect Dis 1, 107-114.

Schaftenaar, W., 1998. Clinically silent rabies infection in (zoo) bats. Vet Rec 143, 86-87.

Simons, R.R., Gale, P., Horigan, V., Snary, E.L., Breed, A.C., 2014. Potential for introduction of bat-borne zoonotic viruses into the EU: a review. Viruses 6, 2084-2121.

Smith, K.M., Anthony, S.J., Switzer, W.M., Epstein, J.H., Seimon, T., Jia, H., Sanchez, M.D., Huynh, T.T., Galland, G.G., Shapiro, S.E., Sleeman, J.M., McAloose, D., Stuchin, M., Amato, G., Kolokotronis, S.O., Lipkin, W.I., Karesh, W.B., Daszak, P., Marano, N., 2012. Zoonotic viruses associated with illegally imported wildlife products. PLoS ONE 7, e29505.

Telegraph, 2014, Frozen porcupines and bats confiscated in Paris exoticfood raid. http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/france/10500982/Frozen-porcupines-and-bats-confiscated-in-Paris-exotic-food-raid.html. (Accès le 13 mai 2014).

Wacharapluesadee, S., Sintunawa, C., Kaewpom, T., Khongnomnan, K., Olival, K.J., Epstein, J.H., Rodpan, A., Sangsri, P., Intarut, N., Chindamporn, A., Suksawa, K., Hemachudha, T., 2013. Group C betacoronavirus in bat guano fertilizer, Thailand. Emerg Infect Dis 19, 1349-1351.

Weiss, S., Nowak, K., Fahr, J., Wibbelt, G., Mombouli, J.V., Parra, H.J., Wolfe, N.D., Schneider, B.S., Leendertz, F.H., 2012. Henipavirus-related sequences in fruit bat bushmeat, Republic of Congo. Emerg Infect Dis 18, 1536-1537.

## Encadré. Surveillance de la mortalité des chauves-souris en France

Anouck Decors (anouk.decors@oncfs.gouv.fr)

Office national de la chasse et de la faune sauvage, Le Perray-en-Yvelines, France

La surveillance de la mortalité des chauves-souris en France est encadrée par le Plan national d'actions en faveur des chiroptères (PNAC) 2009-2013, élaboré par la Société française pour l'étude et la protection des mammifères (SFEPM) et la Dreal[1] de Franche-Comté, financé par le ministère chargé de l'Écologie et animé par la Fédération des conservatoires d'espaces naturels (FCEN). L'action 22 du PNAC a pour objet la *« validation d'une fiche de procédure permettant une rapide collecte de données en cas de mortalité forte de populations de Chiroptères »*. Elle a donné lieu à la constitution d'un groupe de travail pluridisciplinaire, regroupant associations de naturalistes, universitaires et laboratoires d'analyses, et piloté par l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) en appui à la FCEN. Il a abouti à la création d'un réseau de surveillance de la mortalité anormale des chiroptères qui a pris une dimension nationale en 2014. L'enjeu est la conservation des espèces, et l'objectif, généraliste et pérenne, est de détecter la mortalité jugée anormale à dires d'experts chiroptérologues et d'en déterminer les causes. Cette surveillance repose sur les chiroptérologues et les agents de l'environnement de l'ONCFS. Le diagnostic s'appuie sur les laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires, et les laboratoires spécialisés et de référence. Elle s'articule avec l'action 21 du PNAC qui vise à *« poursuivre l'épidémiosurveillance de la rage des chiroptères »*. En 1989, un premier cas de rage chez une sérotine commune a été détecté en France; depuis l'Anses conduit une étude sur la rage des chiroptères, afin de préciser la situation épidémiologique de cette maladie en France. Cette surveillance fait l'objet depuis 2001 d'une convention spécifique entre le groupe chiroptères de la SFEPM et le LNR rage de l'Anses à Nancy, dans le cadre de laquelle tout cadavre de chauve-souris est transmis au LNR pour diagnostic de rage, selon un protocole établi. En cas de mortalité forte, seule une proportion des cadavres, sélectionnée par les parties prenantes de l'action 22, est transmise pour écarter le risque de rage.

Site du PNAC: www.plan-actions-chiropteres.fr

(1) Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement.

# **Nouveaux animaux de compagnie** et risque d'importation de maladies exotiques

François Moutou (francoismoutou@orange.fr)
Expert Anses, Boulogne-Billancourt, France

**Résumé**
**L'apprivoisement d'animaux sauvages est un phénomène ancien, mais la présence d'animaux exotiques très divers dans les foyers est davantage un phénomène de mode, contemporain et amplifié par la mondialisation. Les conséquences sanitaires ne sont pas encore complètement appréhendées. Quatre exemples illustrent quelques-uns des schémas épidémiologiques possibles. Il faut s'attendre à beaucoup d'autres au vu du commerce florissant pour de tels animaux.**

**Mots-clés**
**NAC, monkeypox, cowpox, rage, *Salmonella***

***Abstract***
***Exotic pets and the risk of exotic diseases***
***Taming wild animals is an old practice but having very diverse exotic pets at home is a more recent fashion that globalization has made possible. The sanitary consequences of this situation have not been completely explored. Four examples show how complex the epidemiological cycles can be. Much more are to be expected as this trade is still flourishing.***

***Keywords***
***Exotic pet, Monkeypox, Cowpox, Rabies, Salmonella***

La présence d'animaux apprivoisés auprès des populations humaines est certainement bien antérieure à la domestication, qui a commencé seulement il y a environ 11 000 ans lors de la « révolution néolithique ». Encore aujourd'hui, les dernières populations de chasseurs cueilleurs hébergent régulièrement de jeunes animaux d'espèces assez diverses, souvent récupérés à la chasse, ou trouvés au hasard de leurs déplacements. Quel que soit le futur de ces animaux, ils passent une partie de leur vie au contact intime des humains. Les animaux de compagnie actuels ne sont que le prolongement de cette pratique même si toute comparaison doit se faire avec prudence. La grande différence vient du fait qu'aujourd'hui on peut acquérir pratiquement partout dans le monde un animal issu d'un autre pays ou d'un autre continent. L'acquisition d'un animal local se fait toujours mais, en plus, on peut acheter beaucoup d'autres animaux exotiques selon des critères de mode fluctuants et peu rationnels. Les possibilités zoologiques sont presque illimitées, tout comme les risques sanitaires, ce qui ne simplifie pas les anticipations possibles (Moutou, Pastoret 2010). Les exemples proposés illustrent chacun un cas de figure différent.

## Monkeypox

Le commerce des animaux exotiques comme nouveaux animaux de compagnie (NAC) procède d'une logique vraiment différente de celle associée au commerce des animaux de rente. Les conséquences sanitaires sont de fait moins prévisibles, tant les espèces, les circuits commerciaux et la connaissance des risques peuvent être différentes. En 2003, un chargement de 800 rongeurs d'une dizaine d'espèces différentes en provenance d'Afrique de l'Ouest (Accra, Ghana) arrive aux États-Unis. Ils sont destinés à être vendus à des particuliers (Figure 1). Ils sont exposés dans des animaleries, et mis ainsi au contact de chiens de prairie (*Cynomys ludovicianus*), rongeurs nord-américains également appréciés comme animaux de compagnie. Rapidement, quelques cas humains de monkeypox sont déclarés tandis que des chiens de prairie meurent d'une maladie également identifiée comme du monkeypox. Ce virus (genre *Orthopoxvirus*, famille des poxviridés) et cette maladie étaient inconnus sur le territoire américain. L'enquête relie certains de ces 800 rongeurs aux cas humains, certains individus de plusieurs espèces animales détenues dans les animaleries étant porteurs sains du virus. Ils l'ont transmis aux chiens de prairie d'au moins une des animaleries nord-américaines qui les ont eux-mêmes transmis à leurs propriétaires (Bernard, Anderson, 2006).

**Figure 1. Ecureuil de Berbérie (*Atlantoxerus getulus*), espèce marocaine introduite à Fuerteventura, Canaries, Espagne. Les écureuils sont des espèces appréciées et volontiers déplacées (cliché F. Moutou)**

Il faut noter deux choses. Premièrement, on n'a pas retrouvé tous les 800 rongeurs importés et on n'a pas non plus isolé le virus de ceux que l'on a récupéré. Deuxièmement, ce sont les chiens de prairie américains, pas les rongeurs africains, qui ont été malades et qui ont contaminé les quelques personnes. Les rongeurs africains n'ont rien exprimé. Les uns et les autres ont cohabité dans un point de vente, dans une animalerie nord-américaine. C'est une possibilité épidémiologique, impossible naturellement, mais de moins en moins improbable.

## Cowpox

Malgré son nom, le virus responsable du cowpox est propre aux rongeurs. Connu en Europe, il n'est donc pas exotique mais l'exemple reste néanmoins assez significatif, avec quelques passages de frontières intra-communautaires. Comme le précédent, ce virus est classé dans le genre *Orthopoxvirus* de la famille des poxviridés. Il a d'abord été décrit chez des bovins avant d'être découvert chez les rongeurs. Il s'agit d'un virus de la même famille que celui responsable de la variole humaine, maladie aujourd'hui disparue. Les lésions chez l'Homme sont en général localisées à la région de la peau mise au contact d'un animal porteur du virus. Les papules ou les pustules qui se développent alors se résorbent le plus souvent spontanément mais une exérèse chirurgicale est parfois nécessaire. Les rongeurs européens sont réceptifs mais ne semblent pas sensibles au virus.

Une petite épidémie de vingt cas humains s'est déclarée en Europe (Allemagne, France) début 2009, à la suite du commerce de rats de compagnie (*R. norvegicus*) (Callon, Moutou 2011). Tous les cas recensés étaient liés à des animaux issus d'un même élevage d'Europe Centrale (République tchèque). On pense que ces rats avaient été exposés au virus *via* des rongeurs sauvages mais il n'a pas été possible de le confirmer. Les services tchèques ont juste déclaré ne rien avoir trouvé. Les propriétaires de rats de compagnie ont vu leurs lésions localisées essentiellement au niveau du cou, sur les joues et parfois sur les mains puisqu'ils portent souvent leurs animaux sur le cou et les épaules.

**Figure 2. Lori des Moluques (Lori écaillé, *Eos squamata*) en captivité à Sulawesi, Indonésie. Les perroquets font l'objet d'un commerce local et international, le plus souvent sans contrôles sanitaires et toujours au détriment des populations sauvages (cliché F. Moutou)**

## Rage

Deux exemples associant des souches de virus (genre *Lyssavirus*, famille des rhabdoviridés) de la rage et des primates dits de compagnie élargissent encore un peu le champ des possibles.

À la fin des années 1980, un petit commerce illégal de jeunes magots (*Macaca sylvanus*) mis en place entre l'Algérie (Kabylie) et la France (région lyonnaise) s'est terminé par la mort de plusieurs petits singes (Moutou, Pastoret 2010). C'est d'ailleurs ce qui a permis la découverte de ce trafic. Le magot est le seul macaque africain, tous les autres étant asiatiques. Après leur capture, ces petits singes avaient été vaccinés contre la rage avec un vaccin fabriqué en Algérie. Il s'agissait d'un vaccin atténué par passages sur œufs embryonnés de poule (Benmansour, Abrous 1985), HEP ou LEP pour « High Egg Passages » ou « Low Egg Passages ». Les magots ont été contaminés par le virus vaccinal, trop faiblement atténué pour des animaux de cette taille et surtout non destiné à leur espèce. Il a fallu alerter tous les acheteurs et les vendeurs, car ils pouvaient avoir été contaminés. Comme la vente et les achats étaient illégaux, cela n'a pas été très facile. À cela s'ajoute le fait que la forme clinique de cette rage vaccinale était discrète, sans symptômes alarmants, sans agressivité, juste paralysante.

Le second exemple vient du Brésil, de l'État de Ceara et date de la fin des années 1990 (Favoretto *et al.* 2001). Entre 1991 et 1998, les autorités sanitaires locales ont enregistré huit décès humains liés à une souche particulière du virus rabique, apparemment portée par une petite espèce de singe, le ouistiti à pinceaux ou marmoset (*Callithrix jacchus*). C'est un animal de la faune locale et il n'est pas rare que quelques individus soient détenus par des villageois. La souche identifiée apparaît différente de celle connue localement chez les chauves-souris vampires ou chez les carnivores terrestres. Les cas n'ont pas été exportés.

## Serpents, souris et salmonelles au Royaume-Uni

Les serpents font partie des animaux de compagnie « classiques » autour desquels il existe un commerce assez florissant. Une épidémie de salmonellose chez des propriétaires britanniques de serpents a permis de le mettre en évidence (Sabirovic *et al.* 2009).

L'épidémie s'est déroulée sur les deux années 2008 et 2009. On estime qu'à cette époque le Royaume-Uni importe environ 85 000 serpents vivants par an, dont 44 000 en provenance des USA. Ils sont vendus à des particuliers comme animaux de compagnie. Le commerce étant effectivement bien organisé et les serpents étant tous des animaux carnivores, il existe un marché parallèle associé, celui des souris congelées destinées à nourrir les serpents. En 2008, on estime que ce même pays a importé 28 tonnes de souris congelées, toujours des USA. Les propriétaires de serpents doivent faire décongeler les souris avant de nourrir leurs animaux et donc ils les manipulent. Le bilan est le suivant. De juillet 2008 à juin 2009, le centre de référence britannique des salmonelles a recensé 200 cas humains de salmonelloses liés à cette origine. La souche identifiée, unique, est une *Salmonella typhimurium* DT 191A, retrouvée chez les patients et chez les souris mais pas chez les serpents.

Objectivement, le bilan reste léger mais cette petite épidémie illustre les surprises associées au commerce du vivant, dans un but essentiellement mercantile. On imagine également les difficultés de surveillance associée. Reptiles et amphibiens sont régulièrement porteurs de salmonelles, les publications à ce sujet sont nombreuses et régulières (Hernández *et al.* 2012, voir aussi les messages réguliers sur le site ProMED http://www.promedmail.org). Que faut-il faire ? Interdire le commerce de ces animaux ou apprendre l'hygiène aux détenteurs de tels animaux ? La découverte future d'une souche un peu plus agressive que la moyenne est probable. Faut-il l'attendre ? Comment l'anticiper ?

## Conclusion

La détention d'animaux sauvages de compagnie est certainement très ancienne. Le cas des ouistitis brésiliens cité ci-dessus en est une illustration. Dans tous les pays hébergeant des psittacidés (perroquets), il existe un commerce local précédant le commerce international (Figure 2). Aujourd'hui, la circulation d'espèces exotiques pour le commerce des NAC met en avant des schémas épidémiologiques de plus en plus complexes. Dans le cas du monkeypox, jamais des rongeurs ouest-africains n'auraient pu entrer en contact naturellement avec des chiens de prairie nord-américains. En animalerie, chez les grossistes, dans les points de vente pour le public, voire chez des particuliers, ces contacts sont possibles et offrent de nouveaux hôtes potentiels aux microorganismes des uns et des autres, avec des réceptivités et des sensibilités totalement inconnues car jamais encore testées. Dans le cas du monkeypox toujours, on imagine ce qui aurait pu se passer si des chiens de prairie exposés avaient été relâchés en nature en Amérique. Au niveau des microorganismes eux-mêmes, ces rencontres peuvent favoriser de nouveaux agencements génétiques, avec comme possible conséquence une évolution de leur virulence.

L'épidémie de salmonelloses au Royaume-Uni illustre les volumes en jeu, la complexité des circuits et le fait que la vente d'une espèce peut en fait en associer plusieurs autres. Là aussi, on ne peut que s'attendre à des surprises sanitaires. Pour l'instant, il ne s'est rien passé d'irréparable et les affaires se poursuivent. Quelle est la bonne réponse ? Informer et éduquer les acheteurs, encadrer les commerçants, réorienter les producteurs ? Il faut peut-être attendre une sévère épidémie pour disposer de plus d'arguments….

## Références bibliographiques


Benmansour, A., Abrous, M., 1985. Production et utilisation du vaccin rabique à usage médical à l'Institut Pasteur d'Algérie. In : Kuwert, E., Mérieux, C., Koprowski, H., Bögel, K., Rabies in the tropics. Springer-Verlag, Berlin, 675-678.

Bernard S.M., Anderson S.A., 2006. Qualitative assessment of risk for monkeypox associated with domestic trade in certain animal species, United States. Emerg. Inf. Dis., 12, 1827-1833.

Callon H., Moutou F., 2011. Vingt cas humains de lésions cutanées dues au virus cow-pox. Bull. Epid. Santé Anim. Alim.°42, 13.

Favoretto S.R., de Mattos C.C., Morais N.B., Alves Araujo F.A., de Mattos C.A., 2001. Rabies in marmosets (*Callithrix jacchus*), Ceara, Brazil. Emerg. Inf. Dis., 7 (6), 1062-1065.

Hernández E., Rodriguez J.L., Herrera-León S., García I., de Castro V., Muniozguren, N., 2012. *Salmonella* Paratyphi B var Java infections associated with exposure to turtles in Bizkaia, Spain, September 2010 to October 2011, Eurosurveillance, 17 (25), 21 June 2012.

Moutou, F., Pastoret, P.-P., 2010. Pourquoi posséder de nouveaux animaux de compagnie ? In : Pastoret, P.-P., Moutou, F. (coord.), Invasive species. 2. Concrete examples. Rev. sci. Tech. Off. Int. Epiz., 29 (2), 351-358.

Sabirovic M., Roberts H., Kingston A., 2009. *Salmonella typhimurium* DT 191A zoonotic outbreak in the UK. VITT/1200 *Salmonella* and Reptiles. Global Animal Health, DEFRA, 4p.

ProMED-mail's web site at <http://www.promedmail.org>.

## Brève. Animaux de compagnie et risques zoonotiques liés aux voyages dans l'Union européenne
## *Short item. Pets and zoonotic risks related to intra-EU travels*

Didier Calavas (didier.calavas@anses.fr) (1), Pascale Vignal-Gautron (2), Paul M.V. Martin (1)
(1) Anses, Laboratoire de Lyon, France
(2) Direction générale de l'alimentation, Bureau de l'identification et du contrôle des mouvements des animaux, Paris, France

**Mots-clés : Animaux de compagnie, zoonoses, Europe/*Keywords: Pets, Zoonoses, Europe***

Les animaux de compagnie tels que les chiens et les chats peuvent être infectés, et/ou être des réservoirs d'agents pathogènes zoonotiques, notamment des bactéries résistantes aux antibiotiques (Haenni *et al.*, 2014). Parmi les zoonoses critiques, on peut citer bien entendu la rage, mais aussi la leishmaniose, l'échinococcose, ou encore des parasitoses dues à des protozoaires tels que *Toxoplasma gondii* ou *Giardia duodenalis*. Les agents pathogènes à l'origine de ces zoonoses, s'ils ne sont pas uniformément distribués dans le Monde, ne le sont pas non plus à l'intérieur de l'Europe communautaire. Or les mouvements d'animaux de compagnie entre les pays de l'Union ne font pas l'objet de mesures de contrôle sanitaire systématiques, dès lors qu'ils voyagent avec leurs propriétaires. Ces mouvements d'animaux ne font par ailleurs l'objet d'aucune notification, cependant il est obligatoire (pour les chiens, chats et furets) qu'ils soient identifiés, vaccinés contre la rage et accompagnés du passeport pour animal de compagnie. Il existe donc un risque, probablement globalement faible, mais qu'il conviendrait peut-être de préciser, de translocation de ces zoonoses ou de leurs vecteurs, de pays d'endémie vers des pays indemnes, au sein de l'Union européenne. Des pathogènes à l'origine de zoonoses graves pour l'Homme ou l'animal pourraient ainsi franchir très rapidement des distances importantes et inattendues à l'intérieur de la zone continentale de l'Union. Un article récent (Fooks and Johnson, 2015) décrit les risques liés aux zoonoses évoquées ci-dessus, les réglementations en place et leurs limites. Des campagnes de sensibilisation des propriétaires sont régulièrement effectuées, notamment en ce qui concerne la rage, mais pourraient être étendues à d'autres risques sanitaires pour pallier les risques liés à cette liberté de circulation, notamment pour les animaux pour lesquels aucun document n'est actuellement exigé. Il est à noter que le règlement européen lié aux échanges d'animaux de compagnie (UE 576/2013) prévoit qu'une identification individuelle des animaux de compagnie et des documents sanitaires peuvent être exigés dès lors qu'un risque sanitaire est identifié.

### Références bibliographiques

Fooks AR., Johnson N., 2015. Jet set pets: examining the zoonosis risk in animal import and travel across the European Union, Vet. Med: Res & Rep. 2015:6, 17-25; http://dx.doi.org/10.2147/VMRR.S62059.

Haenni M., Saras E., Métayer V., Médaille C., Madec JY. High prevalence of blaCTX-M-1/IncI1/ST3 and blaCMY-2/IncI1/ST2 plasmids in healthy urban dogs in France, 2014:58, 5358-62; doi: 10.1128/AAC.02545-14.

## Brève. Importations d'animaux non-domestiques en provenance de pays tiers – éléments réglementaires
## *Short item. Import of non-domestic animals from third countries – regulatory focus*

Christine Lefeuvre (christine.lefeuvre@agriculture.gouv.fr)
Direction générale de l'alimentation, Service d'inspection vétérinaire et phytosanitaire aux frontières, Paris, France

**Mots-clés : Importation, agrément, pays tiers/*Keywords: Import, Authorisation, Third countries***

**Ongulés non-domestiques**
Le règlement (UE) n°780/2013 du 14 août 2013 (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex:32013R0780) a introduit, au sein du règlement (UE) 206/2010, des conditions particulières pour l'importation de certains ongulés non domestiques destinés à des parcs zoologiques. Dans ce cadre, l'établissement d'origine doit être agréé selon les modalités précisées à l'annexe VI, parties 3 et 4 (installations de quarantaine, protection contre les vecteurs, registres sanitaires, vétérinaire agréé, plan de surveillance des maladies,...).

**Autres espèces**
En l'absence de règles harmonisées au niveau européen, les conditions d'importation en France, d'animaux destinés aux établissements de présentation au public ont été établies dans l'arrêté du 19 juillet 2002.

Cet arrêté précise les pays tiers d'origine autorisés et les modèles de certificats sanitaires pour les marsupiaux, chiroptères, primates, carnivores non domestiques, rongeurs, insectivores et dermoptères, chiens de prairie, lagomorphes, oiseaux, reptiles et amphibiens. A ce jour, il n'existe pas de liste harmonisée des établissements agréés dans les pays tiers. Les exigences relatives aux établissements d'origine sont incluses dans les modèles de certificat sanitaire de l'arrêté.

Pour les animaux des espèces non couvertes par ces règlementations, la DGAL pourra, au cas par cas, délivrer des dérogations sanitaires.

### Références réglementaires

Règlement d'exécution (UE) n° 780/2013 de la Commission du 14 août 2013 portant modification du règlement (UE) n° 206/2010 de la Commission établissant des listes des pays tiers, territoires ou parties de pays tiers ou territoires en provenance desquels l'introduction dans l'Union européenne de certains animaux et viandes fraîches est autorisée, et définissant les exigences applicables en matière de certification vétérinaire Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE : http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex:32013R0780

Arrêté du 19 juillet 2002 relatif aux conditions sanitaires pour l'importation et le transit, sur le territoire métropolitain et dans les départements d'outre-mer, des animaux vivants et de certains de leurs produits visés à l'article L. 236-1 du code rural. http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000779493&dateTexte=20080129&fastPos=2&fastReqId=840238722&oldAction=rechTexte

# Brève. Agrément aux échanges pour les parcs zoologiques : quelle obligation ?
## *Brève. Trade and authorisation for zoological parks: what are the obligations?*

Pascale Vignal-Gautron (pascale.vignal-gautron@agriculture.gouv.fr)

Direction générale de l'alimentation, Bureau de l'identification et du contrôle des mouvements des animaux, Paris, France

**Mots-clés : parcs zoologiques, agrément, échanges intra-communautaires d'animaux/*Keywords: Zoological park, Authorisation, Intra-Community animal trade***

Dans le cadre des échanges, au sein de l'Union européenne, des animaux de la faune sauvage captive, détenus dans des parcs zoologiques, les dispositifs sanitaires sont définis par la directive 92/65/CEE, communément appelée directive « balai ». Ils ont pour but de garantir que ces animaux ne véhiculent ni ne transmettent les maladies listées en annexe A de cette directive.

Outre les dispositions sanitaires précisément définies pour certains animaux (abeilles, ongulés, oiseaux…), certaines espèces comme les éléphants, les rongeurs, les girafes et les marsupiaux ne disposent pas d'un dispositif sanitaire spécifique, mais doivent faire partie intégrante du dispositif général de surveillance et de certification sanitaire.

Pour ce faire, les établissements qui détiennent et échangent ces types d'animaux sont soumis au respect de règles de fonctionnement, de surveillance et d'échanges des animaux.

Ils doivent être déclarés auprès de l'autorité vétérinaire dont ils dépendent (DDecPP), et faire l'objet d'un suivi régulier par un vétérinaire.

Trois niveaux de certification autorisent alors les échanges :

- si les conditions sanitaires définies par la directive sont respectées, les échanges peuvent alors avoir lieu par le biais de la certification officielle attestée par l'État membre de départ qui a vérifié la concordance des documents et des tests réalisés sur les animaux ;
- si les conditions sanitaires ne sont pas définies par la règlementation, pour autant les animaux échangés font partie des ordres ou espèces susceptibles de véhiculer et de transmettre des maladies listées en annexe A de la directive, les conditions d'échange sont alors établies par le biais d'une sollicitation et d'un accord entre les États membres expéditeurs et destinataires ;
- un troisième niveau de certification et de garantie sanitaire existe, il s'agit de l'*agrément sanitaire des parcs zoologiques* aux échanges.

**L'agrément en France**

En France, l'agrément sanitaire est mis en œuvre depuis 2012, permettant de faciliter les échanges entre parcs européens agréés, tout en garantissant le suivi sanitaire apporté aux espèces présentes dans l'établissement, ainsi que les conditions de détention et de fonctionnement.

Ainsi, un parc qui procède régulièrement à ce type de mouvements peut solliciter un agrément sanitaire lui permettant de réaliser des échanges avec d'autres établissements agréés, en allégeant les tests ponctuels sur les animaux avant le départ et le processus de quarantaine, et évitant ainsi les démarches des accords bilatéraux.

Cet agrément n'est délivré qu'aux établissements ayant mis en œuvre un haut niveau de suivi sanitaire, basé notamment sur des contrôles continus des animaux, alliés à des dispositifs élaborés de surveillance et de recherche des maladies et à des installations pertinentes, permettant entre autres, quarantaine et isolement. Enfin, il faut préciser que cet agrément devient une obligation dans le cadre d'échanges de primates.

## Références réglementaires

Directive 92/65/CEE du Conseil du 13 juillet 1992 définissant les conditions de police sanitaire régissant les échanges et les importations dans la Communauté d'animaux, de spermes, d'ovules et d'embryons non soumis, en ce qui concerne les conditions de police sanitaire, aux réglementations communautaires spécifiques visées à l'annexe A section I de la directive 90/425/CEE : http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2012.050.01.0051.01.ENG

Règlement (CE) No 1398/2003 de la Commission du 5 août 2003 modifiant l'annexe A de la directive 92/65/CEE du Conseil pour y inclure le petit coléoptère des ruches (*Aethina tumida*), le coléoptère Tropilaelaps (*Tropilaelaps spp.*), le virus Ebola et la variole du singe : eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1398&qid=1411545986717&from=EN

Arrêté du 9 mars 2012 fixant les conditions relatives à l'agrément sanitaire des établissements, à caractère fixe et permanent, détenant des spécimens vivants de la faune locale ou étrangère et procédant à des échanges d'animaux et de leurs spermes, embryons et ovules : http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026048095

Liste des établissements autorisés : http://ec.europa.eu/food/animal/approved_establishments/establishments_vet_field_en.htm

# Risques sanitaires liés à l'importation de gibier sauvage d'élevage et de repeuplement

Jean Hars (jean.hars@oncfs.gouv.fr) (1), Sophie Rossi (1), Eva Faure (2), Anne-Elise Taconet (3), Philippe Gay (4), Philippe Landelle (5), Céline Richomme (6)

(1) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Direction études et recherche, Gières, France
(2) Fédération nationale des chasseurs, Issy-les-Moulineaux, France
(3) Direction départementale de la protection des populations de la Côte-d'Or, Dijon, France
(4) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France
(5) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Direction de la police, Auffargis, France
(6) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage de Nancy, Malzéville, France

**Résumé**

**Les échanges intracommunautaires et les introductions en provenance d'un pays tiers d'animaux d'espèces chassables sont régis en France par une réglementation garantissant en théorie la prévention des risques sanitaires majeurs. Toutefois, en pratique, cette règlementation s'avère peu ou mal appliquée du fait des limites des outils de dépistage chez les animaux sauvages (qualités imparfaites des tests et difficultés de mise en œuvre), des lacunes de déclaration ou d'enregistrement des mouvements d'animaux, et de l'absence de contrôle aux frontières. Les risques d'introduction de dangers exotiques par importation de gibier vivant sont donc bien réels, comme l'illustrent différents exemples développés dans cet article, concernant majoritairement les cervidés et les sangliers. De ce fait, l'application de la réglementation, le renforcement des contrôles et la mise au point d'outils de détection des pathogènes, fiables et utilisables facilement sur le grand gibier en particulier, apparaissent comme des enjeux de taille pour les autorités et instituts sanitaires.**

**Mots-clés**

**Importation, introduction, gibier vivant, cervidés, sangliers, dangers exotiques**

***Abstract***

***Health risks associated with importing wild game for farming or restocking supplies***

***Trade within Europe and introductions from third countries of game species in France are governed by European and national rules which theoretically guarantee the prevention of major health risks. However, in practice, these regulations are not always enforced because of the limitations of diagnostic tools in wildlife (imperfect quality of the tests, difficulties of implementation), gaps in reporting or recording the movements of animals, and the lack of border controls. The risks of introducing exotic pathogens due to imports of wild game are real, as shown by various examples, mainly in deer and wild boar, which we discuss in this article. The application of the regulations, the strengthening of controls and the development of tools for better pathogen detection that are reliable and can easily be used on large game in particular, appear to be major challenges for the authorities and health institutes.***

***Keywords***

***Import, Introduction, Wild game, Deer, Wild boar, Exotic disease***

L'épizootie de peste porcine africaine (PPA) qui sévit actuellement en Russie et dans l'est de l'Europe soulève la question du risque d'introduction de cette maladie sur le territoire français par l'importation de sangliers vivants ou par d'autres pratiques cynégétiques (tourisme cynégétique : trophées, matériel de chasse, viande…) et plus largement des risques sanitaires liés à l'importation d'animaux d'espèces chassables (hors migrations naturelles d'animaux qui, pour les mammifères, ne se font généralement que sur d'assez courtes distances) auxquels cet article s'intéresse.

## Aspects réglementaires

En France, les principales espèces de gibier vivant importées appartiennent à trois grands groupes : les ongulés (cervidés et suidés), les lagomorphes (lapins et lièvres) et dans une moindre mesure les oiseaux (gallinacés et anatidés).

La réglementation sanitaire régissant les importations de ces animaux dans l'Union européenne et qui ne sont pas couvertes par une réglementation communautaire spécifique est basée, pour les échanges intracommunautaires, notamment sur les règlements du « paquet hygiène », la *directive 92/65/CEE* du Conseil du 13 juillet 1992 modifiée et l'arrêté ministériel (AM) du 9 juin 1994. Ces textes définissent d'une part l'opérateur, c'est-à-dire la personne qui procède aux importations ou exportations d'animaux vivants, et d'autre part la liste des espèces soumises à contrôle. Les principales dispositions sont reprises dans la note de service *DGAL/SDSPA/N 2001-8014* du 8 février 2001. Les échanges avec les pays tiers d'animaux, alors qualifiés d'introduits, sont quant à eux régis notamment par le règlement UE 206/2010 du 12 mars 2010 et l'AM du 19 juillet 2002. Sans entrer dans les détails, cette règlementation prévoit que les animaux introduits ou importés doivent être accompagnés de certificats sanitaires et que les animaux proviennent, par exemple pour les sangliers, de zones non soumises à des mesures d'interdiction liées à la peste porcine (classique et africaine) et de cheptels indemnes de brucellose ou attestant d'un dépistage négatif en anticorps antibrucelliques moins de 30 jours avant le départ.

Dans l'Union européenne, les mouvements d'animaux, dont les ongulés et oiseaux sauvages, sont suivis grâce à l'application TRACES (Trade control and expert system) qui génère un message électronique d'« alerte », d'introduction ou d'importation à destination de l'entité de l'administration vétérinaire en charge de la gestion de ces mouvements, en France, la direction départementale en charge de la protection des populations (DDecPP) du département de destination des animaux. De plus, tout lâcher de cervidés, de sangliers ou de lapins (les lâchers de lièvres n'étant pas soumis à autorisation) dans un parc ou enclos de chasse, ou dans la nature doit être déclaré par l'opérateur à la Direction départementale des territoires (DDT) qui, de surcroît doit demander l'avis de la Fédération départementale des chasseurs (FDC) (AM du 7 juillet 2006). La DDT ne dispose pas d'un système centralisé des mouvements et contrôles sanitaires de gibiers (J. Kugler com. Pers.) et n'a pas d'accès direct à TRACES.

Les lâchers de sangliers et de cervidés se font majoritairement dans des parcs et enclos de chasse, où le gibier est considéré comme *Res nullius* (c'est-à-dire sans propriétaire comme l'est tout animal sauvage libre), sauf, selon les dispositions réglementaires, dans le cas où, notamment, la densité en ongulés est supérieure à un animal/ha donnant à la

structure un statut d'élevage (ONCFS, 2011). Ces sangliers et cervidés lâchés sont le plus souvent issus d'élevages de catégorie A (élevages destinés au repeuplement, qui effectuent de la reproduction mais peuvent aussi se fournir en gibier d'importation). Ces élevages, très largement distribués sur le territoire et dans lesquels les animaux sont *Res propria*, sont régis par les AM du 20 août 2009 et du 8 février 2010 (Saint-Andrieux *et al.*, 2012). Beaucoup plus rarement, et de manière légale, des lâchers ont lieu directement dans la nature (à condition pour le sanglier qu'il ne soit pas classé nuisible dans le département) (Thien-Aubert, 2004 ; Anses, 2014).

## Risques de dangers exotiques liés à la circulation de gibier vivant

Une importation ou une introduction de gibier n'est donc en théorie pas possible sans que l'administration en soit avisée. Mais en pratique, la règlementation s'avère peu ou mal appliquée du fait d'une part de la difficulté à la réalisation du dépistage des maladies chez les animaux sauvages (ex : intradermo-tuberculination chez les cervidés) dont par ailleurs, la sensibilité, la spécificité et les valeurs prédictives ne sont pas toujours connues pour les espèces sauvages, et d'autre part des lacunes de déclaration et d'enregistrement des mouvements d'animaux ainsi que de l'absence de contrôle aux frontières (au moins au sein de l'espace européen).

Concernant les oiseaux sauvages, le risque sanitaire principal lié à leur importation est l'introduction de virus influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) par du gibier d'eau. Toutefois en France l'espèce d'anatidés très majoritairement lâchée en grand nombre dans la nature est le canard colvert (*Anas platyrhynchos*) dont les spécimens proviennent quasi exclusivement d'écloseries et d'élevages français au sein desquels des virus influenza aviaires faiblement pathogènes circulent mais qui sont indemnes de virus IAHP (Vittecoq *et al.*, 2012). Le risque d'introduction de virus IAHP lié aux oiseaux de repeuplement peut donc être considéré comme quasi nul et dans tous les cas, concernant la faune sauvage, très inférieur à celui lié au transport de virus par les oiseaux migrateurs.

Concernant les lagomorphes, des cas d'hépatite à virus EBHS (European Brown Hare Syndrome) ont été rapportés dans les années 2000 chez des lièvres en provenance de Grèce et une forte suspicion de maladie hémorragique virale du lapin (virus RHDV de type ibérique G1) chez des lapins en provenance d'Espagne (source : Sagir).

Concernant les cervidés, un foyer de tuberculose à *Mycobacterium caprae* a été découvert en 2013 en Meurthe-et-Moselle dans un élevage de cerfs de catégorie B (production de viande) entraînant l'abattage total du cheptel ainsi que du cheptel bovin du même éleveur, infecté secondairement. Les cerfs avaient été introduits légalement quelques mois plus tôt en provenance de Pologne. Néanmoins, un doute important persiste sur les garanties sanitaires des élevages de provenance, en particulier vis-à-vis de la réalisation des tests de dépistage de la tuberculose et de la brucellose, difficiles à mettre en œuvre. De plus, les certificats sanitaires intracommunautaires se trouvent être souvent non-conformes.

Concernant les sangliers, le nombre d'animaux importés légalement est non négligeable, par ex. 13000 en 2003 (Thien-Aubert, 2004). Ces importations de sangliers comportent des risques sanitaires, suspectés ou avérés, illustrés par plusieurs exemples concernant la brucellose, la maladie d'Aujeszky et la tuberculose. Si l'origine de l'enzootie de brucellose à *Brucella suis* 2, révélée au début des années 2000 et qui affecte désormais la quasi-totalité des populations de sangliers de France continentale demeure non-élucidée, l'introduction de la bactérie par des sangliers ou des lièvres (également assez largement infectés en Europe) provenant de pays de l'est de l'Europe est fortement suspectée quoiqu'impossible à dater. La détection récente de foyers de maladie d'Aujeszky chez des sangliers au sein de populations éloignées des zones d'enzootie et sans interaction historique avec des foyers domestiques, laisse également supposer la survenue des lâchers illégaux de sangliers en nature (Gauthier D. et Le Potier M.-F., 2014, communications personnelles). Cela a été le cas en 2013 dans les Hautes-Alpes, département indemne, où l'on peut quasiment exclure une introduction naturelle du virus par des sangliers « migrateurs transalpins » venant d'Italie. La question des risques de contamination par la tuberculose à *Mycobacterium bovis* de la filière de gibier d'élevage et de repeuplement par l'importation d'animaux a, quant à elle, été soulevée par la mise en évidence de sangliers tuberculeux dans un parc de chasse dans la Marne en 2012 (Richomme *et al,* 2012). Les sangliers de ce parc provenaient très majoritairement de différents élevages français de sangliers ou de gibier mixte (sangliers et cervidés), avec toutefois certains individus portant une boucle d'identification étrangère. Ceci a mis en lumière la capacité de diffusion des maladies contagieuses entre élevages de gibier ou autres espaces clos, dans lesquels ont pu être introduits des animaux en provenance de l'étranger aux garanties sanitaires parfois incertaines. En 2013 et début 2014 par exemple, l'introduction de quelques centaines de sangliers et d'une cinquantaine de cervidés et leur lâcher dans un enclos de chasse ont été rapportés en Côte d'Or : ils provenaient de Pologne, d'une zone indemne de PPA, mais étaient accompagnés de certificats sanitaires non conformes. Cette non-conformité n'a pu être mise en évidence que par le recoupement des informations de la DDecPP, de la DDT, de l'ONCFS et de la FDC du département, impliquant une prise en main tardive de ce dossier par la DDecPP. Suite à cet épisode, une étude rétrospective menée par la DGAl dans TRACES est en cours. Elle révèle l'importation depuis 2012 de 1 400 sangliers, 600 cerfs et 600 daims de Pologne et de Hongrie à destination de parcs de chasse situés dans la Marne, la Côte-d'Or et l'Yonne ; les certificats sanitaires accompagnant ces animaux étaient, pour la plupart, non conformes.

## Conclusions et perspectives

Tous ces exemples montrent que les échanges au sein de l'UE ou l'importation en provenance de pays tiers de gibier vivant, légaux ou illégaux, ne sont pas dénués de risques sanitaires qui, au-delà de l'introduction d'agents pathogènes exotiques sur le territoire français, soulèvent plus largement le problème du contrôle sanitaire de la filière du gibier de repeuplement impliquant des élevages et des parcs et enclos de chasse, dont l'étanchéité est d'ailleurs loin d'être garantie (Saint-Andrieux *et al.*, 2012). Ces risques apparaissent d'autant plus grands que les données d'introduction de gibier dans TRACES semblent incomplètes et très parcellaires (Anses, 2014) et que la vérification de la conformité des certificats sanitaires à l'introduction n'est pas effective dans la plupart des services administratifs au niveau départemental, faute de temps, de priorité par un défaut de perception des risques ou de moyens. L'application de la réglementation et le renforcement des contrôles, ainsi que la mise au point d'outils de détection des pathogènes, fiables et utilisables facilement sur le grand gibier en particulier, représentent un futur défi pour les autorités et instituts sanitaires.

Remerciements pour leur participation à la collecte de données : aux agents de la Direction Études et Recherche de l'ONCFS, Christine Saint-Andrieux et le réseau ongulés sauvages, Matthieu Guillemain, Jean-Sébastien Guitton, Stéphane Marchandeau, Jean-Yves Chollet ; aux Services départementaux de l'ONCFS du Loir-et-Cher, du Loiret et des Hautes-Alpes ; à Xavier Cerusa (DDT de la Loire) et Jean Kugler (DDT de Moselle), Dominique Gauthier (LVDHA05), Marie-Frédérique Le Potier (Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané), Didier Gavens (Fédération interdépartementale des chasseurs d'Ile-de-France, FICIF).

## Références bibliographiques

Anses, 2014, Avis 2014 SA 0049, relatif à la situation sanitaire et au risque d'émergence en matière de peste porcine en France.

Arrêté du 9 juin 1994 relatif aux règles applicables aux échanges d'animaux vivants, de semences et embryons et à l'organisation des contrôles vétérinaires, Journal Officiel du 24 juin 1994.

Arrêté ministériel du 19 juillet 2002 fixant les conditions sanitaires pour l'importation et le transit, sur le territoire métropolitain et dans les

départements d'outre-mer, des animaux vivants et de certains de leurs produits visés à l'article L. 236-1 du code rural.

Arrêté ministériel du 7 juillet 2006 portant sur l'introduction dans le milieu naturel de grand gibier ou de lapins et sur le prélèvement dans le milieu naturel d'animaux vivants d'espèces dont la chasse est autorisée Texte du 07/07/2006, Journal Officiel du 12/08/2006.

Arrêté ministériel du 20 août 2009 fixant les caractéristiques et les règles générales de fonctionnement des installations des établissements d'élevage, de vente ou de transit appartenant à la catégorie A et détenant des sangliers, Journal Officiel du 05/09/2009.

Arrêté ministériel du 8 février 2010 fixant les caractéristiques et les règles générales de fonctionnement des installations des établissements d'élevage, de vente ou de transit appartenant à la catégorie A et détenant des cervidés et des mouflons méditerranéens, Journal Officiel du 19/02/2010.

Directive 92/65/CEE du Conseil du 13 juillet 1992 définissant les conditions de police sanitaire régissant les échanges et les importations dans la Communauté d'animaux, de spermes, d'ovules et d'embryons non soumis, en ce qui concerne les conditions de police sanitaire, aux réglementations communautaires spécifiques visées à l'annexe A, section I, de la directive 90/425/CEE.

Note de service DGAL/SDSPA/N2001-8014 du 8 février 2001 concernant les dispositions applicables en matière de protection de la nature pour les échanges intracommunautaiores d'animaux d'espèces non domestiques et les conditions sanitaires applicables pour les échanges intracommunautaires d'animaux d'espèces domestiques ou sauvages destinés à la vente, la location, l'élevage, aux parcs zoologiques, aux cirques et aux établissement d'expérimentation animale, parue le 23 février 2011.

ONCFS (2011). La question juridique : la chasse en enclos. Revue nationale de la chasse, 763, p.20, URL http://www.oncfs.gouv.fr/Fiches-juridiques-ru377/La-chasse-en-enclos-ar1109.

Règlement (UE) n° 206/2010 de la Commission du 12 mars 2010 établissant des listes des pays tiers, territoires ou parties de pays tiers ou territoires en provenance desquels l'introduction dans l'Union européenne de certains animaux et viandes fraîches est autorisée, et définissant les exigences applicables en matière de certification vétérinaire.

Richomme C., Rivière J., Hars J., Boschiroli M.L., Gueneau E., Fediaevsky A., Dufour H., 2012. Tuberculose bovine : infection de sangliers dans un parc de chasse. Bull. Epid. Santé Anim. Alim., 56, 14-16.

Saint-Andrieux C., Barboiron A., Landelle P., 2012. Ongulés sauvages en captivité - Inventaire national. Faune Sauvage, 297, 15-23.

Thien-Aubert H., 2004. État des lieux de la réglementation sanitaire relative aux sangliers d'élevage - bilan de son application, perspectives. Rapport, ENSV, Lyon, 73pp.

Vittecoq M., Grandhomme V., Champagnon J., Guillemain M., Crescenzo-Chaigne B., Renaud F., Thomas F., Gauhtier-Clerc M., van der Werf S., 2012. High *Influenza* A virus infection rates in mallards bred for hunting in the Camargue, South of France. PlosONE, 7 (8), e43974.

# Les nouvelles technologies de l'information appliquées à la vigilance en santé animale

David Chavernac (1) (david.chavernac@cirad.fr), Pascal Hendrikx (2), Sébastien Le Bel (3), Renaud Lancelot (1)

(1) Cirad, UMR15 CMAEE, Montpellier, France
(2) Anses, Direction des laboratoires, Unité de coordination et d'appui à la surveillance, Maisons-Alfort, France
(3) Cirad, Unité propre de recherche biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux, Montpellier, France

**Résumé**

**La performance de la vigilance des maladies exotiques est étroitement dépendante de la rapidité avec laquelle les données pertinentes sont détectées, transmises, validées, analysées, interprétées, puis restituées aux acteurs de terrain. Le système d'information est donc l'un des points critique de la vigilance et l'avènement des nouvelles technologies apparaît à même d'augmenter notablement sa performance. L'apport des nouvelles technologies peut être apprécié en analysant plusieurs attributs de la performance d'un système d'information en santé animale : disponibilité, standardisation, rapidité, acceptabilité, fiabilité, sécurité et partageabilité. Les exemples de la surveillance de la fièvre West Nile en Camargue et des vecteurs de la fièvre catarrhale ovine viennent appuyer l'intérêt de l'utilisation des nouvelles technologies pour la surveillance.**

**Mots-clés**

**Vigilance, surveillance, nouvelles technologies de l'information**

***Abstract***

***New information technologies applied to animal health surveillance***

***The performance of exotic disease surveillance is closely related to the speed with which the relevant data can be detected, transmitted, validated, analyzed, interpreted, and then transmitted back to the field. The information system is a critical point of surveillance and the development of new technologies appears able to significantly increase its effectiveness. The contribution of new technologies can be appreciated by analyzing several attributes of the performance of an animal health information system: availability, standardization, timeliness, acceptability, reliability, security and shareability. The surveillance of West Nile virus in the Camargue region and vector surveillance of bluetongue are two examples that demonstrate the interest to use new technologies for surveillance.***

***Keywords***

***Vigilance, Surveillance, New technologies of information***

Avec le formidable développement de l'informatique dans les années 1980 et celui de l'internet depuis la fin du XX$^{e}$ siècle, le chemin que parcourt l'information depuis le terrain jusque sur le bureau des décideurs a été largement facilité et sécurisé.

Aujourd'hui, ordinateurs portables, téléphones mobiles, ordiphones et tablettes sont disponibles pour quasiment tous les acteurs de la santé animale, quel que soit leur niveau d'intervention. Ce sont autant de supports qui peuvent être mis à profit dans des activités d'enquêtes, de collecte de données sur le terrain, d'épidémiosurveillance, de gestion des conflits hommes-faune sauvage, etc. (Le Bel *et al.*, 2014)

Pour les maladies exotiques, la performance de la vigilance est étroitement dépendante de la rapidité avec laquelle les données pertinentes sont détectées, transmises, validées, analysées, interprétées, puis restituées aux acteurs de terrain après avoir été traduites en information sanitaire. Le système d'information est donc l'un des points critiques de la vigilance. L'avènement des nouvelles technologies de l'information apparaît à même d'augmenter notablement sa performance. Cet article présente l'évolution des systèmes d'information et l'intérêt que présente l'utilisation des nouvelles technologies pour les dispositifs de vigilance des maladies exotiques et émergentes.

## L'évolution des systèmes d'information et des nouvelles technologies

Les systèmes d'information (SI) existent depuis l'origine de l'Histoire de l'Homme, même si on les a longtemps appelés autrement. Les hommes préhistoriques ont été parmi les premiers à retranscrire l'information observée (présence de gibier, méthodes de chasse, production du feu,...) en la dessinant sur les murs des grottes par exemple et nous la transmettre ainsi quelques milliers d'années plus tard. Avant l'ère numérique, l'information, souvent transcrite sur papier, était acheminée vers un point central selon différents moyens (coursier, sémaphore, télégraphe, radio, téléphone filaire, courrier postal) pour être analysée par différents acteurs et ensuite restituée selon les mêmes modalités. Le temps d'acheminement, de traitement et de restitution de l'information pouvait ainsi être conséquent et peu compatible avec les exigences de rapidité nécessaires au contrôle des émergences avant leur installation et leur diffusion.

À la fin des années 1980, le développement considérable de l'informatique, la naissance des premiers réseaux numériques puis l'arrivée d'Internet ont alors grandement amélioré la transmission des données (fiabilité, centralisation, partage) ce qui a permis d'améliorer leur utilisation (analyse, production de rapports) dans ce cadre contraint.

Aujourd'hui, de nombreuses technologies cohabitent et permettent un traitement de la donnée toujours plus rapide. Au réseau Internet viennent s'ajouter les réseaux de téléphonie mobile dont la couverture, dans leur version de base (GSM/GPRS), est mondiale et a permis l'accès à la communication et à l'information dans des zones qui n'avaient jamais pu réellement bénéficier du réseau de téléphone filaire, comme de nombreux petites villes et villages en Afrique par exemple, où l'arrivée de la téléphonie mobile a été une véritable révolution des moyens de communication. Les terminaux eux-mêmes permettent d'accéder à ces technologies pour un coût très peu élevé, favorisant ainsi leur mise en œuvre, notamment dans les pays du Sud.

Ainsi, les nouvelles technologies de l'information au service de la surveillance sont généralement des terminaux de saisie des données (smartphone, tablette, ordinateur portable ou fixe) utilisés par les collecteurs des données (vétérinaires, éleveurs, inspecteurs, techniciens) sous différentes formes (masques de saisie en ligne, SMS) et permettant la transmission des données par voie télématique (GSM/GPRS ou Internet).

Utilisées dès la fin des années 1990 dans quelques projets de surveillance épidémiologique (Hendrikx, 2003), ces technologies connaissent depuis quelques années un grand essor avec le développement des technologies du Web et des logiciels libres. Cela a permis la multiplication des applications gratuites, facilement paramétrables et adaptables aux besoins des utilisateurs, accentuant ainsi la diffusion de ces outils de plus en plus utilisés dans les projets à but humanitaire ou collaboratif. Parallèlement, la généralisation de systèmes d'exploitation ouverts, tel qu'Android, développés pour les appareils mobiles, permet l'utilisation d'un référentiel technologique commun facilitant la diffusion et l'utilisation des applications. Les données étant facilement collectées et centralisées, la tendance est au développement d'outils décisionnels[1] qui viennent se greffer sur ces applications, tels que les outils de cartographie instantanée ou d'élaboration de tableaux de bord décisionnels.

## Les plus-values de performance pour la vigilance en santé animale

Dans ce domaine, les gestionnaires des réseaux de surveillance se sont rapidement appropriés ces nouvelles technologies pour fiabiliser la collecte de l'information sur le terrain et la transmettre au niveau central, regroupant ainsi toutes les données de manière sécurisée. Le développement d'outils informatiques pour le traitement, la production d'indicateurs de situation sanitaire ou d'indicateurs de fonctionnement de ces réseaux, regroupés dans des tableaux de bord, permettent d'améliorer et de faciliter la prise de décisions.

L'apport des nouvelles technologies à la vigilance en santé animale peut être apprécié en analysant plusieurs attributs de la performance d'un système d'information.

### *Disponibilité*

C'est la première qualité d'un système d'information. Elle recouvre plusieurs aspects. Il s'agit tout d'abord de la disponibilité de la fiche de collecte pour l'acteur de la surveillance sur le terrain. En fournissant un support de collecte dont on s'assure qu'il est toujours à portée de main (téléphone portable par exemple), dans lequel sont accessibles l'ensemble des fiches de collecte de données, on en garantit la disponibilité à tout moment.

Parfois, il n'existe pas de fiche spécifique pour le cas rencontré. Les données peuvent alors être transmises de manière écrite non structurée – voire oralement–, à l'échelon intermédiaire du dispositif de surveillance, ce qui en permet la transmission rapide mais n'en garantit toutefois pas la standardisation et la qualité. L'élaboration et la mise à disposition d'une fiche générique, qui n'existe pas aujourd'hui, de collecte de données sur les supports numériques est un moyen de pallier ces limites.

Enfin, la disponibilité s'apprécie également par la possibilité de saisir et transmettre les données à tout moment. Même si les réseaux de communication se sont mondialisés, il existe encore des zones rurales peu ou pas couvertes par les réseaux mobiles. Le développement d'applications permettant la saisie de données en mode hors connexion et leur envoi dès que l'appareil mobile retrouve une zone couverte par un réseau de communication assure une disponibilité permanente du système d'information.

### *Standardisation*

Standardiser les données collectées est un point critique pour permettre l'analyse et la comparaison des données de surveillance. L'utilisation de formats de fiches uniques et accessibles pour l'ensemble des acteurs est une première étape de la standardisation. Les nouvelles technologies de recueil des données permettent également de standardiser le contenu des champs par le recours à des listes déroulantes, limitant ainsi au maximum les champs ouverts et évitant la multiplication des dénominations pour un même contenu.

(1) C'est-à-dire (dans le langage informatique) permettant de prendre des décisions en connaissance de cause.

### *Rapidité*

La connexion des outils de collecte des données (réseau GSM, Wifi, réseau physique) permet d'assurer une rapidité de transmission de l'information proche du temps réel. Cette rapidité est un atout pour la notification des suspicions dont la prise en charge par l'ensemble des échelons concernés est accélérée et fiabilisée, car l'ensemble des acteurs peut avoir accès aux données sources de la suspicion. Elle est également un atout en cas de confirmation d'un événement sanitaire majeur pouvant nécessiter des investigations complémentaires très rapidement, ou en nombre important (comme l'investigation clinique de tous les élevages dans une zone de protection par exemple) et la compilation automatique des données dans une base accessible par l'ensemble des acteurs. Il devient ainsi possible de connaître la distribution des cas et son évolution spatio-temporelle en temps réel, ce qui est essentiel pour la prise de décisions de gestion.

### *Acceptabilité*

Encore considérée il y a dix ans comme une limite, l'acceptabilité des outils modernes de communication a fortement progressé et leur utilisation est en passe de devenir un standard de communication qui rendra obsolètes les outils classiques, comme les fiches papier. L'utilisation de ces nouvelles technologies deviendra rapidement un critère d'acceptabilité des outils de surveillance.

### *Fiabilité*

La saisie à la source est une première garantie de fiabilisation de la donnée collectée. On évite ainsi les erreurs de transcription ou d'interprétation au moment de la saisie des données par une tierce personne. Les nouvelles technologies renforcent la fiabilité de l'information par l'utilisation de paramétrages préétablis (par exemple les noms de maladie, d'espèces animales, de signes cliniques) qui sont alors identiques pour tous les acteurs collectant les données. Cela constitue un premier niveau de maîtrise des erreurs. De plus, ces nouvelles technologies permettent parfois de vérifier, par l'échange de photos de lésions par exemple, la pertinence de l'information et de confirmer l'hypothèse diagnostique.

L'élaboration de ces paramètres passe par la création de référentiels communs qui permettent le partage de données au sein d'un même groupe d'acteurs. Elle facilite également la communication entre les systèmes d'information lorsque ces référentiels peuvent être partagés entre plusieurs domaines (référentiels pour les données d'autopsie de la faune sauvage ou des équidés par exemple) ou plusieurs pays (élaboration des référentiels par l'EFSA pour l'agrégation des données à l'échelle européenne par exemple). Ces référentiels renforcent ainsi le partage des données et augmentent également notablement l'utilité des données de surveillance.

### *Sécurité*

La centralisation de l'information dans des serveurs sécurisés, locaux ou distants, synchronisés ou non avec les terminaux de saisie évite l'éparpillement de l'information et permet un stockage global de toutes les données. Les données numériques ainsi regroupées peuvent faire l'objet de sauvegardes qui sécurise leur disponibilité dans le temps.

La sécurisation de l'envoi et de l'accès aux données par tous les acteurs de la surveillance, de la source de données au décideur, peut être gérée de manière fine et performante ce qui assure la sécurité du système d'information et permet le partage entre les acteurs de la surveillance.

### *Partageabilité*

Les données peuvent être facilement mises à disposition des partenaires habilités selon des droits assignés aux usagers, *via* un site Internet ou tout autre moyen de diffusion (bulletins papiers, en ligne, messages type mail, SMS,...). Bien que l'information soit centralisée en un lieu unique, on assiste alors à une véritable mise en réseau de tous les acteurs de la vigilance, de l'agent sur le terrain aux décideurs et gestionnaires de la santé animale. Cette centralisation de l'information facilite alors son traitement, qui se fait de manière homogène pour des

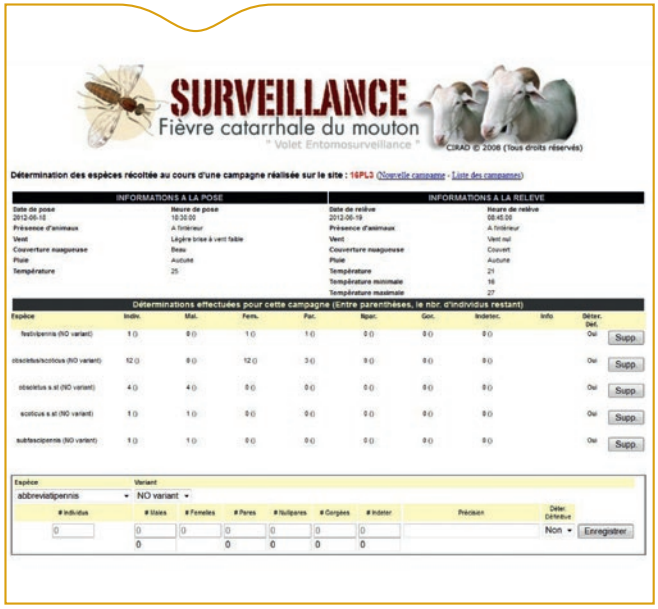


**Figure 1. Interface Ocapi présentant les informations d'une campagne de piégeage et l'interface de saisie des espèces de culicoïdes identifiées**

jeux de données provenant souvent d'horizons différents. Les prises de décisions consécutives sont ainsi facilitées, tout comme l'accès à l'information sur les décisions prises. En effet, selon les différents droits attribués aux profils des usagers, la diffusion de l'information dans le sens « descendant » est tout aussi rapide. Dès lors que les données collectées ont été centralisées, elles peuvent être rendues disponibles dans leur intégralité ou au travers d'indicateurs calculés automatiquement et immédiatement. Ces indicateurs sont mis à jour automatiquement au fur et à mesure que les données sont ajoutées dans les bases de données centrales.

## Deux exemples : West Nile en Camargue et surveillance des vecteurs de la fièvre catarrhale ovine

### *Système d'information de la fièvre West Nile en Camargue*

En 2004, un système de surveillance syndromique des maladies nerveuses des chevaux a été mis en place dans le sud de la France (Leblond *et al.*, 2010) et a conduit au développement du système « Surveillance des syndromes infectieux *et al*erte précoce (S2IAP) », plateforme informatique permettant aux vétérinaires de saisir et de transmettre les descriptions cliniques des cas équins observés selon deux modalités :

- un système utilisable sur le terrain au « chevet du cheval », qui permettait la saisie des cas cliniques observés, puis le transfert des informations (*via* un ordiphone) vers un serveur central. La transmission des données était effectuée par la connexion Internet du téléphone mobile ;
- un site Internet sécurisé qui permettait la saisie et la consultation des descriptions cliniques et donnait accès, en retour, à l'information sur l'ensemble des cas déclarés.

L'information était consultable directement en ligne par l'ensemble des acteurs du réseau, y compris les autorités sanitaires, moins d'une heure après la déclaration de la suspicion.

La fiche de suspicion a été conçue pour recueillir les données sur les cas de syndromes nerveux chez les chevaux. Pour décrire les syndromes, une liste prédéfinie de signes cliniques était proposée sous la forme de cases à cocher. Les syndromes nerveux étaient décrits selon l'absence/présence de dysphagie, paralysie faciale, amaurose, tremblements, comportement anormal et/ou anomalies de la locomotion. L'ataxie, la paralyse et la parésie pouvaient être qualifiées de symétriques/asymétriques. Le formulaire était bref et renseigné au moment même de la consultation du cheval, en moins de cinq minutes. Pour chaque déclaration clinique, des prélèvements standardisés étaient effectués et envoyés au laboratoire en vue de la confirmation du diagnostic.

Une vingtaine de vétérinaires des départements du Gard et des Bouches du Rhône ont été volontaires pour tester le système avec l'appui des autorités sanitaires départementales. Après une session de formation, le matériel a été distribué aux vétérinaires le 10 août 2004 et une phase de test a été effectuée. Le premier cas de syndrome nerveux a été déclaré sur le réseau le 23 août, les deux suivants le 27 août par le même vétérinaire. Finalement, douze vétérinaires ont déclaré 72 cas de syndrome nerveux du 23 août 2004 au 21 juillet 2005. Pour 32 de ces cas, l'infection par le virus West Nile a été confirmée (Leblond *et al.*, 2010).

Ce système a démontré son efficience pour la transmission de données en temps réel et l'accès aux données de l'ensemble des acteurs concernés. Comme tout dispositif de surveillance, il a nécessité un investissement important, non seulement en développement informatique, mais également en formation et animation du dispositif pour assurer la dynamique des déclarations.

### *Surveillance entomologique des vecteurs de la fièvre catarrhale ovine*

Dès les premiers cas de fièvre catarrhale ovine (FCO) en Corse en 2001, des captures de culicoïdes, vecteurs de la maladie, ont été organisés dans la totalité de l'île par le Cirad, l'Entente interdépartementale de démoustication (EID-Méditerranée) et l'Institut de parasitologie et de pathologie tropicale de Strasbourg (IPPTS), afin de connaître les espèces de vecteurs présentes, ainsi que leur dynamique de population. Ces piégeages, et la détermination des espèces, effectués en de nombreux points, ont produit un grand nombre de données.

L'objectif a été dès lors de proposer un outil informatique permettant de collecter les données de manières distante, de les centraliser, dans le but de pouvoir les analyser et les restituer à tout moment. Le choix d'une plateforme internet a été retenu pour permettre une saisie décentralisée des données, la possibilité à plusieurs acteurs distants d'intervenir et la centralisation et la sécurisation des données en un seul lieu.

La plateforme Ocapi (organisation des campagnes de piégeage) a alors été créée, permettant l'enregistrement de toutes les informations relatives aux données collectées : identification et caractérisation du site de piégeage géo-référencé, informations relatives aux campagnes, ensemble des données météorologiques disponibles lors d'une campagne, détermination des espèces et comptage des individus collectés. La Figure 1 montre une partie des informations saisies pour une campagne de piégeage ainsi que l'interface de saisie des espèces de culicoïdes identifiées.

La saisie des données était réalisée par les agents de terrain des DDecPP ou des groupements de défense sanitaire (GDS), le Cirad, l'EID-Méditerranée, l'IPPTS. Le grand public et les éleveurs impliqués pouvaient consulter les informations sous forme de tableaux agrégés et anonymisés ou de graphiques de dynamiques de population des vecteurs. Ainsi, de 2002 à 2008, toutes les données concernant la surveillance entomologique en Corse ont été collectées et centralisées.

En 2006, avec l'apparition de la FCO en France continentale, les piégeages ont progressivement pris une ampleur plus importante car ils ont été effectués, au moment de l'activité maximale du réseau (de 2008 à 2012) à raison de deux sites par département, toutes les semaines au début du printemps et en fin d'automne et tous les mois entre temps : l'objectif était de déterminer le début et la fin de la période d'inactivité vectorielle (Balenghien *et al.*, 2012). Le système d'information (SI) mis en place précédemment a alors été généralisé. La souplesse du choix d'Internet comme support de collecte a rendu le déploiement à grande échelle très facile. Afin de proposer un rendu de résultats en temps réel sous forme de cartes ainsi que la production

en direct de rapports prédéfinis, le SI a été couplé avec un système d'information géographique en ligne (Figure 2).

La surveillance n'étant plus réalisée aujourd'hui sur tout le territoire mais seulement en Corse, l'application Ocapi, dans sa partie saisie de données, est utilisée à une fréquence bien moindre. Cependant, les données (18000 campagnes stockées, 55000 déterminations soit environ sept millions d'individus collectés) sont quant à elles analysées, partagées et exploitées pour la recherche, notamment pour la modélisation de la dynamique des populations des principales espèces de culicoïdes impliquées dans la transmission du virus de la FCO.

Un douzaine d'années de recul sur cette application a démontré la puissance et l'adaptabilité d'Internet pour la centralisation des données, la transmission rapide des informations du terrain aux décideurs mais aussi dans le sens inverse, ce qui est primordial pour la durabilité d'un dispositif de surveillance.

Appropriée par un grand nombre d'agents et d'organismes (Cirad, EID-Méditerranée, IPPTS), cette application a vocation à devenir le socle commun à toute surveillance entomologique du même type sur le territoire français mais aussi dans les pays du Sud. Le développement d'une version « déconnectée » et déployée sur tablettes tactiles et smartphones est à l'étude.

## Conclusion

L'utilisation des nouvelles technologies de l'information est à même de potentialiser les dispositifs de vigilance des maladies exotiques et émergentes en accélérant et fiabilisant la transmission, l'analyse et la diffusion des informations. Ces nouvelles technologies sont encore insuffisamment utilisées aujourd'hui en France dans le domaine de la surveillance et des projets sont en cours d'élaboration, notamment sous l'égide de la direction générale de l'Alimentation du ministère en charge de l'Agriculture pour faire progresser cette situation. Quelles que soient les technologies utilisées, ce ne sont toutefois que des outils qui ne se révèleront réellement efficaces que si les protocoles et l'animation des dispositifs sont à la hauteur des objectifs assignés à la surveillance.

## Bibliographie


Balenghien, T., Delecolle, J.C., Setier-Rio, M.L., Delecolle, D., Allene, X., Rakotoarivony, I., Scheid, B., Mathieu, B., Chavernac, D., Perrin, J.B., Baldet, T., Garros, C., 2012. L'activité des populations de *Culicoides* en 2012 et bilan des quatre années du dispositif de surveillance. Bull. Epid. Santé Anim. Alim. 59, 39-40.

Hendrikx, P., 2003. Adaptation des réseaux de surveillance épidémiologique aux conditions de l'émergence. Epidémiol. Santé anim., 44, 51-59.

Le Bel, S., Chavernac, D., Mapuvire, G., Cornu, G., 2014. FrontlinesSMS as an early warning network for human-wildlife mitigation: Lessons learned from tests conducted in Mozambique and Zimbabwe. Electron. J. Inf. Syst. Dev. Ctries., 60 (6): 1-13. http://www.ejisdc.org/ojs2/index.php/ejisdc/article/view/1256.

Leblond, A., Valon, F., Hendrikx, P., 2010. Epidémiosurveillance des maladies vectorielles chez les équidés en France. Bull. Acad. Vét. France. 163 (2) 149-157.


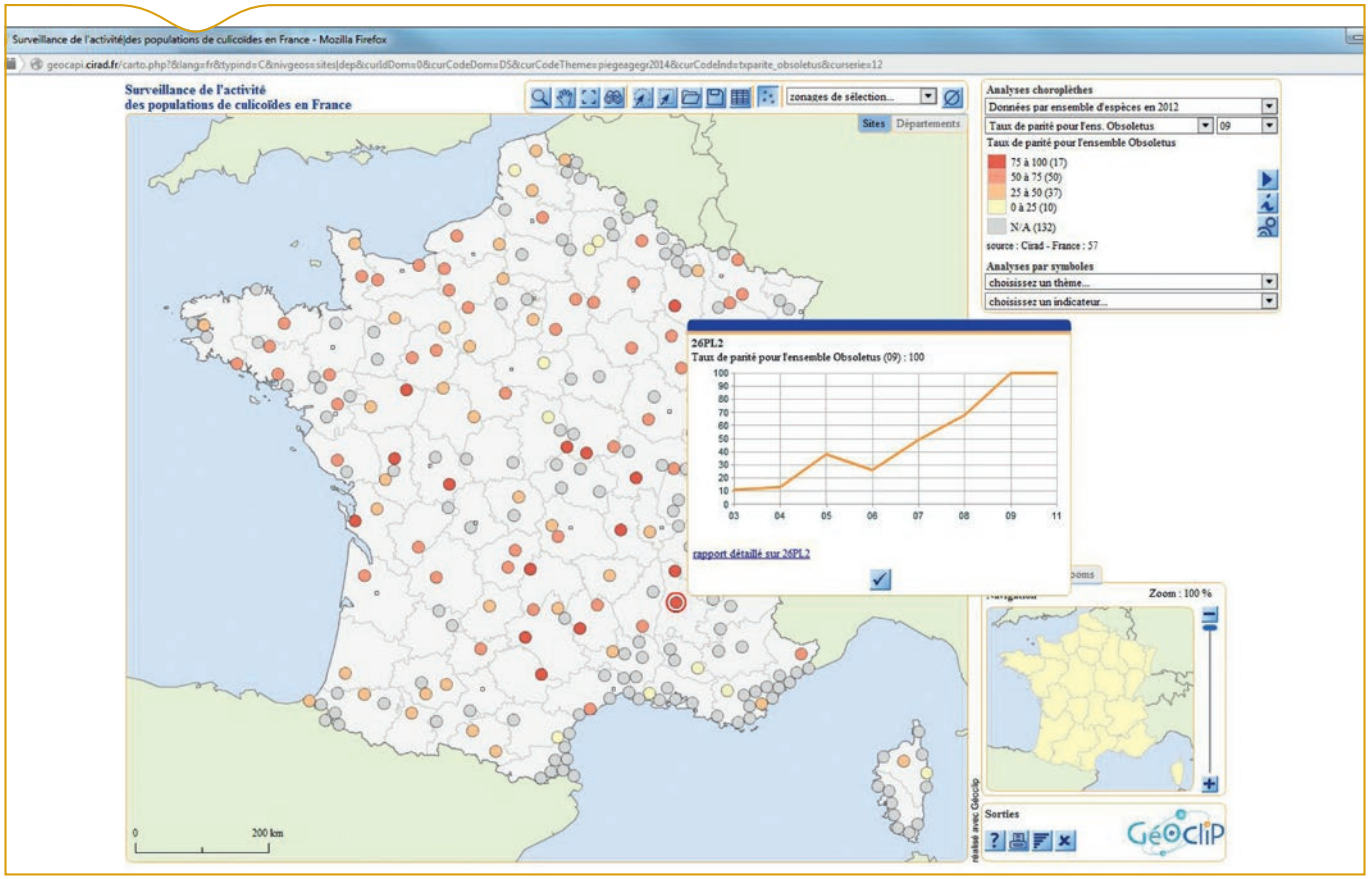


**Figure 2. Illustration du système d'information géographique en ligne développé pour l'application OCAPI sur la surveillance de l'activité des populations de culicoïdes en France**

# 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 (en 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(1) et émergentes(2) 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<br>Notifications des demandes d'enlèvements et des enlèvements d'animaux morts par les équarrisseurs 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<br>Un jour maximum (SI2A) depuis janvier 2015 | 20 % de la population bovine abattue (Nergal-Abattoir)<br>Toute la population bovine abattue en France (SI2A) |
| 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), SI2A (Système d'information de l'inspection en abattoir)[3] 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 (SI2A) 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) SI2A 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 scenarii 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 (ICr[4] 95 % [11-39]) si le taux de déclaration était de 80 %, contre un délai médian de 33 mois (ICr 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 un 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 vêlages et de mortalités sont collectées de manière quasi-exhaustive et permettent de surveiller l'ensemble de la population de femelles (pour les vêlages) 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 élevages atteints dans une zone géographique donnée), à

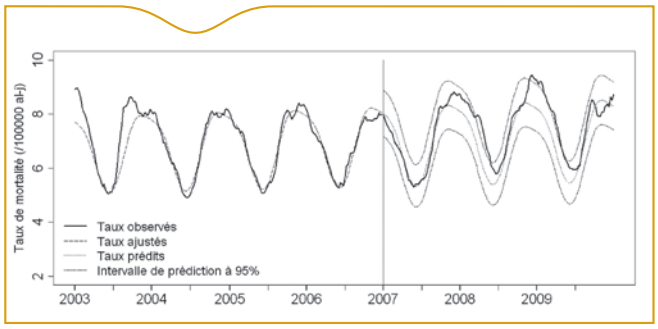


**Figure 1. Variations du taux de mortalité observé et prédit chez les vaches laitières de 2 à 3,5 ans en France**
**Le taux de mortalité a été prédit sur la période 2007 - 2009 à partir de l'historique des valeurs observées sur la période 2004 - 2006. L'intervalle de prédiction permet de prendre en 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 SyS (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 au 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 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).

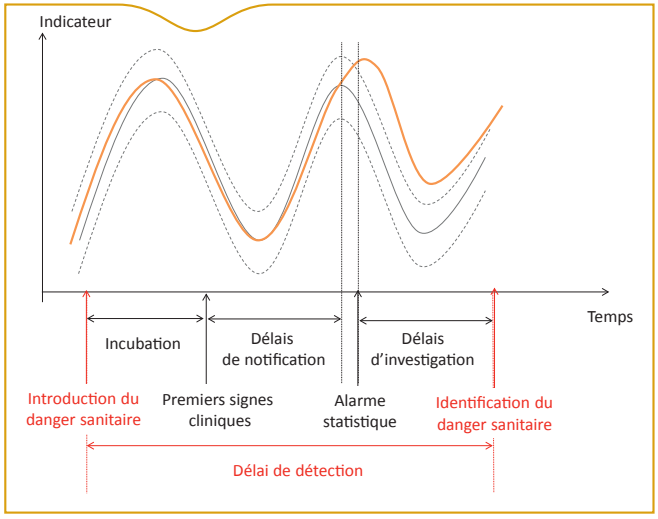


**Figure 2. Décomposition du délai de détection d'un danger sanitaire à partir d'un exemple théorique de système de SSy**
**En orange sont représentées les variations temporelles observées de l'indicateur suivi ; en gris, les variations prédites avec l'intervalle de prédiction (en pointillés).**

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 signer des troubles de la reproduction autres que des avortements infectieux, et un déficit du nombre des vêlages peut signer 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 SyS, 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;jsessionid=43D1294D26893F0BBCA1F6194D39FD85.tpdjo04v_1?cidTexte=JORFTEXT000000821256&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. Epidémiol. 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., Hendrikx, 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., Hendrikx, 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).

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., Hendrikx, 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.

# Identification de zones à risque d'introduction de quatre **arboviroses zoonotiques** dans l'Union européenne par le commerce des animaux vivants

Benoit Durand (1) (benoit.durand@anses.fr), Sylvie Lecollinet (1, 2), Cécile Beck (1, 2), Beatriz Martinez-López (3), Thomas Balenghien (4), Véronique Chevalier (5)

(1) Université Paris-Est, Anses, Laboratoire de santé animale, Unité d'épidémiologie, Maisons-Alfort, France
(2) Laboratoire de référence européen pour les maladies équines, Anses, Laboratoire de santé animale, Maisons-Alfort, France
(3) Université Complutense, École vétérinaire, Département de santé animale, Madrid, Espagne
(4) Cirad, UMR15 Cmaee, Montpellier, France ; Inra, UMR1309 Cmaee, Montpellier, France
(5) Unité AGIRs, Cirad, Montpellier, France

**Résumé**

**Le commerce des animaux vivants est l'un des principaux modes d'introduction de virus dans les zones indemnes à partir de leurs zones d'enzootie. Depuis quelques années, certains animaux sauvages sont considérés comme des animaux de compagnie, ce qui augmente la diversité des espèces d'animaux faisant l'objet d'un commerce international. Ceci pourrait permettre à des pathogènes présentant un large spectre d'hôtes, comme certains arbovirus, d'élargir leur aire de répartition. L'objectif de cette étude était d'analyser le risque posé par les importations d'animaux vivants pour l'introduction, dans l'Union européenne (UE), de quatre arbovirus affectant l'Homme et le cheval : les virus des encéphalites équines de l'est (EEEV) et de l'ouest (WEEV), de l'encéphalite vénézuélienne (VEEV) et de l'encéphalite japonaise (JEV). Des données d'importations, environnementales et des données de densité de population humaine et équine ont été combinées pour calculer des indicateurs spatialisés du risque d'introduction de ces virus et des conséquences potentielles de telles introductions. Les résultats montrent l'existence de zones à risque en Belgique, aux Pays-Bas et dans le nord de l'Italie, avec un niveau de risque plus élevé pour l'EEEV que pour les trois autres virus, risque principalement attribuable au commerce des animaux de compagnie importés par lots de petite taille d'origines variées. La diversité croissante des espèces et des origines de ces animaux pourrait avoir dans le futur un impact important sur le risque d'introduction d'arbovirus dans l'UE.**

**Mots-clés**

**Arbovirus, encéphalite équine de l'est, encéphalite équine de l'est de l'ouest, l'encéphalite vénézuélienne, encéphalite japonaise, équidés, risque d'introduction, Europe**

***Abstract***

***Identification of zones at risk for the introduction of four zoonotic arboviruses in the European Union via the trade in live animals***

***The trade in live animals is one of the main ways in which viruses are introduced into disease-free zones from their enzootic zones. In recent years, certain wild animals have begun to be considered as pets, thereby increasing the diversity of animal species involved in international trade. This could enable pathogens with a wide host spectrum, such as some arboviruses, to broaden their range. The aim of this study was to analyse the risk posed by imports of live animals for the introduction into the European Union (EU) of four arboviruses affecting humans and horses: Eastern and Western equine encephalitis virus (EEEV and WEEV respectively), Venezuelan equine encephalitis (VEEV) and Japanese encephalitis (JEV). Import, environmental and human/equine population density data were combined to calculate spatial indicators for the risk of introduction of these viruses and the potential ensuing consequences. The results show the existence of risk zones in Belgium, the Netherlands, and northern Italy, with a higher risk for EEEV than for the other three viruses. This risk can mainly be attributed to the trade in pets imported in small batches from various origins. The increasing diversity of these animals' species and origins could have a significant impact in the future on the risk of introduction of arboviruses into the EU.***

***Keywords***

***Arbovirus, Eastern equine encephalitis virus, Western equine encephalitis virus, Venezuelan equine encephalitis, Japanese encephalitis, Equidae, Risk of introduction, Europe***

Les maladies infectieuses émergentes de l'Homme et de l'animal sont devenues au cours de ces dernières décennies, un problème majeur pour les autorités sanitaires. Les événements d'émergence de maladies infectieuses ont été répertoriés et caractérisés (Jones *et al.*, 2008; Taylor *et al.*, 2001; Weiss and McMichael, 2004; Woolhouse and Gowtage-Sequeria, 2005). Selon ces études, les agents pathogènes émergents sont plus fréquemment des virus à ARN, zoonotiques et/ou à transmission vectorielle, présentant un spectre d'hôtes large. Depuis le début du millénaire, le continent européen a dû faire face à de nombreux événements d'émergence ou de résurgence de maladies infectieuses causées par des arbovirus, comme le lignage 1 du virus West-Nile (WN) en 2000 (Murgue *et al.*, 2001), le virus Usutu en 2001 (Weissenböck *et al.*, 2002), le lignage 2 du virus WN en 2004 (Bakonyi *et al.*, 2006), le sérotype 8 du virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) en 2006 (Toussaint *et al.*, 2007) (ainsi que d'autres sérotypes au cours des années précédentes), le virus chikungunya en 2007 (Rezza *et al.*, 2007), celui de la dengue en 2010 (Gjenero-Margan *et al.*, 2011; Gould *et al.*, 2010), et le virus Schmallenberg en 2011 (Hoffmann *et al.*, 2012). Certaines de ces introductions n'ont donné lieu qu'à des épidémies heureusement limitées (dengue, chikungunya) alors que d'autres ont initié de véritables vagues épizootiques (FCO sérotype 8, Schmallenberg). Certains de ces agents pathogènes sont par ailleurs devenus depuis endémiques dans certaines zones du continent européen (virus Usutu et WN). Une étude récente menée par l'ECDC (European Centre for Disease Control) considère l'introduction de maladies vectorielles comme l'une des huit menaces majeures en termes de maladies infectieuses pour l'Union européenne (UE) à l'horizon 2020 (Suk and Semenza, 2011).

Les virus des encéphalites équines de l'est (EEEV) et de l'ouest (WEEV), de l'encéphalite vénézuélienne (VEEV) et de l'encéphalite japonaise (JEV) sont quatre arbovirus à ARN responsables d'encéphalites létales chez l'Homme et le cheval. Ces maladies sont considérées comme émergentes (Taylor *et al.*, 2001) et figurent dans la liste de dix maladies récemment jugées prioritaires par un panel d'experts européens

**Tableau 1. Groupes d'espèces d'hôtes, origines géographiques et vecteurs européens potentiels pris en compte pour analyser le risque d'introduction dans l'UE des virus de l'encéphalite équine de l'est (EEEV), de l'ouest (WEEV), de l'encéphalite vénézuélienne (VEEV) et de l'encéphalite japonaise (JEV)**

| Virus | Groupe d'espèces hôtes | Origine géographique | Espèces européennes de vecteurs |
|---|---|---|---|
| EEEV | Rongeurs, volailles et autres oiseaux, reptiles | Amérique du Nord, Amériques Centrale, Caraïbes, Amérique du Sud | *Culex pipiens*, *Aedes vexans*(1), *Aedes albopictus*(2) |
| WEEV | Volailles et autres oiseaux | Amérique du Nord, Amériques Centrale, Caraïbes, Amérique du Sud | *Aedes vexans*, *Aedes caspius*(3), *Aedes dorsalis*(4) |
| VEEV | Rongeurs, primates, chevaux | Amériques Centrale, Caraïbes, Amérique du Sud | *Aedes albopictus* |
| JEV | Volailles et autres oiseaux, porcs | Asie du sud-est, Asie orientale, Inde, Pakistan | *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* |

(1) Dénomination taxonomique actuelle : *Aedimorphus vexans*
(2) Dénomination taxonomique actuelle : *Stegomyia albopicta*
(3) Dénomination taxonomique actuelle : *Ochlerotatus caspius*
(4) Dénomination taxonomique actuelle : *Ochlerotatus dorsalis*

(Humblet *et al.*, 2012). L'avis de l'Anses (Anses, 2012) sur les risques d'introduction et de diffusion d'agents pathogènes exotiques en France métropolitaine place ces maladies dans les groupes 2 (encéphalite japonaise, encéphalite vénézuélienne) et 3 (encéphalites équines de l'est et de l'ouest), le groupe de maladies pour lesquelles le risque d'introduction et de diffusion a été jugé le plus élevé étant le groupe 1 (fièvre aphteuse, Influenza aviaire H5N1 etc.).

Le commerce des animaux de rente a un poids économique important, qui a doublé sur un intervalle de dix années puisque le volume total des exportations a été estimé par la FAO à 16,5 milliards $US en 2009 (source : FAOSTAT, http://faostat.fao.org, consulté le 29/08/2012), alors qu'il n'était que de 8,7 milliards $US en 1999. Les importations dans l'UE représentent à peu près la moitié de cette somme (8,9 milliard $US en 2009). Le commerce d'animaux sauvages constitue également un marché important au niveau mondial avec une valeur totale estimée en 2007 à 407 millions €, l'UE étant le premier importateur mondial de reptiles et d'oiseaux de cage (Engler and Parry-Jones, 2007).

Des procédures de contrôle des risques sanitaires sont mises en œuvre en routine pour sécuriser les échanges d'animaux vivants, tant avant leur départ du pays d'origine (vaccination, comme c'est le cas pour VEEV, établissement de certificats sanitaires) qu'à leur arrivée sur le territoire européen (contrôles aux points d'entrée, quarantaine dans des locaux désinsectisés, comme c'est le cas pour les oiseaux de cage par exemple). Cette étude, publiée en 2013 (Durand *et al.*, 2013), s'est intéressée au risque résiduel (une fois mises en œuvre les procédures de contrôle des risques sanitaires) induit par les importations légales d'animaux vivants dans l'UE (27 pays), pour l'introduction de quatre arboviroses zoonotiques. Les objectifs étaient : (1) de développer des indicateurs spatialisés du risque d'introduction de virus et des conséquences potentielles en termes de cas cliniques, (2) de cartographier ces indicateurs au niveau du territoire de l'UE dans le cas de EEEV, WEEV, VEEV et de JEV, et (3) d'analyser les poids respectifs des animaux de rente et des animaux de compagnie dans ce risque d'introduction.

# Matériel et méthodes

## Données

*Commerce des animaux vivants.* Un extrait de la base de données TRACES (TRAde Control and Expert System) a été obtenu auprès de la Commission européenne (DG SANCO), incluant les entrées de vertébrés dans l'UE au cours de la période 2005-2009. Ce jeu de données a été filtré pour sélectionner les importations provenant de zones à risque (les zones où la circulation du virus a été décrite, ou est considérée comme plausible) pour les quatre virus d'intérêt, et concernant une espèce animale hôte de l'un de ces virus (considérés ici comme les vertébrés susceptibles de présenter une virémie suffisamment élevée et prolongée pour permettre l'infection d'un insecte vecteur) (Tableau 1). Les points d'origine et de destination ont été discrétisés en utilisant une grille hexagonale de 10 km de rayon.

*Occupation des sols.* La base CORINE Land Cover (Anonymous, 2007), qui décrit l'occupation des sols en Europe grâce à une nomenclature de 44 classes, a été utilisée. Ces données ont été agrégées selon une grille hexagonale de 10 km de rayon pour calculer, dans chaque cellule de cette grille, la proportion de surface couverte par chacune des 44 classes d'occupation des sols.

*Densité de population.* La base de données *Population density grid of EU-27+* (v5) (Gallego, 2010) a été utilisée pour calculer la densité moyenne de population dans chaque cellule d'une grille hexagonale de 10 km de rayon. Concernant les chevaux, la même opération a été effectuée, en se basant sur les données EUROSTAT (*Livestock: number of farms and heads by size of farm and NUTS 2 region*, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ef_ls_ovaareg&lang=en, consulté le 27/08/2012) corrigées (Durand *et al.*, 2013) grâce à des estimations de la taille totale de la population équine par pays de l'UE (Liljenstolpe, 2009).

## Indicateur du risque d'introduction de virus

Le risque d'introduction d'un virus par le commerce des animaux vivants dépend du nombre d'animaux importés et de leur origine géographique. Les zones considérées comme à risque correspondent ici aux aires de répartition des quatre virus d'intérêt (Tableau 1). Ces zones sont étendues et les virus étudiés n'y circulent certainement pas partout toute l'année, mais de façon saisonnière, dans des zones restreintes (mais non répertoriées). Sans une connaissance précise de ces zones, une estimation précise du risque d'introduction est délicate. Cependant, on peut supposer que ce risque augmente avec la diversité des origines géographiques des lots : plus cette diversité augmente, plus grand est le risque qu'un lot au moins provienne d'une zone où le virus circule effectivement. En se fondant sur ces hypothèses et en utilisant à nouveau une grille hexagonale de 10 km de rayon, un indicateur empirique du risque d'introduction a été défini (Durand *et al.*, 2013) pour chaque cellule de la grille dans l'UE. Cet indicateur combine le nombre total d'animaux importés dans la cellule avec un indice de diversité des origines géographiques (Simpson, 1949).

## Conséquences potentielles d'une introduction de virus

Les conséquences potentielles de l'introduction d'un des virus d'intérêt ont été analysées en considérant : (i) le risque d'infection de vecteurs locaux, et (ii) le risque d'occurrence de cas cliniques chez l'Homme ou le cheval. Pour chacun des virus d'intérêt, la liste des espèces de vecteurs potentiels présents en Europe a été fixée en se fondant sur un rapport de l'Efsa (Pages *et al.*, 2009) (Tableau 1). Pour chaque classe d'occupation des sols définie par CORINE Land Cover et pour chaque espèce de vecteur d'intérêt, on a défini, sur la base d'avis d'experts entomologistes, un score à trois niveaux quantifiant le fait que la classe d'occupation des sols représente ou pas un habitat satisfaisant pour le vecteur (des contraintes supplémentaires étant appliquées pour *Ae. vexans* et pour *Ae. albopictus*) (Durand *et al.*, 2013). Pour chaque cellule hexagonale de l'UE et pour chacune des espèces étudiées, on a alors pu calculer un indicateur de la présence d'une population de vecteur dans la

**Tableau 2.** Volume total des importations d'animaux vivants (individus, entre parenthèses: lots) déclarés dans la base de données TRACES entre 2005 et 2009 pour les chevaux, les porcs, les volailles, les autres oiseaux, les primates, les reptiles et les rongeurs

| Espèce | Origine des animaux | | | | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Europe | Afrique | Asie | | Amériques | | Australie, Nouvelle-Zélande | |
| | | | Sud-Est | Autres parties | Nord | Sud | | |
| Chevaux | 75 043 (7 172) | 2 118 (460) | 43 035 (481) | 4 698 (1 329) | 15 496 (6 976) | 15 703[3] (2 025) | 1 494 (681) | 157 587 (19 124) |
| Porcs | 2 052 (31) | 4 (2) | 0[4] (0) | 0 (0) | 2 332 (87) | 0 (0) | 0 (0) | 4 388 (120) |
| Volailles | 607 348 (101) | 0 (0) | 0[4] (0) | 214 054 (31) | 15,5 M[1][2] (518) | 61 945[1][2] (7) | 0 (0) | 16,3 M[5] (657) |
| Primates | 934 (62) | 17 460 (225) | 23 682 (209) | 613 (26) | 518 (22) | 667[3] (21) | 2 (2) | 43 876 (567) |
| Autres oiseaux | 384 025 (424) | 622 995 (444) | 16 309[4] (79) | 14 020 (109) | 391 348[1][2] (169) | 49 209[1][2] (160) | 2 062 (12) | 1 479 968 (1 397) |
| Reptiles | 74 935 (234) | 1 570 393 (1 897) | 820 150 (623) | 84 702 (127) | 5 881 321[1] (2 580) | 427 529[1] (605) | 42 (1) | 8 859 072 (6 067) |
| Rongeurs | 132 795 (822) | 17 743 (100) | 239 506 (642) | 6 915 (109) | 215 780[1] (5 879) | 448[1][3] (11) | 608 (63) | 613 795 (7 626) |
| **Total** | **1 277 132 (8 826)** | **2 230 713 (3 128)** | **1 142 682 (2 034)** | **325 002 (1 731)** | **22 M (16 231)** | **549 871 (2 829)** | **4 208 (759)** | **27,5 M (35 558)** |

(1) Lots pris en compte pour le risque d'introduction de l'encéphalite équine de l'est
(2) Lots pris en compte pour le risque d'introduction de l'encéphalite équine de l'ouest
(3) Lots pris en compte pour le risque d'introduction de l'encéphalite équine vénézuélienne
(4) Lots pris en compte pour le risque d'introduction de l'encéphalite japonaise
(5) Millions

**Tableau 3.** Indicateurs du risque d'introduction et d'occurrence de cas cliniques chez l'Homme et le Cheval et fraction attribuable aux importations dans l'UE entre 2005 et 2009 de différents groupes d'espèces, pour les virus des encéphalites équine de l'est (EEEV), de l'ouest (WEEV), vénézuélienne (VEEV) et pour le virus de l'encéphalite japonaise (JEV)

| | Espèce | EEEV | | | WEEV | | | VEEV | | | JEV | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Intro-duction[1] | Homme[2] | Cheval[3] | Intro-duction[1] | Homme[2] | Cheval[3] | Intro-duction[1] | Homme[2] | Cheval[3] | Intro-duction[1] | Homme[2] | Cheval[3] |
| Risque global[4] | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,37 | 0,01 | 0,02 | 0,17 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |
| Risque attribuable[5] | Chevaux | | | | | | | 95 % | 99 % | 98 % | | | |
| | Porcs | | | | | | | | | | 0 % | 0 % | 0 % |
| | Volailles | 24 % | 4 % | 15 % | 71 % | 43 % | 62 % | | | | | | |
| | Primates | | | | | | | 3 % | <1% | <1% | | | |
| | Autres oiseaux | 6 % | 3 % | 6 % | 26 % | 53 % | 35 % | | | | 100 % | 100 % | 100 % |
| | Reptiles | 35 % | 36 % | 39 % | | | | | | | | | |
| | Rongeurs | 22 % | 27 % | 20 % | | | | 2 % | 2 % | 1 % | | | |
| | Animaux de rente[6] | 24 % | 4 % | 15 % | 71 % | 43 % | 62 % | 98 % | 99 % | 99 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| | Animaux de compagnie[7] | 72 % | 91 % | 81 % | 26 % | 53 % | 35 % | 2 % | 2 % | 1 % | 100 % | 100 % | 100 % |

(1) Indicateur du risque d'introduction du virus
(2) Indicateur du risque d'occurrence de cas cliniques chez l'Homme
(3) Indicateur du risque d'occurrence de cas cliniques chez le Cheval
(4) Référence: EEEV
(5) Du fait du mode de calcul (différence relative de l'indicateur de risque avec ou sans les importations de lots du groupe d'espèces concerné), et comme pour deux espèces données les zones de destination des lots peuvent se recouvrir, la somme des colonnes (pour les 8 groupes d'espèces) peut être différente de 100 %.
(6) Chevaux, porcs, volailles et primates
(7) Oiseaux autres que les volailles, reptiles et rongeurs

cellule. Le risque d'infection de vecteurs locaux suite à une introduction de virus a été obtenu en multipliant, pour chaque cellule, l'indicateur du risque d'introduction par l'indicateur de la présence d'une population de vecteurs compétents. Le risque d'occurrence de cas cliniques chez l'Homme ou le cheval a finalement été obtenu en multipliant, pour chaque cellule, le risque d'infection de vecteurs suite à une introduction du virus par la densité locale des populations humaines et de chevaux.

### *Analyse numérique*

Des cartes choroplètes ont été tracées, en définissant les classes de risque grâce aux percentiles des distributions des valeurs des indicateurs dans chaque cellule hexagonale. Ces cartes ont été lissées pour en faciliter la lecture. La fraction de risque attribuable à chaque groupe d'espèce importée a été calculée en supprimant les lots correspondants du jeu de données et en calculant un risque réduit grâce à ce jeu restreint de données. La fraction de risque attribuable à un groupe d'espèces était alors la différence entre le risque total (calculé en utilisant le jeu de données complet) et le risque réduit, divisée par le risque total.

## Résultats

### *Importations d'animaux vivants*

Un total de 150 154 lots de vertébrés est entré dans l'UE entre 2005 et 2009, correspondant à 2,85 milliards d'animaux. La plupart étaient des poissons: 2,78 milliards d'animaux en 86 496 lots, contre 65,7 millions d'autres vertébrés en 63 606 lots. Parmi ces derniers, 12 054 lots contenant 22,5 millions d'animaux ont été considérés à risque pour l'introduction de l'EEEV, du WEEV, du VEEV ou du JEV (i.e. concernant des animaux des espèces hôtes, en provenance de zones où ces virus circulent) (Tableau 2). Ces lots provenaient de 628 cellules hexagonales distinctes localisées en Amérique et en Asie, et ont été livrés dans 1 070 cellules hexagonales différentes dans l'UE. Pour WEEV, EEEV et JEV plus de 90 % des lots provenaient de pays ayant déclaré des cas à l'OIE entre 2005 et 2009. Pour VEEV, aucun des chevaux importés ne provenait de pays ayant déclaré des cas à l'OIE entre 2005 et 2009. Néanmoins la proportion d'animaux provenant de pays à risque pour le VEEV était de 30 % pour les rongeurs et de 81 % pour les primates.

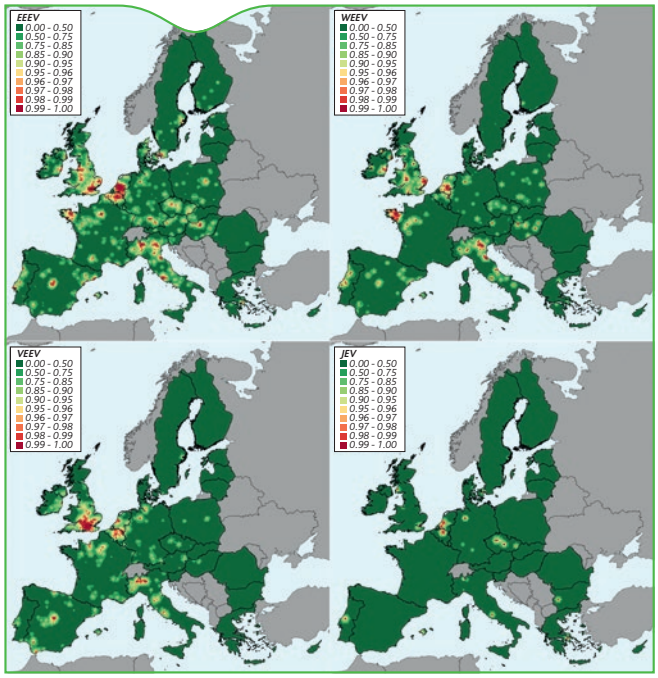


**Figure 1. Variations géographiques du risque d'introduction dans l'UE, par les importations d'animaux vivants, des virus des encéphalites équine de l'est (EEEV), de l'ouest (WEEV), vénézuélienne (VEEV) et du virus de l'encéphalite japonaise (JEV) (Durand *et al.*, 2013).**
**Les niveaux de couleur correspondent aux percentiles de chaque distribution.**

### *Indicateur du risque d'introduction de virus*

Globalement, le risque d'introduction était plus élevé pour EEEV. Il était trois fois plus faible pour WEEV, cinq fois plus faible pour VEEV et 50 fois plus faible pour JEV (Tableau 3). Pour EEEV, environ 70 % du risque d'introduction était attribuable aux animaux de compagnie exotiques (rongeurs, oiseaux autres que les volailles, reptiles) (Tableau 3). La situation inverse était observée pour WEEV et VEEV avec respectivement 71 % et 98 % du risque attribuable à des animaux de rente (volailles pour WEEV, chevaux pour VEEV). Aucune volaille et aucun porc n'ayant été importé d'Asie du sud-est entre 2005 et 2009, 100 % du risque d'introduction de JEV était attribuable aux animaux de compagnie exotiques. Des variations géographiques marquées du niveau de risque ont été observées (Figure 1), avec un risque plus marqué autour des capitales et des grandes agglomérations. Les zones présentant le risque le plus élevé (99e percentile) étaient localisées aux Pays-Bas (EEEV, WEEV, JEV), en Belgique (EEEV, VEEV, JEV), dans le sud de l'Angleterre (EEEV, VEEV), le nord de l'Italie (EEEV, WEEV, VEEV) et l'ouest de la France (EEEV, WEEV).

### *Conséquences potentielles d'une introduction de virus*

Les conséquences potentielles d'une introduction de virus sont apparues nettement plus faibles pour WEEV, VEEV et JEV que pour EEEV, avec des rôles contrastés des différents groupes d'espèces. Pour EEEV, la fraction de risque attribuable aux animaux de compagnie exotiques était prédominante (91 % et 81 % pour l'occurrence potentielle de cas cliniques chez l'Homme et le cheval, respectivement) (Tableau 3). Au contraire, pour VEEV, l'essentiel du risque était attribuable aux espèces de rente (99 %). La situation de WEEV était intermédiaire, la fraction de risque attribuable aux animaux de compagnie exotiques étant de 53 % pour l'occurrence de cas cliniques humains, et de 35 % pour l'occurrence de cas cliniques chez le cheval. Les zones à risque le plus élevé d'occurrence de cas cliniques chez l'Homme (Figure 2) coïncidaient avec les grandes agglomérations, le Bénélux et le nord de l'Italie présentant un risque plus élevé qu'ailleurs pour chacun des quatre virus d'intérêt. Pour ce qui est de l'occurrence de cas cliniques chez le cheval (Figure 3), la Belgique et les Pays-Bas étaient clairement les zones à risque le plus élevé, pour chacun des quatre virus étudiés.

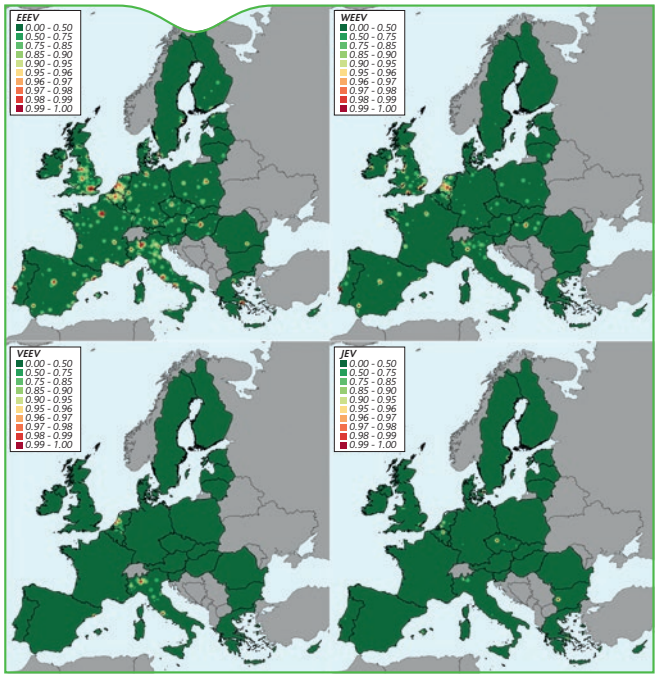


**Figure 2. Variations géographiques du risque d'occurrence de cas cliniques chez l'homme à la suite de l'introduction dans l'UE, par les importations d'animaux vivants, des virus des encéphalites équine de l'est (EEEV), de l'ouest (WEEV), vénézuélienne (VEEV) et du virus de l'encéphalite japonaise (JEV) (Durand *et al.*, 2013).**
**Les niveaux de couleur correspondent aux percentiles de chaque distribution.**

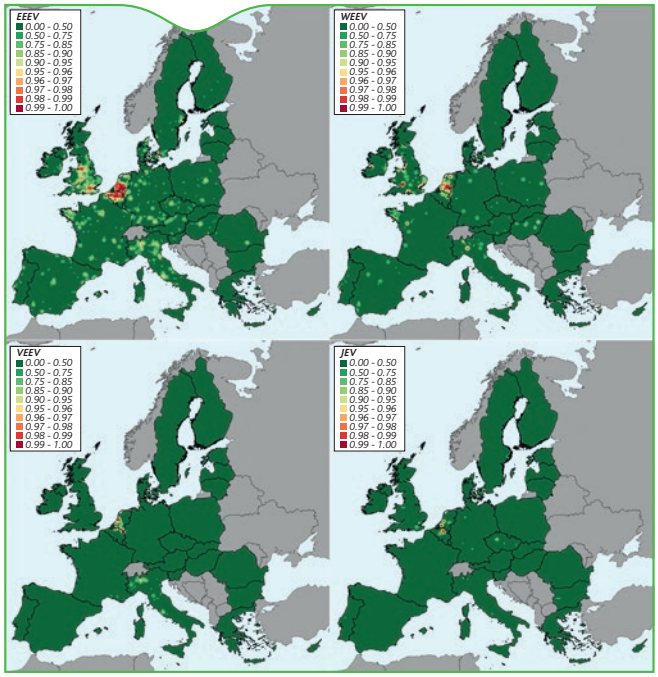


**Figure 3. Variations géographiques du risque d'occurrence de cas cliniques chez le cheval à la suite de l'introduction dans l'UE, par les importations d'animaux vivants, des virus des encéphalites équine de l'est (EEEV), de l'ouest (WEEV), vénézuélienne (VEEV) et du virus de l'encéphalite japonaise (JEV) (Durand *et al.*, 2013).**
**Les niveaux de couleur correspondent aux percentiles de chaque distribution.**

## Discussion

Les variations géographiques des indicateurs de risque analysés montrent clairement l'existence de zones à risque pour l'introduction par le commerce des animaux vivants, de quatre arbovirus zoonotiques: EEEV, WEEV, VEEV et JEV. L'existence de ces zones à risque suggère que le niveau de vigilance et les stratégies de surveillance devraient être adaptés dans les zones concernées. Une partie de la Belgique, des Pays-Bas et du nord de l'Italie se sont avérées être parmi les zones à risque

le plus élevé dans l'UE pour chacun des quatre virus étudiés. Ces zones sont fortement urbanisées et sont la destination d'un volume important de lots d'animaux de compagnie exotiques. La Belgique et les Pays-Bas sont par ailleurs au sein de l'UE des zones majeures pour l'élevage de volailles, et reçoivent également un nombre élevé de lots de volailles importées. Le nord de l'Italie est la seule zone de l'UE hébergeant des habitats satisfaisants pour chacune des cinq espèces de vecteurs considérées, alors que la Belgique et les Pays-Bas se sont avérés être des régions favorables pour *Culex pipiens* et, à un moindre degré, pour les espèces d'*Aedes* considérées (voir les cartes dans (Durand *et al.*, 2013)). Finalement, ces zones sont parmi les plus densément peuplées de l'UE, particulièrement la Belgique et les Pays-Bas qui hébergent également une importante population de chevaux (voir (Durand *et al.*, 2013) pour plus de précisions). La combinaison de ces facteurs explique le risque d'introduction de virus plus élevé dans ces zones de l'UE, ainsi que des conséquences épidémiques potentielles plus sévères de telles introductions. On peut noter que ces zones à risque sont cohérentes avec les lieux d'émergence de plusieurs arbovirus récemment apparus dans l'UE : le virus de la FCO à sérotype 8 en Belgique et aux Pays-Bas (Saegerman *et al.*, 2010), le virus Schmallenberg en Allemagne et aux Pays-Bas (Hoffmann *et al.*, 2012), les virus Usutu et West-Nile dans le nord de l'Italie (Barzon *et al.*, 2012; Calzolari *et al.*, 2012; Weissenböck *et al.*, 2013), où des observations récentes suggèrent une circulation possible de JEV (Zeller, 2012).

Parmi les quatre virus étudiés, le risque d'introduction le plus élevé et les conséquences les plus sévères concernaient EEEV. Cette prédominance s'explique en premier lieu par les espèces d'hôtes considérées comme à risque pour l'introduction du virus, qui incluaient des animaux de rente (volailles, importées par lots de taille importante d'un nombre limité de zones géographiques) et des animaux exotiques de compagnie (rongeurs, oiseaux de cage et reptiles, importés par lots de taille plus modeste, mais provenant d'origines géographiques beaucoup plus variées) ; ce second groupe d'espèces étant responsable de l'essentiel du risque d'introduction. Le risque plus élevé obtenu pour EEEV s'explique également par les espèces de vecteurs considérées, qui incluaient *Cx. pipiens*, l'espèce de moustique la plus largement répandue en Europe, dominante notamment en milieu urbain. Le risque d'introduction de WEEV par des oiseaux importés était également important et largement réparti, mais les espèces de moustiques vecteurs potentielles (du genre *Aedes*), dont la répartition géographique est plus limitée que celle de *Cx. pipiens*, limitaient les conséquences potentielles d'une introduction. Pour VEEV, le risque d'introduction, essentiellement attribué aux chevaux, était également répandu mais là encore les conséquences potentielles étaient limitées par la répartition relativement restreinte du vecteur considéré (*Ae. albopictus*). De plus, aucun des chevaux importés ne provenait de pays ayant déclaré des cas entre 2005 et 2009 ; le risque d'introduction de VEEV a donc probablement été surestimé. Finalement pour JEV, le facteur limitant n'était pas le vecteur considéré (*Cx. pipiens*) mais le faible volume d'importations d'oiseaux à partir de l'Asie du sud-est (aucun porc n'étant importé dans l'UE depuis cette partie du monde), fortement réduit après la crise influenza de 2005.

Les données sur le commerce international des animaux vivants sont rares et ce travail est la première description des importations d'animaux vivants dans l'UE. Un nombre étonnamment élevé d'importations d'animaux exotiques a été observé : les rongeurs étaient le second groupe d'espèces importé en termes de nombres de lots (après les chevaux) et les reptiles étaient le second groupe d'espèces importé en termes de nombre d'animaux (derrière les volailles). La principale différence entre animaux de rente et animaux exotiques est bien sûr la diversité spécifique : quatre espèces ou groupes d'espèces (bovins, porcs, volailles et chevaux) dominent le commerce des animaux de rente alors que celui des animaux exotiques concerne des centaines d'espèces, cette diversité spécifique étant favorisée par les achats sur Internet et reste malheureusement mal documentée. Le personnel chargé de contrôler aux frontières les lots importés devrait être mieux formé pour l'identification des espèces d'oiseaux de cage, de rongeurs et de reptiles (Rosen and Smith, 2010). De plus, si la réglementation du commerce international des animaux de rente a été conçue en partie pour protéger le caractère indemne des pays importateurs vis-à-vis de certaines maladies, ce n'est pas le cas pour la réglementation du commerce international des animaux sauvages, conçue pour protéger les espèces menacées (Fèvre *et al.*, 2006). À leur arrivée dans l'UE, l'état de santé et les conditions d'hébergement de ces animaux devraient être systématiquement contrôlés.

Les arbovirus ont souvent un spectre d'hôtes large, une caractéristique qui pourrait être soumise à une pression de sélection positive (Woolhouse *et al.*, 2001), spécialement dans un contexte de perte globale de biodiversité. Cette diversité d'hôtes n'est que partiellement connue et des études de terrain permettent régulièrement d'identifier de nouvelles espèces d'hôtes d'arbovirus (par exemple pour EEEV, lire Arrigo *et al.* (2010), Graham *et al.* (2012) ou White *et al.* (2011)). Dans le futur, l'augmentation de la diversité spécifique des animaux importés pourrait donc avoir un impact important sur l'introduction d'arbovirus dans l'UE.

## Remerciements

Nous remercions la commission européenne, DG santé et consommateurs (Alf Fuessel, Kaido Kroon, Frank Juschus) pour nous avoir mis à disposition un extrait de la base de données TRACES. Cette étude a été financée par le réseau d'excellence EPIZONE, projet 016236/FP6-2004-Food-3-A, « Implementation of a surveillance network on exotic equine encephalitis viruses in Europe ».

## Références bibliographiques

Anonymous, 2007. CLC 2006 Technical Guidelines., EEA Technical report, n° 17. European Environment Agency, Copenhaguen.

Anses, 2012. Risques d'introduction et de diffusion d'agents pathogènes exotiques en France métropolitaine et sur des propositions de mesures pour réduire ces risqué. Rapport d'expertise collective, 223 p.

Arrigo, N.C., Adams, A.P., Watts, D.M., Newman, P.C., Weaver, S.C., 2010. Cotton rats and house sparrows as hosts for North and South American strains of eastern equine encephalitis virus. Emerg Infect Dis 16, 1373–1380. doi:10.3201/eid1609.100459

Bakonyi, T., Ivanics, E., Erdélyi, K., Ursu, K., Ferenczi, E., Weissenböck, H., Nowotny, N., 2006. Lineage 1 and 2 strains of encephalitic West Nile virus, central Europe. Emerg. Infect. Dis. 12, 618–623. doi:10.3201/eid1204.051379

Barzon, L., Pacenti, M., Franchin, E., Lavezzo, E., Martello, T., Squarzon, L., Toppo, S., Fiorin, F., Marchiori, G., Russo, F., Cattai, M., Cusinato, R., Palu, G., 2012. New endemic West Nile virus lineage 1a in northern Italy, July 2012. Euro Surveill. Bull. Eur. Sur Mal. Transm. Eur. Commun. Dis. Bull. 17.

Calzolari, M., Gaibani, P., Bellini, R., Defilippo, F., Pierro, A., Albieri, A., Maioli, G., Luppi, A., Rossini, G., Balzani, A., Tamba, M., Galletti, G., Gelati, A., Carrieri, M., Poglayen, G., Cavrini, F., Natalini, S., Dottori, M., Sambri, V., Angelini, P., Bonilauri, P., 2012. Mosquito, bird and human surveillance of West Nile and Usutu viruses in Emilia-Romagna Region (Italy) in 2010. PloS One 7, e38058. doi:10.1371/journal.pone.0038058

Durand, B., Lecollinet, S., Beck, C., Martínez-López, B., Balenghien, T., Chevalier, V., 2013. Identification of Hotspots in the European Union for the Introduction of Four Zoonotic Arboviroses by Live Animal Trade. PLoS One 8, e70000. doi:10.1371/journal.pone.0070000

Engler, M., Parry-Jones, R., 2007. Opportunity or threat, the role of the European Union in the global wildlife trade. TRAFFIC Eur. Bruss. Belg. 52 p.

Fèvre, E.M., Bronsvoort, B.M. de C., Hamilton, K.A., Cleaveland, S., 2006. Animal movements and the spread of infectious diseases. Trends Microbiol 14, 125–131. doi:10.1016/j.tim.2006.01.004

Gallego, F.J., 2010. A population density grid of the European Union. Popul. Environ. 31, 460–473.

Gjenero-Margan, I., Aleraj, B., Krajcar, D., Lesnikar, V., Klobučar, A., Pem-Novosel, I., Kurečić-Filipović, S., Komparak, S., Martić, R., Duričić, S., Betica-Radić, L., Okmadžić, J., Vilibić-Čavlek, T., Babić-Erceg, A., Turković, B., Avsić-Županc, T., Radić, I., Ljubić, M., Sarac, K., Benić, N., Mlinarić-Galinović, G., 2011. Autochthonous dengue fever in Croatia, August-September 2010. Euro Surveill 16, 1-4.

Gould, E.A., Gallian, P., Lamballerie, X.D., Charrel, R.N., 2010. First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality! Clin Microbiol Infect 16, 1702–1704. doi:10.1111/j.1469-0691.2010.03386.x

Graham, S.P., Hassan, H.K., Chapman, T., White, G., Guyer, C., Unnasch, T.R., 2012. Serosurveillance of eastern equine encephalitis virus in amphibians and reptiles from Alabama, USA. Am J Trop Med Hyg 86, 540–544. doi:10.4269/ajtmh.2012.11-0283

Hoffmann, B., Scheuch, M., Höper, D., Jungblut, R., Holsteg, M., Schirrmeier, H., Eschbaumer, M., Goller, K.V., Wernike, K., Fischer, M., Breithaupt, A., Mettenleiter, T.C., Beer, M., 2012. Novel orthobunyavirus in Cattle, Europe, 2011. Emerg Infect Dis 18, 469–472. doi:10.3201/eid1803.111905

Humblet, M.-F., Vandeputte, S., Albert, A., Gosset, C., Kirschvink, N., Haubruge, E., Fecher-Bourgeois, F., Pastoret, P.-P., Saegerman, C., 2012. Multidisciplinary and evidence-based method for prioritizing diseases of food-producing animals and zoonoses. Emerg Infect Dis 18. doi:10.3201/eid1804.111151

Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., Daszak, P., 2008. Global trends in emerging infectious diseases. Nature 451, 990–993. doi:10.1038/nature06536

Liljenstolpe, C., 2009. Horses in Europe. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Murgue, B., Murri, S., Zientara, S., Durand, B., Durand, J.P., Zeller, H., 2001. West Nile outbreak in horses in southern France, 2000: the return after 35 years. Emerg Infect Dis 7, 692–696. doi:10.3201/eid0704.010417

Pages, N., Huber, K., Cipriania, M., Chevalier, V., Conraths, F.J., Goffredo, M., Balenghien, T., 2009. Scientific report submitted to EFSA: scientific review on mosquitoes and mosquito-borne diseases. European Food Safety Authority, Parma.

Rezza, G., Nicoletti, L., Angelini, R., Romi, R., Finarelli, A.C., Panning, M., Cordioli, P., Fortuna, C., Boros, S., Magurano, F., Silvi, G., Angelini, P., Dottori, M., Ciufolini, M.G., Majori, G.C., Cassone, A., group, C.H.I.K.V. study, 2007. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. Lancet 370, 1840–1846.

Rosen, G.E., Smith, K.F., 2010. Summarizing the evidence on the international trade in illegal wildlife. Ecohealth 7, 24–32. doi:10.1007/s10393-010-0317-y

Saegerman, C., Mellor, P., Uyttenhoef, A., Hanon, J.-B., Kirschvink, N., Haubruge, E., Delcroix, P., Houtain, J.-Y., Pourquier, P., Vandenbussche, F., Verheyden, B., De Clercq, K., Czaplicki, G., 2010. The most likely time and place of introduction of BTV8 into Belgian ruminants. PloS One 5, e9405. doi:10.1371/journal.pone.0009405

Simpson, E.H., 1949. Measurement of Diversity. Nature 163, 688.

Suk, J.E., Semenza, J.C., 2011. Future infectious disease threats to Europe. Am J Public Health 101, 2068–2079. doi:10.2105/AJPH.2011.300181

Taylor, L.H., Latham, S.M., Woolhouse, M.E., 2001. Risk factors for human disease emergence. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 356, 983–989. doi:10.1098/rstb.2001.0888

Toussaint, J.-F., Sailleau, C., Mast, J., Houdart, P., Czaplicki, G., Demeestere, L., VandenBussche, F., Dessel, W. van, Goris, N., Bréard, E., Bounaadja, L., Etienne, T., Zientara, S., Clercq, K.D., 2007. Bluetongue in Belgium, 2006. Emerg Infect Dis 13, 614–616. doi:10.3201/eid1304.061136

Weissenböck, H., Bakonyi, T., Rossi, G., Mani, P., Nowotny, N., 2013. Usutu Virus, Italy, 1996. Emerg. Infect. Dis. 19, 274–277. doi:10.3201/eid1902.121191

Weissenböck, H., Kolodziejek, J., Url, A., Lussy, H., Rebel-Bauder, B., Nowotny, N., 2002. Emergence of Usutu virus, an African mosquito-borne flavivirus of the Japanese encephalitis virus group, central Europe. Emerg. Infect. Dis. 8, 652–656. doi:10.3201/eid0807.020094

Weiss, R.A., McMichael, A.J., 2004. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. Nat Med 10, S70–S76. doi:10.1038/nm1150

White, G., Ottendorfer, C., Graham, S., Unnasch, T.R., 2011. Competency of reptiles and amphibians for eastern equine encephalitis virus. Am J Trop Med Hyg 85, 421–425. doi:10.4269/ajtmh.2011.11-0006

Woolhouse, M.E.J., Gowtage-Sequeria, S., 2005. Host range and emerging and reemerging pathogens. Emerg Infect Dis 11, 1842–1847. doi:10.3201/eid1112.050997

Woolhouse, M.E., Taylor, L.H., Haydon, D.T., 2001. Population biology of multihost pathogens. Science 292, 1109–1112.

Zeller, H., 2012. Is Japanese encephalitis emerging in Europe? Euro Surveill. Bull. Eur. Sur Mal. Transm. Eur. Commun. Dis. Bull. 17.

# La fièvre de West Nile dans le Bassin méditerranéen

Annelise Tran (1) (annelise.tran@cirad.fr), Shlomit Paz (2), Jan Semenza (3), Bertrand Sudre (3), Véronique Chevalier (1)

(1) Cirad, UPR Animal et gestion intégrée des risques (AGIRs), Montpellier, France
(2) Department of Geography and Environmental Studies, University of Haifa, Mt. Carmel, Haifa, Israel
(3) European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, Suède

**Résumé**

**La fièvre West Nile est une maladie virale transmise à l'Homme et au cheval par les moustiques. Les hôtes réservoirs sont des oiseaux sauvages, essentiellement des passereaux. En Europe, l'incidence des cas neurologiques humains et équins a brutalement augmenté dans les années 2000, en particulier à partir de 2010. L'étude présentée ici montre qu'une température excessive en juillet, une anomalie positive de l'indice d'eau à différence normalisée modifié en juin, la présence de zones humides, de couloirs migratoires aviaires, l'occurrence d'une épidémie l'année précédente et la densité de population humaine sont des facteurs de risque d'occurrence de la maladie. Une large part de la variabilité de l'intensité de transmission du virus West Nile en Europe dépend donc des conditions environnementales. Néanmoins, d'autres facteurs entrent en jeu, tels que la densité des oiseaux ou les préférences trophiques des moustiques vecteurs présents. Ces facteurs devront être pris en compte dans l'avenir pour améliorer les performances des modèles prédictifs et ainsi permettre la mise en place d'une surveillance ciblée dans le temps et l'espace, ou de mesures de prévention appropriées.**

**Mots-clés**

**Virus West Nile, fièvre du Nil Occidental, déterminants environnementaux, épidémiologie, télédétection, carte de risque**

***Abstract***

***West Nile fever in the Mediterranean Basin***

***West Nile fever is a viral disease transmitted to humans and horses by mosquitoes. The host reservoirs are wild birds, mostly passerines. In Europe, the incidence of neurological cases in humans and horses has dramatically increased since 2000, especially since 2010. This study shows that unusually high temperatures in July, a positive anomaly in the Modified Normalised Difference Water Index in June, the presence of wetlands and migration corridors, the occurrence of an epidemic the previous year and the density of the human population are all risk factors affecting the occurrence of the disease. A large part of the variability in the intensity of transmission of West Nile virus in Europe therefore depends on environmental conditions. Nevertheless, other factors also apply, such as the density of the bird population or the feeding preferences of the vector concerned. These factors need to be taken into account in the future to improve the performance of predictive models and thus enable the implementation of surveillance targeted in time and space, or appropriate prevention measures.***

***Keywords***

***West Nile virus, Environmental determinants, Epidemiology, Remote sensing, Risk map***

Transmis par des moustiques du genre *Culex*, le virus West Nile (VWN), ou virus du Nil Occidental, est un flavivirus à l'origine d'une zoonose (Campbell *et al.*, 2002). Les hôtes réservoirs sont des oiseaux sauvages, essentiellement des passereaux. L'Homme et le Cheval peuvent être infectés mais sont considérés comme des « impasses épidémiologiques » (Bunning *et al.*, 2001 ; Dauphin *et al.*, 2004). La plupart des cas humains et équins sont asymptomatiques. Néanmoins, près de 30 % des personnes infectées présentent des symptômes allant d'un simple syndrome grippal à un syndrome encéphalitique avec un taux de létalité pouvant atteindre 17 % (Rossi *et al.*, 2010; Sambri *et al.*, 2013) ; 10 % des chevaux infectés présentent des signes neurologiques (Castillo-Olivares and Wood, 2004; Gardner *et al.*, 2007). De nos jours, le VWN est le flavivirus dont la répartition est la plus large, couvrant l'Afrique, l'Eurasie et les Amériques.

Introduit sur le continent américain en 1999, le VWN a envahi les États-Unis d'est en ouest en quelques années. Il y est maintenant endémique, et présent jusqu'au sud de l'Argentine. Entre 1999 et 2010, près de 1,8 million de personnes ont été infectées et plus de 12 000 cas d'encéphalites et/ou méningites ont été recensés, dont 1 308 ont été fatals (Kilpatrick, 2011).

En Europe, le virus est signalé dans le Bassin Méditerranéen depuis les années 1960, et ce, sans conséquences notables sur la santé humaine ou animale. En effet les cas humains ou équins étaient jusqu'alors causés par la souche de lignée 1a, et caractérisés par une pathogénicité modérée chez l'Homme et le cheval, et très limitée ou inexistante chez les oiseaux sauvages (Calistri *et al.*, 2010). Mais l'incidence des cas neurologiques humains et équins a brutalement augmenté dans les années 2000, en particulier à partir de 2010 (ECDC, 2013). Qui plus est, la lignée 2, jusqu'alors confinée au sud du Sahara, a été récemment détectée en Europe de l'Ouest et Centrale (Hongrie) (Bakoni *et al.*, 2005a), Autriche (Bakoni *et al.*, 2005b), Grèce (Papa *et al.*, 2012), Italie (Savini *et al.*, 2012). L'épidémie majeure qui a éclaté en Macédoine et en Grèce en 2010 était due à cette même lignée (Chaintoutis *et al.*, 2013; Papa *et al.*, 2011). Les épidémies des étés 2011 et 2012 ont éclaté dans les mêmes localisations qu'en 2010 – sauf en Espagne, et avec toutefois une extension à l'Ukraine, aux Balkans, à la Tunisie et à l'Algérie (Figure 1). Comme en 2010, la plupart des cas ont été détectés entre fin juillet et fin septembre. En 2013, l'Italie, l'Europe Centrale (Hongrie, Roumanie, République Tchèque et Serbie), la Russie et la Tunisie étaient de nouveau touchées (Di Sabatino *et al.*, 2014; Rudolf *et al.*, 2014).

La plupart des pays européens ont mis en place une surveillance, passive ou active. Néanmoins, les épidémies/épizooties demeurent imprévisibles, que ce soit dans le temps ou dans l'espace. Une précédente étude avait montré que des températures excessives favorisaient leur déclenchement (Paz S, 2013). L'objectif de l'étude brièvement présentée ici était de tester l'influence de certaines variables environnementales sur le risque de transmission de la maladie de West Nile en Europe.

## Méthode

L'effet des variables environnementales et climatiques susceptibles d'avoir une influence sur la circulation virale a été testé à l'échelle du district (n=1 113 unités spatiales) sur une étendue géographique incluant les districts des pays touchés en Europe centrale et de l'Est ainsi que des pays du pourtour méditerranéen (Figure 2). Pour chaque année, un district a été qualifié d'« infecté » si un cas humain avait été répertorié, de « non infecté » dans la situation inverse. Les données de 2002 à 2011 ont été utilisées pour construire le modèle et les données 2012 et 2013 pour le valider.

La probabilité pour un district d'être infecté a été estimée par un modèle logistique, avec le statut « infecté/non infecté » comme variable à expliquer et la densité de population humaine, la présence

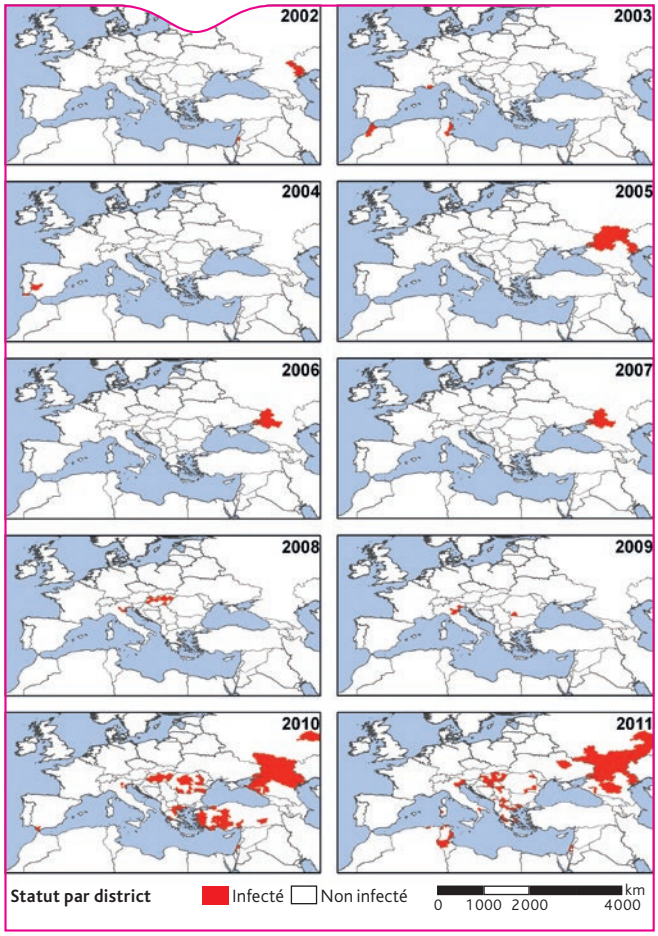


**Figure 1. Localisation des épidémies humaines de fièvre West Nile en Europe et dans les pays voisins, entre 2002 et 2011**

de zones humides, la présence de routes migratoires aviaires, les anomalies de température, ainsi que d'indices d'eau et de végétation calculés à partir d'images satellitales, en variables explicatives. L'occurrence d'une épidémie l'année précédente a été également été prise en compte (Monaco *et al.*, 2011). Les données de population humaine pour chaque district ont été extraites de bases de données européennes et mondiales [22, 23]. Les couloirs de migration des passereaux ont été digitalisés de manière à classer les districts (survolés ou non par des migrations d'oiseaux) (SEEN, 2013) (Figure 2). La présence ou l'absence de zones humides a été définies à partir du Service d'information des sites Ramsar (Convention sur les zones humides d'importance internationale) (RAMSAR, 2013) (Figure 2). Trois variables environnementales ont été testées: la température, l'indice NDVI (indice de végétation à différence normalisée) reflétant l'état de la végétation, et un indice relatif à l'état des surfaces en eau, le MNDWI (indice d'eau à différence normalisée modifié), ces deux indices étant calculés par imagerie satellitale (MODIS) (Calistri *et al.*, 2013; DeGroote *et al.*, 2008). En effet, il a été montré que la température favorisait l'occurrence d'épidémies en Europe et aux États-Unis (Paz S, 2013). De même, le NDVI utilisé comme indicateur du couvert végétal qui lui même favorise l'émergence des populations de moustiques a été identifié comme facteur de risque aux États-Unis (Chuang and Wimberly, 2012). Enfin, la présence de surfaces en eau favorise également la croissance de ces mêmes populations.

Pour chaque district, chaque année et chaque mois, l'anomalie de chacun de ces trois indicateurs par rapport à leurs valeurs moyennes sur le long terme a été calculée. Ce calcul permet de quantifier les différences interannuelles à une même période donnée.

## Analyses statistiques

L'effet de chaque variable explicative sur le statut des districts a d'abord été testé. Les variables dont l'effet était significatif ($p < 0.05$, seuil de significativité choisi petit en raison du grand nombre de

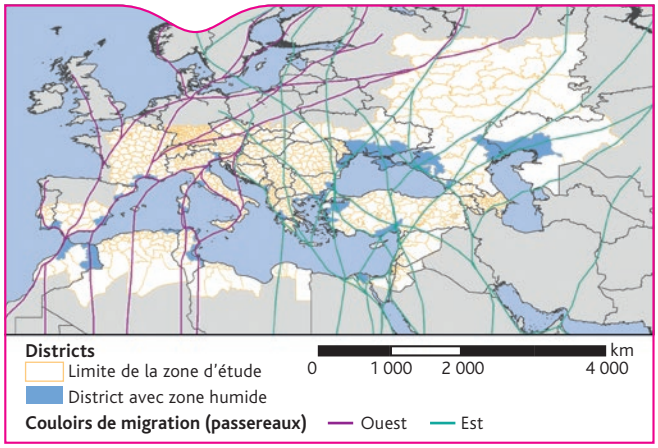


**Figure 2. Zone d'étude: limites des districts inclus dans l'analyse, présence de zones humides, localisation des couloirs de migrations aviaires.**

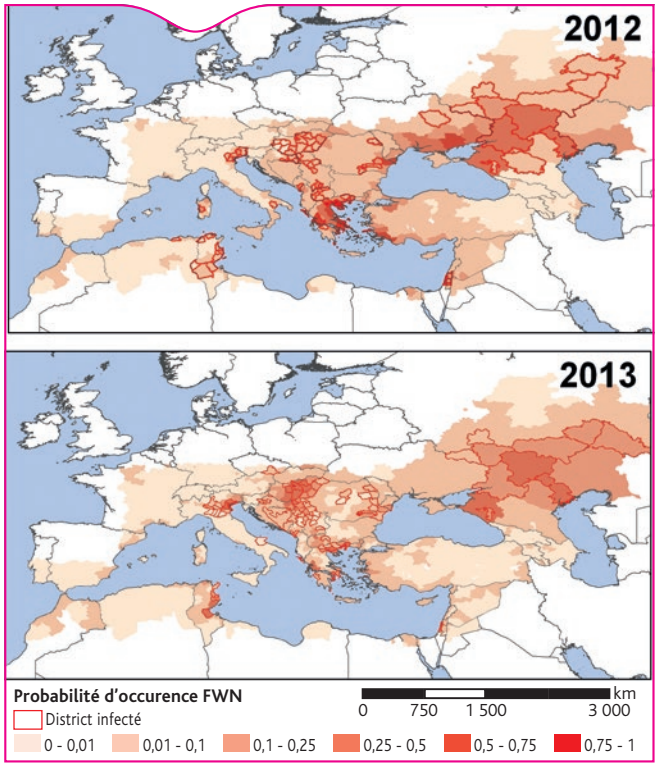


**Figure 3. Probabilité prédite par le modèle du risque d'infection par le VWN par district, en 2012 et 2013**

variables explicatives significatives identifiées par l'analyse univariée) ont été conservées pour l'analyse multivariée. Le meilleur modèle a été identifié grâce au critère d'information d'Akaike (AIC) (Burnham and Anderson, 2004). Une procédure « bootstrap » (1 000 réplicats) a ensuite été utilisée pour estimer l'intervalle de confiance à 95 % (95 % CI) des coefficients du modèle en sélectionnant au hasard dans le jeu de données initial (1 113 districts) et à chaque pas de temps, 90 % des districts infectés entre 2002 et 2011 (n=98) et 90 % des non -infectés (n=903).

Le modèle final a été validé en interne (sur les données qui ont servi à construire le modèle, c'est-à-dire les données de 2002 à 2011) et en externe (données 2012 et 2013) par une analyse de la courbe de ROC, puis utilisé pour construire des cartes de la probabilité d'occurrence de la FWN en Europe et dans les pays voisins.

## Résultats et discussion

Les facteurs identifiés comme à risque pour l'occurrence de cas de FWN dans un district sont les suivants: une température excessive en juillet, une anomalie positive de MNDWI début juin, la présence de zones humides, de couloirs migratoires, l'occurrence d'une épidémie

l'année précédente et densité de population humaine. Toutes ces variables sont corrélées positivement et significativement (p<0,01) à la présence de cas.

Le modèle statistique ainsi obtenu permet de prédire pour chaque district et chaque année la probabilité d'occurrence de cas, avec de très bonnes valeurs prédictives à la fois en validation interne (sur les données 2002-2011, ROC AUC = 0,85) et en validation externe (sur les données 2012, ROC AUC = 0,82 et 2013 : ROC AUC = 0,85). La Figure 3 représente la probabilité prédite d'infection par le VWN par district en 2012 et 2013. Ces cartes mettent en évidence une forte hétérogénéité spatiale du risque de FWN en Europe.

Ainsi, notre étude confirme les résultats de Paz. *et al*. (2013) sur l'importance des températures excessives en été dans l'occurrence d'épidémies de FWN en Europe, et permet d'identifier des facteurs de risque supplémentaires. Le fait que l'existence dans un district l'année *n-1* soit facteur de risque l'année *n* supporte l'hypothèse que le VWN est capable de survivre localement après une première introduction, probablement chez des moustiques infectés en dormance (moustiques adultes en diapause durant l'hiver, c'est le cas des espèces de moustiques du genre *Culex*), ou bien par transmission trans-ovarienne (pour les espèces du genre *Aedes*). Le rôle des zones humides (présence, et anomalies de l'indice d'eau MNDWI) dans la transmission du virus reflète également le rôle des moustiques dans la transmission, suggérant que la présence d'eau avec des surfaces plus élevées que la moyenne en début d'été, favorisant la prolifération des moustiques, est un facteur déclencheur d'une épidémie. Cependant, des données entomologiques de terrain sont nécessaires pour mieux comprendre ces relations entre les zones en eau, la dynamique des vecteurs et celle du VWN.

Comme pour la plupart des études épidémiologiques, les résultats dépendent de la qualité des jeux de données initiaux, qui dépend des performances des systèmes de surveillance dont ces donnés sont issues. Pour limiter les biais, nous avons utilisé les données en présence/absence plutôt que les taux d'incidence, ainsi que le « bootstraping » pour construire les intervalles de confiance. L'harmonisation des systèmes de surveillance européens permettrait à l'avenir d'améliorer la qualité de ces données et donc la fiabilité des résultats des études épidémiologiques.

Enfin ces résultats montrent qu'une large part de la variabilité de l'intensité de transmission du VWN en Europe dépend des conditions environnementales. Néanmoins, d'autres facteurs entrent en jeu tels que l'abondance des réservoirs et des vecteurs. En effet, la transmission de la FWN et son intensité dépendent de la co-occurrence dans le temps et l'espace des hôtes –les oiseaux- et des vecteurs : la répartition et la densité des oiseaux potentiellement réservoirs, la saisonnalité et la géographie de leur migrations, la structuration du paysage, les préférences trophiques du vecteur présent, ainsi que de la capacité des hôtes à être réservoir de la maladie, devront être pris en compte pour affiner ces modèles et améliorer leur capacité prédictive (Chevalier *et al.*, 2009).

## Références bibliographiques


Bakoni, T., Hubalek, Z., Rudolf, I., Nowotny, N., 2005a. Novel flavivirus or new lineage of West Nile virus, central Europe. Emerg Inf Dis 11, 225-231.

Bakoni, T., Ivanics, E., Erdélyi, K., Ursu, K., Ferenczi, E., Weissenböck, H., Nowotny, N., 2005b. Lineage 1 and 2 strains of encephalitic West Nile virus, central Europe. Emerg Infect Dis 12, 618-623.

Bunning, M.L., Bowen, R.A., Cropp, B., Sullivan, K., Davis, B., Komar, N., Godsey, M., Baker, D., Hettle, D., Holmes, D., Mitchell, C.J., 2001. Experimental infection of horses with West Nile virus and their potential to infect mosquitoes and serve as amplifying hosts. Ann NY Acad Sci 951, 338-339.

Burnham, K., Anderson, D., 2004. Multi model inference. Understanding AIC and BIC in model selection. Soc. Meth. Res 33, 261-304.

Calistri, P., Giovannini, A., Hubalek, Z., Ionescu, A., Monaco, F., Savini, G., Lelli, R., 2010. Epidemiology of West Nile in Europe and in the Mediterranean Basin. The Open Virology journal 4, 29-37.

Calistri, P., Ippoliti, C., Candeloro, L., Benjelloun, A., El Harrak, M., Bouchra, B., Danzetta, M., Di Sabatino, D., Conte, A., 2013. Analysis of climatic and environmental variables associated with the occurrence of West Nile virus in Morocco. Prev Vet Med 110, 549-553.

Campbell, G.L., Marfin, A.A., Lanciotti, R.S., Gubler, D.J., 2002. West Nile virus. Lancet Infect Dis 2, 519-529.

Castillo-Olivares, J., Wood, J., 2004. West Nile virus infection of horses. Vet Res, 467-483.

Chaintoutis, S., Chaskopoulou, A., Chassalevris, T., Koehler, P., Papanastassopoulou, M., Dovas, C., 2013. West Nile virus lineage 2 strain in Greece, 2012. Emerg Infect Dis 19, 827-829.

Chevalier, V., Reynaud, P., Lefrançois, T., Durand, B., Baillon, F., Balança, G., Gaidet, N., Mondet, B., Lancelot, R., 2009. Predicting West Nile virus seroprevalence in wild birds in Senegal. Vector Borne Zoonotic Dis 9, 589-596.

Chuang, T., Wimberly, M., 2012. Remote sensing of climatic anomalies and West Nile virus incidence in the northern Great Plains of the United States. PLoS One 7, e46882.

Dauphin, G., Zientara, S., Zeller, H., Murgue, B., 2004. West Nile: worldwide current situation in animals and humans. Comp Immunol Microbiol Infect Dis 27, 343-355.

DeGroote, J., Sugumaran, R., Brend, S., Tucker, B., Bartholomay, L., 2008. Landscape, demographic, entomological, and climatic associations with human disease incidence of West Nile virus in the state of Iowa, USA. Int J Health Geogr 7. doi: 10.1186/1476-072X-7-19.

Di Sabatino, D., Bruno, R., Sauro, F., Danzetta, M., Cito, F., Iannetti, S., Narcisi, V., De Massis, F., Calistri, P., 2014. Epidemiology of West Nile disease in Europe and in the Mediterranean Basin from 2009 to 2013. Biomed Res Int. 907852.

ECDC 2013. West Nile fever maps (European Center for Disease Prevention and Control).

Gardner, I., Wong, S., Ferraro, G., Balasuriya, U., Hullinger, P., Wilson, W., Shi, P., MacLachlan, N., 2007. Incidence and effects of West Nile virus infection in vaccinated and unvaccinated horses in California. Vet Res 38, 109-116.

Kilpatrick, A., 2011. Globalization, land use, and the invasion of West Nile virus. Science 21, 323-327.

Monaco, F., Savini, G., Calistri, P., Polci, A., Pinoni, C., Bruno, R., Lelli, R., 2011. West Nile disease epidemic in Italy: first evidence of overwintering in Western Europe? Res Vet Sci 91, 321-326.

Papa, A., Bakonyi, T., Xanthopoulou, K., Vázquez, A., Tenorio, A., Nowotny, N., 2011. Genetic characterization of West Nile virus lineage 2, Greece, 2010. Emerg Infect Dis 17, 920–922.

Papa, A., Politis, C., Tsoukala, A., Eglezou, A., Bakaloudi, V., Hatzitaki, M., Tsergouli, K., 2012. West Nile virus lineage 2 from blood donor, Greece. Emerg Infect Dis 18(4), 688-689.

Paz S, M.D., Green MS, Tsioni G, Papa A, Danis K, Sirbu A, Ceianu C, Katalin K, Ferenczi E, Zeller H, Semenza JC., 2013. Permissive summer temperatures of the 2010 European West Nile fever upsurge. Plos One 8, e56398.

RAMSAR 2013. Ramsar information information service. [http://www.ramsar.org]

Rossi, S., Ross, T., Evans, J., 2010. West Nile virus. Clin Lab Med. 30, 47-65.

Rudolf, I., Bakonyi, T., Sebesta, O., Mendel, J., Peško, J., Betášová, L., Blažejová, H., Venclíková, K., Straková, P., Nowotny, N., Hubálek, Z., 2014. West Nile virus lineage 2 isolated from Culex modestus mosquitoes in the Czech Republic, 2013: expansion of the European WNV endemic area to the North? Euro Surveill 19, 2-5.

Sambri, V., Capobianchi, M., Charrel, R., Fyodorova, M., Gaibani, P., Gould, E., Niedrig, M., Papa, A., Pierro, A., Rossini, G., Varani, S., Vocale, C., Landini, M., 2013. West Nile virus in Europe: emergence, epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. Clin Microbiol and Inf 19, 699-704.

Savini, G., Capelli, G., Monaco, F., Polci, A., Russo, F., Di Gennaro, A., Marini, V., Teodori, L., Montarsi, F., Pinoni, C., Pisciella, M., Terregino, C., Marangon, S., Capua, I., Lelli, R., 2012. Evidence of West Nile virus lineage 2 circulation in Northern Italy. Vet Microbiol 158, 267-273.

SEEN 2013. Migration flyways of western paleartic passerines. South Eastern European bird migration Network. www.seen-net.eu/

# Brève. Importation d'un cas de surra en France par un dromadaire en 2006
## *Short item. Importation of surra via a camel in France in 2006*

Pascal Hendrikx (1) (pascal.hendrikx@anses.fr), Louis Touratier (2)

(1) Anses, Direction des laboratoires, Unité de coordination et d'appui à la surveillance, Maisons-Alfort, France
(2) Coordinateur du groupe des trypanosomoses animales non-transmises par les glossines (*NTTAT group*), S/C Organisation mondiale de la santé animale, Paris, France

**Mots-clés : Surra, *Trypanosoma evansi*, Dromadaire/*Keywords : Surra*, Trypanosoma evansi, *Camels***

Le surra est une maladie provoquée par un parasite sanguin, *Trypanosoma evansi* (Figure 1) protozoaire flagellé présent dans la plupart des zones tropicales du monde (Afrique, Asie, Amérique latine). Il affecte les dromadaires, les ruminants, les chevaux, les porcs, certains rongeurs et occasionnellement les carnivores. Ce trypanosome est transmis de façon mécanique par des tabanidés et des stomoxes. La vection mécanique a pour conséquence une diffusion de la maladie étroitement liée aux mouvements d'animaux infectés chroniques. C'est ainsi que serait expliquée la contamination de l'Amérique latine, de l'Asie du Sud-Est et, plus récemment des Iles Canaries par l'intermédiaire de dromadaires importés d'Afrique.

En octobre 2006, un cas de surra a été diagnostiqué pour la première fois en Europe continentale dans le département de l'Aveyron (France) (Desquesnes *et al.*, 2008). Il s'agissait d'un dromadaire faisant partie d'un lot de cinq animaux de la même espèce, importé des Iles Canaries début juillet 2006 d'un fournisseur ayant lui-même importé récemment et illégalement, sans effectuer de quarantaine prélable, des dromadaires de Mauritanie, dans une ferme détenant déjà huit autres dromadaires et comprenant également un élevage de 350 ovins de race Lacaune. Ce dromadaire a présenté des signes de faiblesse, de fatigue et d'inappétence, et est mort deux semaines plus tard. Des prélèvements sanguins analysés au laboratoire départemental de Rodez, puis confirmés au Cirad à Montpellier, ont révélé la présence de trypanosomes dans le sang de cet animal. Cinq autres dromadaires de l'élevage (deux importés et deux élevés localement) ont ensuite également présenté des résultats parasitologiques positifs.

Sur les bases d'un avis de l'Afssa (Afssa, 2006) tous les dromadaires de l'élevage ont été traités au moins à trois reprises entre octobre 2006 et janvier 2007 avec au moins deux trypanocides (mélarsomine (Cymelarsan ND) et quinapyramine (Triquin ND)) avec un contrôle d'efficacité du traitement fondé sur une recherche mensuelle de l'infection à l'aide de tests parasitologiques et sérologiques pendant au moins dix-huit mois.

Au cours des séries mensuelles de tests sur les douze dromadaires de l'exploitation, l'un d'eux, dénommé « Paco », a donné de nouveau une réponse positive (parasitémie et sérologie) le 30 août 2007 alors que tous les autres étaient demeurés négatifs. Tous les dromadaires de l'exploitation ont alors subi de nouveau des traitements trypanocides le 30 août 2007 à la mélarsomine et en octobre à la quinapyramine.

Les mesures d'abattage préconisées début 2008 par la DGAL en application de l'arrêté ministériel du 20 novembre 2007 n'ont pu être mises en application en raison des procédures de contestation intentées par l'éleveur. Le suivi diagnostique mis en place sur les dromadaires de l'élevage s'est donc poursuivi et n'a donné aucun résultat positif au cours des deux années qui ont suivi, ce qui a conduit la DGAL, sur la base d'un nouvel avis de l'Afssa (Afssa, 2010) à surseoir à l'abattage des dromadaires initialement infectés et à prolonger le suivi diagnostique pendant encore deux années supplémentaires, au cours desquelles aucun dromadaire n'a montré de signe d'infection.

Parallèlement, au début de l'épisode, des brebis Lacaune de la même exploitation ont été contaminées par *Trypanosoma evansi*, ce qui a été confirmé par des résultats positifs en sérologie et par PCR, mais sans mise en évidence de parasitémie. Une expérimentation fondée sur la contamination de brebis Lacaune par *T. evansi*, conduite par l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse n'a pas non plus permis de mettre en évidence une parasitémie (Jacquiet et Desquesnes, 2008). Par ailleurs, une éventuelle infection latente des brebis par *T. evansi* n'a pu être démontrée. Les ovins n'ont donc manifestement pas joué un rôle épidémiologique dans ce foyer aveyronnais (cul-de-sac épidémiologique).

Cet événement sanitaire a confirmé la diffusion du surra à grande distance par des importations d'animaux et a démontré la possibilité d'établissement d'un cycle de transmission de *T. evansi* par des vecteurs autochtones en France (tabanidés et *Stomoxys calcitrans*). Elle pointe ainsi du doigt la nécessité, pour l'importation des camélidés, de mettre en place les mesures permettant de garantir leur statut sanitaire vis-à-vis de *T. evansi* ce qui n'est actuellement pas le cas pour les échanges intracommunautaires. Le recensement et l'identification du cheptel camelin présent en France permettant éventuellement la mise en place d'un dépistage sont également des mesures qui devraient permettre une meilleure maîtrise du risque.

Ce foyer montre aussi la difficulté à gérer une situation sanitaire nouvelle lorsque tous les mécanismes épidémiologiques ne sont pas maîtrisés par les acteurs de la santé animale du fait de l'absence d'expertise dans le domaine. La résurgence de parasitémie chez l'un des dromadaires infecté a fait craindre au maintien d'une circulation de l'infection au sein du foyer, avant que la mise en cause d'un probable sous-dosage des produits trypanocides lors des premiers traitements ait été incriminée pour expliquer cette résurgence. Le dromadaire « Paco » a finalement été abattu début 2014 sur ordre de son propriétaire, sans aucun nouveau diagnostic parasitologique positif. Son autopsie n'a pas été rendue possible, il emporte donc avec lui le secret de sa résurgence.

## Références bibliographiques

Afssa, 2006. Avis 2006-SA-0321 sur un plan d'action d'éradication et de lutte contre la diffusion de *Trypanosoma evansi* en raison d'un foyer de Surra détecté en Aveyron et sur le risque de contamination humaine à partir de ce foyer.

Afssa, 2010. Avis 2010-SA-0094 relatif à une réévaluation du niveau de risque de résurgence d'un foyer de Surra dans l'Aveyron.

De La Rocque, S., Balenghien, T., Halos, L., Dietze, K., Claes, F., Ferrari, G., Guberti, V., Slingenbergh, J., 2011. A review of trends in the distribution of vector-borne diseases: is international trade contributing to their spread? Rev Sci Tech. OIE 30(1):119-30.

Desquesnes, M., Bossard, G., Patrel, D., Herder, S., Patout, O., Lepetitcolin, E., Thevenon, S., Berthier, D., Pavlovic, D., Brugidou, R., Jacquiet, P., Schelcher, F., Faye, B., Touratier, L., Cuny, G., 2008. First outbreak of *Trypanosoma evansi* in camels in metropolitan France. Vet Rec. Jun 7;162(23) :750-2.

Jacquiet, P., Desquesnes, M., 2008. Apparition et développement d'une maladie tropicale en France : la trypanosomose à *Trypanosoma evansi*. Quels dangers pour le cheptel français ? Recueil des Journées nationales SNGTV 2008, 791-798.

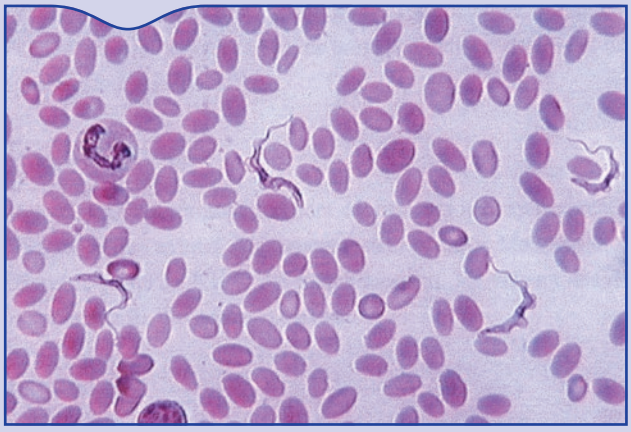

**Figure 1.** ***Trypanosoma evansil*** **(photo L. Touratier)**

# Brève. Existe-t-il un risque d'installation d'une nouvelle espèce de *Leishmania* en France méditerranéenne ?

## *Short item. Is there a risk of establishment of a second* Leishmania *species in Southern France ?*

Jean-Pierre Dedet (parasito@univ-montp1.fr), Francine Pratlong, Patrick Bastien (patrick.bastien@univ-montp1.fr)

Université Montpellier 1 et CHRU de Montpellier, Centre national de référence des leishmanioses et UMR « MiVEGEC » (CNRS 5290 - IRD 224 - Universités Montpellier 1 & 2), Montpellier, France

**Mots clés : Leishmanioses, *Leishmania infantum*, *L. tropica*, France/*Key-words: Leishmaniasis*, Leishmania infantum, L. tropica, *France***

Les leishmanioses sont un groupe de maladies parasitaires à transmission vectorielle dues à de protozoaires flagellés du genre *Leishmania*. En France métropolitaine, l'espèce *Leishmania infantum* est la seule présente. Elle est localisée aux régions de bioclimat méditerranéen du sud du pays. Transmise par *Phlebotomus perniciosus*, son vecteur principal, relayé par *P. ariasi* dans le foyer cévenol, elle y est responsable d'une forte enzootie canine, alors que l'endémicité humaine est faible, avec 23 cas en moyenne signalés annuellement au Centre national de référence des leishmanioses, principalement des formes viscérales (Dedet *et al*., 2013).

La fréquence des cas humains importés (une centaine par an environ), l'intensification des flux migratoires et le réchauffement climatique peuvent-ils conduire à l'introduction et à l'installation d'une deuxième espèce de *Leishmania* en France métropolitaine ?

La réponse mérite d'être nuancée. Elle est définitivement négative si l'on pense à l'espèce *L. major* endémo-épidémique dans les trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) et qui représente la majorité des cas importés en France métropolitaine (Dedet, 2010). Cette espèce, en effet, est inféodée à des espèces de rongeurs Gerbillidés et de phlébotomes des zones per-arides des franges steppiques sahariennes, absentes du bioclimat méditerranéen français.

En revanche, l'espèce proche et moyenne orientale *Leishmania tropica* le plus souvent anthropophile et urbaine, atteignant occasionnellement le chien, pourrait être introduite, d'autant que son vecteur, *P. sergenti*, est présent en France, bien qu'en très faible densité il est vrai. *L. tropica*, actuellement présente en Europe, uniquement en Grèce insulaire, pourrait éventuellement s'installer dans des environnements urbains paupérisés, où *P. sergenti* pourrait pulluler à l'occasion du réchauffement climatique. Semblable situation vient d'être rapportée en Crète (Ntais *et al*., 2014), avec l'importation du zymodème (groupe d'individus d'une même espèce ayant un profil isoenzymatique identique) MON-58 de *L. tropica* à partir d'un cas de leishmaniose cutanée chez un réfugié afghan ; ce même zymodème, non présent antérieurement en Crète, a infecté un chien n'étant jamais sorti de Crète. De même, l'espèce *L. donovani* absente du Bassin méditerranéen a été signalée ces dernières années dans l'île de Chypre (Mazeris *et al*., 2010).

Ces deux exemples démontrent qu'une surveillance est indispensable en France dans le domaine des leishmanioses animales et humaines, comme dans celui d'autres maladies à transmission vectorielle.

## Références bibliographiques

Dedet J.P. Les leishmanioses en France Métropolitaine. BEH, numéro hors série septembre 2010 : 9-12.

Dedet J.P., Carme B., Desbois N., Bourdoiseau G., Lachaud L., Pratlong F. Épidémiologie des leishmanioses autochtones en France métropolitaine et d'outre-mer. Presse médicale, 2013, 42 : 1469-1481.

Mazeris A., Soteriadou K., Dedet J.P., Haralambous C., Tsatsaris A., Moschandreas A., Messaritakis I., Christodoulou V., Papadopoulos B., Ivovic V., Pratlong F., Loucaides F., Antoniou M. Leishmaniases and the Cyprus paradox. Am. J Trop. Med. Hyg., 2010, 82 : 441-448.

Ntais P., Christodoulou V., Tsirigotakis N., Dokianakis E., Dedet J.P., Pratlong F., Antoniou M. Will the introduction of *Leishmania tropica* MON-58 in the island of Crete led to the settlement and spread of this rare zymodeme. Acta Tropica, 2014, 132 : 125-130.

# Brève. La dourine en Italie
## *Short item. Dourine in Italy*

Julien Cauchard (julien.cauchard@anses.fr), Sandrine Petry

Anses, Laboratoire de pathologie équine de Dozulé, Unité bactériologie et parasitologie, Laboratoire national de référence dourine, LRUE maladies équines, Dozulé, France

**Mots-clés : dourine, trypanosome, équidés/*Keywords : Dourine, Trypanosoma, Equidae***

La dourine est une maladie sexuellement transmissible des équidés due au parasite *Trypanosoma equiperdum* (Figure 1). Contrairement aux autres trypanosomoses, elle n'est pas transmise par des vecteurs. Un animal séropositif doit présenter des signes cliniques compatibles avec la dourine ou une augmentation du titre en anticorps anti-dourine après deux tests sérologiques consécutifs, ou un lien épidémiologique avec un cas confirmé de dourine, pour être déclaré atteint et euthanasié (OIE 2013).

La maladie est présente de façon sporadique au niveau mondial, notamment en Afrique du Sud, Botswana, Ethiopie, Namibie, Russie (WAHID 2014a). L'Europe est indemne de dourine à l'exception de l'Italie où plusieurs épisodes ont été observés ces dernières décennies, les principaux étant localisés dans : i) la région des Abruzzes après confirmation d'un cas clinique chez un étalon en août 1975 : séroprévalence de respectivement 7,4 % et 1,3 % chez 2 841 chevaux et 1 958 ânes testés entre septembre 1975 et mars 1976 (Caporale *et al.*, 1980) et ii) les régions de Campanie, des Pouilles et la Sicile après le dépistage d'un étalon de race frison en mai 2011. L'enquête épidémiologique qui a suivi ce dépistage a recensé neuf nouveaux cas liés épidémiologiquement, dont une jument qui a eu un contact probablement sexuel avec le cas index en mars 2011 et qui a été euthanasiée le 30 mai 2011 après avoir déclaré des signes cliniques de dourine (Scacchia *et al.*, 2011). Un plan de surveillance national mené entre juin et décembre 2011 a recensé dix cas supplémentaires portant le nombre à 20 (dont 5 cas cliniques) répartis en sept foyers dont cinq étaient liés épidémiologiquement. Durant cet épisode de 2011, la monte non contrôlée et les infractions aux dispositions vétérinaires en vigueur sur le contrôle des mouvements des équidés et leur identification ont été reconnus comme des facteurs importants. L'Italie a donc renforcé ses contrôles vétérinaires pour les mouvements des équidés et pour les chevaux à l'abattoir en cas de signes cliniques de dourine, et a créé un formulaire électronique pour suivre les mouvements des équidés et enregistrer les tests sérologiques (Calistri *et al.*, 2013). Aucun cas de dourine n'a été déclaré en Italie depuis 2012 (WAHID 2014b).

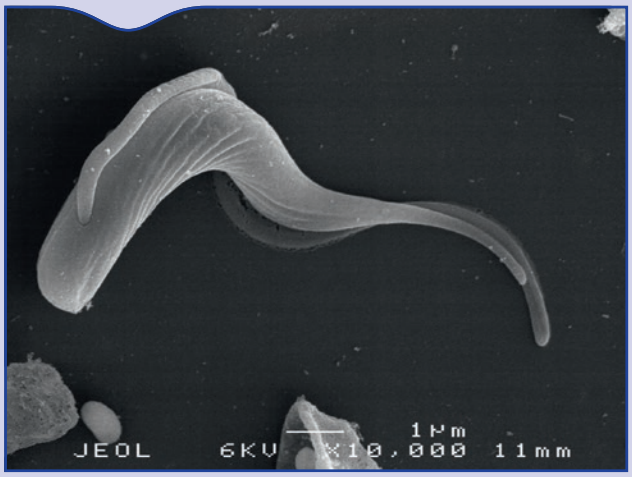


**Figure 1.** ***Trypanosoma equiperdum*, l'agent de la dourine en microscopie électronique à balayage (Anses - Laboratoire de pathologie équine de Dozulé - S. Cauchard)**

En France, les stud-books des races Pur-Sang et AQPS ont rendu le dépistage de la dourine obligatoire pour les étalons ayant séjourné les douze derniers mois dans un pays non indemne de dourine ; les étalonniers peuvent également exiger un dépistage de la dourine pour les juments en provenance d'Italie ou qui y ont séjourné depuis le 1er janvier 2011 (Syndicat des éleveurs de chevaux de sang de France 2014).

## Références bibliographiques

Calistri, P., Narcisi, P., Atzeni, M., De Massis, F., Tittarelli, M., Mercante, MT., Ruggieri, E., Scacchia, M., 2013. Dourine Remeergence in Italy. J. Equine Vet. Sci. 33(2), 83-89.

Caporale, VP., Battelli, G., Semproni, G., 1980. Epidemiology of dourine in the equine population of the Abruzzi Region. Zentralbl Veterinarmed B. 27(6), 489-98.

Scacchia, M., Cammà, C., Di Francesco, G., Di Provvido, A., Giunta, R., Luciani, M., Marino, AM., Pascucci, I., Caporale, V. 2011. A clinical case of dourine in an outbreak in Italy. Vet. Ital. 47(4):473-5, 469-72.

Syndicat des éleveurs de chevaux de sang de France, 2014, http://www.syndicatdeseleveurs.fr/upload/pdf/Protocole-Monte-2014.pdf (accès le 31/10/14).

World Animal Health Information Database (WAHID), 2014a. http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Diseasetimelines (accès le 31.10.14).

World Animal Health Information Database (WAHID), 2014b. http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statusdetail (accès le 31.10.14)

World Organisation for Animal Health (OIE), 2013. Chapter 2.5.3. Dourine, *In:* OIE Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. 1-10.

# La fièvre de la Vallée du Rift à Mayotte : de la surveillance à la détection du génome viral

Catherine Cêtre-Sossah (cetre@cirad.fr) (1, 2, 3), Philippe Mérot (4), Eric Cardinale (1, 2, 3)
(1) Cirad, UMR CMAEE, Sainte Clotilde, La Réunion, France
(2) Inra, UMR 1309, Montpellier, France
(3) CRVOI, Plateforme CYROI, Sainte-Clotilde, La Réunion, France
(4) Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte, Mamoudzou, Mayotte, France

**Résumé**
**La fièvre de la vallée du Rift est une arbovirose zoonotique transmise par des insectes vecteurs, elle touche l'Homme et de nombreuses espèces animales. Elle est transmise à l'Homme lors de son exposition aux aérosols lors des avortements chez les ruminants or lors de l'abattage d'animaux virémiques. Elle est présente à Mayotte depuis au moins 2004 et ne cesse d'y circuler. Dix cas cliniques humains ont jusqu'ici été diagnostiqués. Des études phylogénétiques ont montré l'appartenance de la souche virale isolée à Mayotte au clade Est-Africain. Un grand nombre d'hypothèses quant à l'introduction de ce virus à Mayotte peuvent être avancées, la plus probable étant l'importation illégale d'animaux vivants.**

**Mots-clés**
**Fièvre de la Vallée du Rift, Mayotte, Océan indien**

***Abstract***
***Rift valley fever in Mayotte : from surveillance to viral genome detection***
***Rift valley fever is a vector-borne viral and zoonotic disease affecting humans and a large number of animals. Humans get infected through aerosols when abortions occur in ruminants or during the slaughtering process. RVF has been detected in Mayotte at least since in 2004 and is still circulating. Ten clinical cases were confirmed in humans since then. Phylogenetic studies revealed the eastern-African origin of the viral strain isolated in Mayotte. Many hypotheses could explain the introduction of the RVF in Mayotte, one of them being the illegal importation of live animals.***

***Keywords***
***Rift valley fever, Mayotte, Indian Ocean***

## L'infection et sa transmission

La fièvre de la Vallée du Rift (FVR) est une arbovirose zoonotique touchant l'Homme et de nombreuses espèces animales. Il existe des réservoirs sauvages mais ils sont mal connus. L'agent responsable de cette zoonose, décrit pour la première fois en 1931 par Daubney au Kenya est un virus à ARN enveloppé tri-segmenté appartenant à la famille des Bunyaviridae et au genre Phlebovirus. L'importance de la FVR tient aux épidémies qu'elle provoque, historiquement au Soudan (1973-5) et en Egypte (1977-8) puis dans les pays du Sahara occidental (Mauritanie, Sénégal) en 1987-8. La FVR a quitté le continent africain pour atteindre Madagascar (1991) et la péninsule arabe (Yémen et l'Arabie Saoudite) en 2000. Entre 2006 et 2008, la corne de l'Afrique a été touchée : Soudan, Kenya, Somalie, Tanzanie, puis Madagascar en 2008-9. L'Afrique du Sud n'a pas été épargnée avec une importante épizootie de 2008 à 2011. Plus récemment, la Mauritanie (2010 et 2012-3) et le Sénégal en 2013-4 ont été à nouveau touchés par la FVR.

Chez les ruminants, la FVR se traduit par divers tableaux allant d'une septicémie, une hépatite nécrosante rapidement mortelle chez les agneaux, à une infection inapparente et une virémie transitoire, en passant par des avortements épizootiques chez les adultes quand le virus se propage dans une population naïve sur le plan immunologique. Aucune virémie transitoire n'a été détectée jusqu'ici chez les carnivores domestiques, les singes africains et les porcs.

Chez l'Homme, les formes cliniques sont souvent inapparentes ou bénignes, se limitant à un syndrome grippal. Des formes graves parfois mortelles peuvent apparaître : rétinite (0,5 à 2 % des malades), méningo-encéphalite (moins de 1 %) ou fièvre hémorragique (moins de 1 %).

Plusieurs voies de transmission sont possibles : par les piqûres de moustiques (transmission aux ruminants), ou par contact avec les excrétions d'animaux virémiques (transmission aux ruminants, à l'Homme). Le sang et la viande d'animaux virémiques, les fœtus et enveloppes fœtales sont très infectieux. De nombreuses espèces de moustiques peuvent transmettre le virus, en particulier celles appartenant aux genres *Aedes* et *Culex*. Les mouvements de bétail contribuent activement à la diffusion du virus à grande distance.

En période inter-épizootique, le virus semble se maintenir soit par un cycle selvatique impliquant la faune sauvage, soit – en zone aride et semi-aride – par un cycle à bas bruit impliquant ruminants et moustiques du genre *Aedes*. Chez certains *Aedes*, le virus peut être transmis verticalement de la femelle infectée à ses œufs qui peuvent résister plusieurs années à la dessiccation. Ce mécanisme semble participer à la pérennisation de la FVR.

## La FVR à Mayotte

Mayotte fait partie avec les trois îles avoisinantes de l'archipel des Comores : Grande Comore, Moroni et Anjouan (Figure 1). La proximité entre les quatre îles et les mouvements de populations humaines et animales sont des facteurs de risque importants de dissémination du virus (Balenghien *et al.*, 2013).

À Mayotte, un premier cas de FVR a été confirmé en mai 2007 chez un enfant comorien vivant sur la Grande Comore, ayant voyagé à Mayotte pour sa prise en charge médicale (encéphalite sévère durant depuis 2 mois). Ce cas attestait de la circulation contemporaine du virus de la FVR en Grande Comore. Par la suite, une circulation de ce virus a été décelée à Mayotte chez l'Homme sur des prélèvements collectés de septembre 2007 à mai 2008. Dix cas ont été identifiés par mise en évidence de génome viral, ou détection d'anticorps de type IgM (Sissoko *et al.*, 2009). L'isolement de deux souches de virus FVR a été réalisé à partir de ces patients. Les analyses phylogénétiques (Cêtre-Sossah *et al.*, 2012b) ont permis de conclure à l'appartenance de ces deux souches au clade est-africain du virus de la FVR, et à leur proximité génétique avec les souches isolées lors de la dernière épidémie est-africaine (Tanzanie, Somalie, Kenya 2007-2008) (Figure 2).

Par la suite, plusieurs enquêtes chez les ruminants mahorais ont permis de suivre la circulation du virus. Ainsi une enquête de séroprévalence a été réalisée de juin 2007 à mai 2008 sur 301 bovins provenant de 104 fermes localisées dans 17 communes. Trente-deux sérums ont été trouvés positifs en IgG, soit un taux de prévalence de 11 % (IC 95 % : 7-14) (Figure 3) (Cêtre-Sossah *et al.*, 2012a). Une autre enquête réalisée à partir d'une sérothèque animale a révélé une circulation virale dès 2004, avec des prévalences variant de 12 % à 31 % entre 2004 et 2007

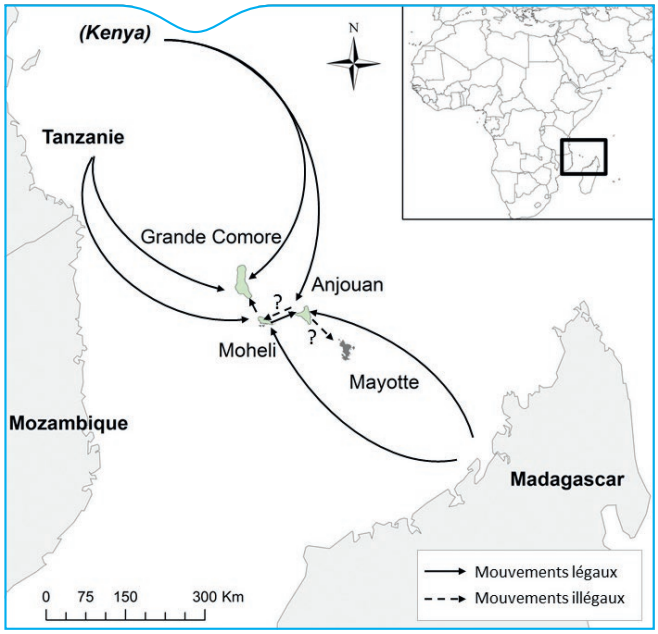


**Figure 1.** Echanges de bétail vivant entre l'Afrique, l'archipel des Comores et Madagascar

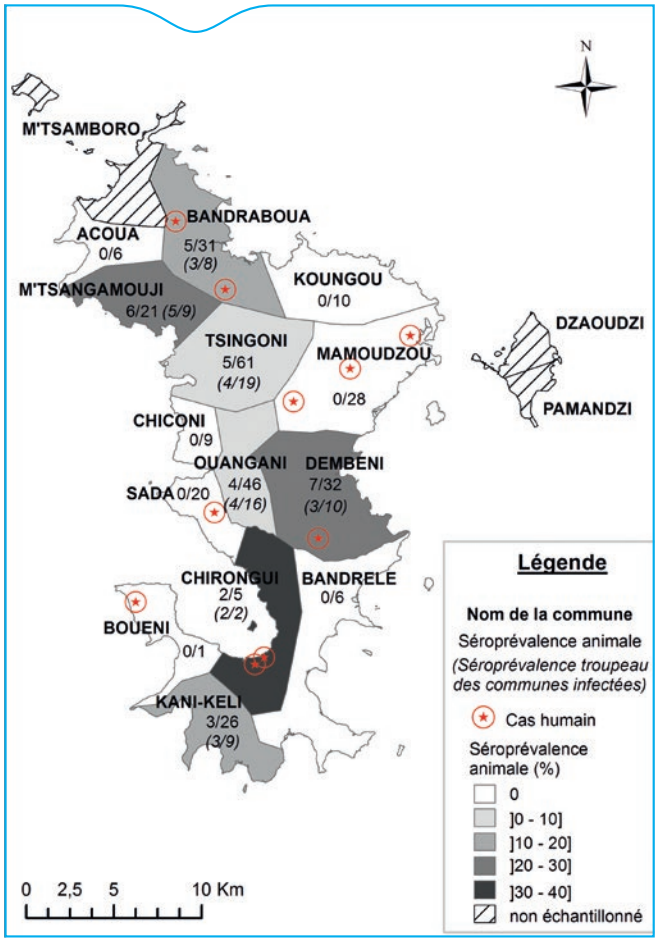


**Figure 3.** Cas humains de FVR et séroprévalence animale par troupeau à Mayotte, 2007-2008

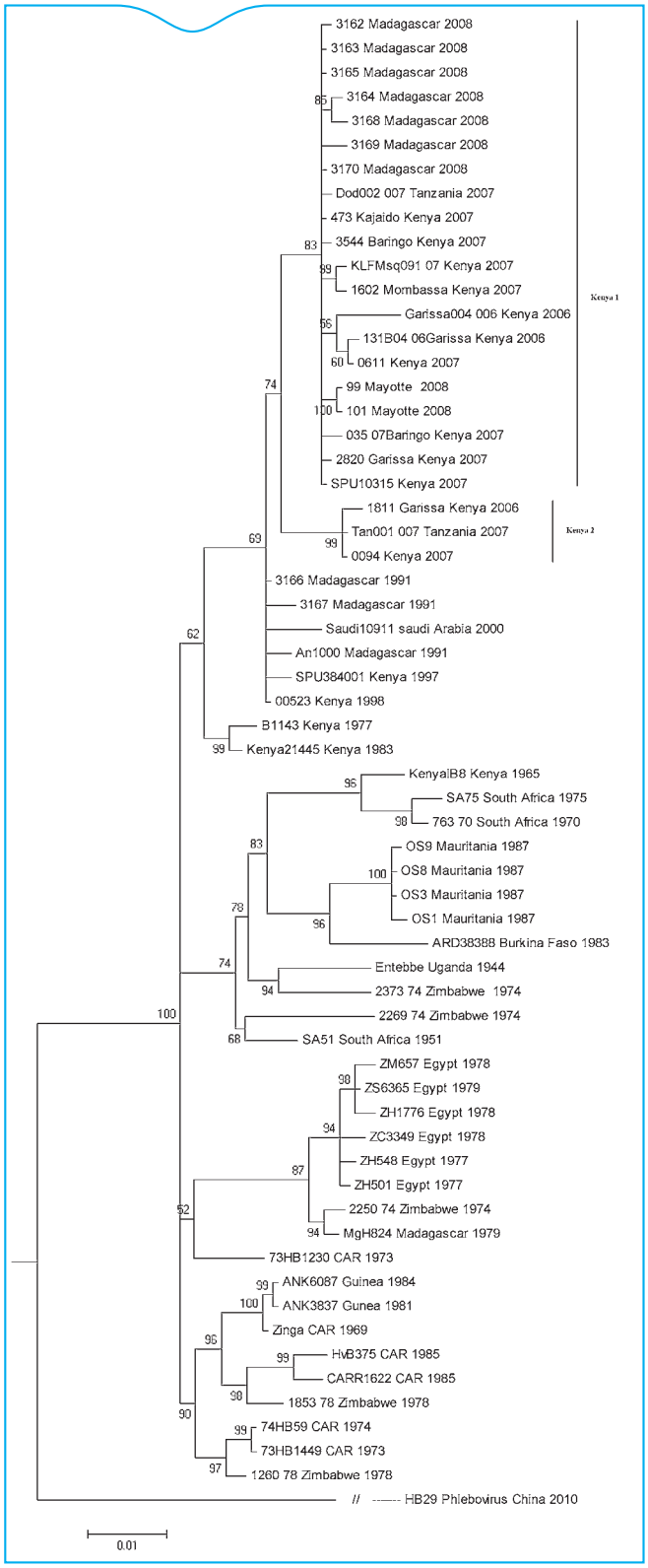


**Figure 2.** Analyse phylogénétique du segment S (Small) complet incluant 52 séquences complètes alignées et analysées à l'aide du logiciel MRBAYES version 3.0B4 (Huelsenbeck *et al.*, 2001). La barre d'échelle correspond aux nombres de substitutions nucléotidiques par site (Cêtre-Sossah *et al.* 2012b)

(2004 : 29/130 (23 %), 2005 : 4/130 (3 %), 2006 : 16/130 (12 %), 2007 : 39/126 (31 %)) (Cêtre-Sossah *et al.*, 2012a).

En 2011, une étude sérologique a révélé un taux de séroprévalence de 3,5 % (n = 1 420, IC 95 % 2,6-4,8) dans la population humaine générale âgée de cinq ans et plus (Lernout *et al.*, 2013).

En sus de la situation à Mayotte, la circulation du virus de la FVR a été mise en évidence dans les trois îles voisines de l'archipel (Moroni, Anjouan et Mohéli). Ainsi en 2009, une séroprévalence de 32,8 % (IC 95 % 28,6 % - 36,9 %) avait été observée, avec des variations inter-îles notables (Roger *et al.*, 2011). En 2011, d'autres enquêtes ont été menées et ont révélé la poursuite de la circulation virale (Roger *et al.*, 2014).

## Surveillance et contrôle

La vaccination n'a pas été retenue par les services vétérinaires comme outil de lutte. Des actions d'information ont été mises en place pour le public (prévention individuelle contre l'exposition au virus). Devant

cette circulation virale durable, des actions de surveillance vétérinaire ont cependant été mises en place pour évaluer la circulation virale locale et détecter une nouvelle émergence virale éventuelle : enquêtes sérologiques dans des troupeaux sentinelles et notification des avortements chez les ruminants par les vétérinaires sanitaires. Par ailleurs, de par son statut de *région européenne ultra-périphérique*, les importations de bétail vivant et de produits animaux en provenance des autres îles des Comores et du continent africain sont interdites à Mayotte.

La surveillance des avortements n'a pas permis de mettre en évidence jusqu'ici de cas cliniques de FVR chez les ruminants précédant les cas humains. D'autre part, la mise en œuvre des mesures d'interdiction n'est pas toujours efficace, et des animaux vivants parviennent encore à entrer illégalement à Mayotte, accompagnant des immigrés, clandestins ou non. Le risque de nouvelle introduction virale ne peut donc pas être écarté. Au regard du statut enzootique de Mayotte vis-à-vis du virus de la FVR, il est donc crucial de maintenir une surveillance de la maladie (active et passive) en lien avec l'identification de facteurs environnementaux/écologiques qui pourraient favoriser l'apparition de foyers cliniques.

## Références bibliographiques


Balenghien, T., Cardinale, E., Chevalier, V., Elissa, N., Failloux, A.B., Jean Jose Nipomichene, T.N., Nicolas, G., Rakotoharinome, V.M., Roger, M., Zumbo, B., 2013. Towards a better understanding of Rift Valley fever epidemiology in the south-west of the Indian Ocean. Vet. Res. 2013. 9, 44-78.

Cêtre-Sossah, C., Pédarrieu, A., Guis, H., Defernez, C., Bouloy, M., Favre, J., Girard, S., Cardinale, E., Albina, E., 2012a. Prevalence of Rift Valley Fever among Ruminants, Mayotte. Emerg. Infect. Dis. 18, 972–975.

Cêtre-Sossah, C., Zeller, H., Grandadam, M., Caro, V., Pettinelli, F., Bouloy, M., Cardinale, E., Albina, E., 2012b. Genome analysis of Rift Valley fever virus, Mayotte. Emerg. Infect. Dis. 18, 969-971.

Huelsenbeck, J.P., Ronquist, F., 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. Bioinformatics. 17, 754–755. http://dx.doi. org/10.1093/bioinformatics/17.8.754

Lernout, T., Cardinale, E., Jego, M., Després, P., Collet, L., Zumbo, B., Tillard, E., Girard, S., Filleul, L., 2013. Rift Valley Fever in Humans and Animals in Mayotte, an Endemic Situation? PLoS ONE 8 (9), e74192.

Roger, M., Girard, S., Faharoudine, A., Halifa, M., Bouloy, M., Cêtre-Sossah, C., Cardinale, E., 2011. Rift valley fever in ruminants, Republic of Comoros, 2009. Emerg. Infect. Dis. 17, 1319–1320.

Roger, M., Beral, M., Licciardi, S., Soulé, M., Faharoudine, A., Foray, C., Olive, M.M., Maquart, M., Soulaimane, A., Madi Kassim, A., Cêtre-Sossah, C., Cardinale, E., 2014. Evidence for circulation of the rift valley fever virus among livestock in the union of Comoros. PLoS Negl. Trop. Dis. 8(7), e3045.

Sissoko, D., Giry, C., Gabrie, P., Tarantola, A., Pettinelli, F., Collet, L., D'Ortenzio, E., Renault, P., Pierre V. 2009. Rift Valley Fever, Mayotte, 2007–2008. Emerg. Infect. Dis. 15, 568–570.

# **Fièvre catarrhale ovine** en Europe et dans le Bassin méditerranéen : situation actuelle et expérience acquise des émergences précédentes

Guillaume Belbis (1) (gbelbis@vet-alfort.fr), Emmanuel Bréard (2), Corinne Sailleau (2), Cyril Viarouge (2), Damien Vitour (2), Stéphan Zientara (2)
(1) ENVA, Pathologie des animaux de production et hospitalisations grands animaux, Maisons-Alfort, France
(2) Unité mixte de recherche 1161 Anses-ENVA-Inra, Anses, Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort, France

**Résumé**
**La fièvre catarrhale ovine (FCO), arbovirose affectant les ruminants (initialement les ovins, même si les récentes émergences ont mis en lumière que les bovins et les caprins peuvent également être touchés cliniquement), fut l'une des grandes préoccupations des éleveurs et des vétérinaires entre 2006 et 2010 en Europe occidentale. L'émergence de plusieurs sérotypes, notamment les sérotypes 1 et 8, a conduit à l'une des plus importantes épizooties rencontrées en Europe au cours du 21è siècle. Les mesures de contrôle mises en œuvre, conjuguées à l'importance de l'immunité naturelle, ont permis une gestion efficace de cette épizootie.**

**Si son impact en France continentale est désormais nul, la FCO est toujours présente en Europe et dans le Bassin méditerranéen. Nous abordons dans cet article la situation épidémiologique vis-à-vis de cette affection et les grandes leçons qui peuvent être tirées des émergences virales récentes.**

**Mots-clés**
**Fièvre catarrhale ovine, Europe, Bassin méditerranéen, ruminants**

***Abstract***
***Bluetongue in Europe and the Mediterranean basin: current situation and experience gained from previous emergences***
***Bluetongue, an arbovirosis affecting ruminants (initially sheep, although recent emergences have shown that cattle and goats can also be clinically affected), was one of the primary concerns of farmers and veterinarians in western Europe between 2006 and 2010. The emergence of several serotypes, mainly serotypes 1 and 8, led to one of the biggest epizootics encountered in Europe in the 21st century. The control measures implemented were able to effectively manage this animal epidemic.***

***While it no longer has an impact in mainland France, bluetongue is still present in Europe and the Mediterranean basin. In this article we address the epidemiological situation with regard to this disease, and the main lessons that can be drawn from recent viral emergences.***

***Keywords***
***Bluetongue, Europe, Mediterranean basin, Ruminants***

## Historique de l'infection par le virus de la FCO en Europe et dans le Bassin méditerranéen

### *Etat des lieux de la FCO en Europe avant 2006*

Jusqu'à la fin du siècle dernier, la fièvre catarrhale ovine (FCO), arbovirose due au virus de la FCO (ou BTV en anglais pour « Bluetongue virus ») était considérée en Europe comme une maladie exotique. Cette affection, dont les premières descriptions dans la littérature datent de la fin du 19è siècle et du tout début du 20è siècle (Spreull, 1905), se répartissait jusqu'en 1998 entre le 50è degré de latitude nord et le 35è degré de latitude sud, sur tous les continents. Une extension progressive vers le nord a été constatée, à partir de 1998, en zone méditerranéenne, en grande partie en raison d'une progression vers le nord de la zone d'habitat du vecteur africain du virus de la FCO, un moucheron du genre Culicoides, *Culicoides imicola*. Quelques incursions sporadiques de la maladie ont été décrites en Europe avant 1998 (Espagne et Portugal de 1956 à 1960 (Sellers *et al.*, 1978), Grèce en 1979).

Entre 1998 et 2006, cinq sérotypes du virus de la FCO ont émergé dans le Bassin méditerranéen (BTV-1, 2, 4, 9, 16). La partie Est du Bassin méditerranéen (Grèce, Turquie) a vu émerger les sérotypes 1, 4, 9 et 16, en provenance des Proche-, Moyen- ou Extrême-Orient. La partie Ouest du Bassin méditerranéen (Corse (Zientara *et al.*, 2002), Sardaigne) a vu quant à elle émerger les sérotypes 1, 2, 4 et 16 en provenance d'Afrique du Nord. Le vecteur du virus dans la partie Ouest de la Méditerranée a alors été identifié comme étant *C. imicola*, alors que dans l'Est, l'implication d'autres vecteurs (*C. obsoletus*, *C. scoticus*, et *C. pulicaris*) a été démontrée. Concernant toutefois le sérotype 16, son apparition en Corse et en Sardaigne pourrait être le fait d'une réversion vers la virulence d'un vaccin atténué ou d'une « mauvaise » atténuation de la souche vaccinale : en effet, en 2004, les souches de BTV-16 isolées du terrain en Corse et en Sardaigne, dérivaient du vaccin atténué utilisé dans les mêmes régions (Batten *et al.*, 2008).

Jusqu'en 2006, l'extension de la FCO semblait liée à deux mécanismes : le principal était lié à la progression de *C. imicola* vers le nord potentiellement en raison du réchauffement climatique (Baldet *et al.*, 2004; Goldarazena *et al.*, 2008), le second, possible également, bien que sûrement moins important d'un point de vue épidémiologique, était lié aux mouvements d'animaux. La France a donc mis en place, suite à l'apparition des cas en Corse, un réseau de surveillance de l'apparition de *C. imicola* dans la région méditerranéenne dans le Sud de la France continentale, à partir de l'Espagne et/ou de l'Italie, tous deux pays alors infectés.

### *Emergence du virus de la FCO en Europe de l'Ouest et du Nord à partir de 2006*

Néanmoins, l'histoire retiendra que l'émergence du sérotype 8 de la maladie en août 2006 n'a pas eu lieu dans le Sud de l'Europe, mais dans le Nord. Une telle émergence dans la région de Maastricht (Pays-Bas) soulève de nombreuses interrogations (importation illégale d'animaux infectés ? d'animaux vaccinés avec un vaccin vivant ? « Importation » de culicoïdes infectés qui auraient permis l'introduction de la maladie ?...) : pourquoi, et par quel(s) mécanisme(s) ce sérotype a-t-il émergé dans cette région de l'Europe du Nord ?

Au cours des cinq derniers mois de l'année 2006, le BTV-8 s'est étendu en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas et en France, où six foyers cliniques seulement ont été enregistrés cette année là dans les départements frontaliers avec la Belgique. La question des vecteurs associés à cette transmission en Europe de l'Ouest et du Nord a alors été explorée, *C. imicola* étant absent de cette région. Les vecteurs suspectés sous nos latitudes appartiendraient au complexe *Obsoletus* (Carpenter *et al.*, 2008; Lehmann *et al.*, 2012; Zimmer *et al.*, 2014) : il s'agit de *C. obsoletus* et de *C. scoticus* principalement, qui étaient retrouvés en abondance lors des piégeages. Cependant, d'autres espèces de culicoïdes, comme *C. dewulfi* (qui avait été considéré dans un premier temps comme le principal vecteur) ou encore *C. chiopterus* (Dijkstra *et al.*, 2008) peuvent être considérés comme des vecteurs potentiels.

**Tableau 1.** Évolution du nombre de foyers dus aux sérotypes 1 et 8 en France entre 2006 et 2014 (adapté de Perrin *et al.*, 2013)

| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de foyers à sérotype 1 | 0 | 3 | 4932 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nombre de foyers à sérotype 8 | 6 | 15257 | 27510 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Suite à l'hiver 2006/2007, *et alo*rs qu'il était possible de s'attendre à une disparition du vecteur et donc de la maladie, une recrudescence de cas a été observée au cours de l'année 2007 dans les pays précédemment cités (15257 foyers de FCO à sérotype 8 déclarés en France en 2007) posant la question des mécanismes permettant la persistance du virus d'une saison d'activité vectorielle à l'autre (phénomène d'*overwintering* ou de transhivernage). L'année 2007 s'est accompagnée d'une extension continue du sérotype 8 en Europe, dont le territoire français. Dans le même temps, le sérotype 1 s'était répandu dans le territoire espagnol, depuis l'Afrique du Nord (l'apparition du sérotype 1 ayant été attribuée en Europe au phénomène de réchauffement climatique). À la fin de l'année 2007, les premiers cas de FCO dus au sérotype 1 sont apparus dans le Sud Ouest de la France (trois cas en 2007).

L'année 2008 a été marquée par une poursuite de l'extension de la FCO à sérotypes 1 et 8 : le sérotype 1 présentait une extension vers le Nord et vers l'Est depuis les foyers initiaux, alors que le sérotype 8 continuait de se répandre vers le sud et l'ouest de la France, et dans le reste de l'Europe vers les pays de l'Est. Par ailleurs, la fin du mois d'octobre 2008 aura été marquée par la découverte surprenante de quatre foyers de FCO chez des bovins, causés par le sérotype 6 dans l'Est des Pays-Bas et en Allemagne. La caractérisation du virus a permis de mettre en évidence une parenté génétique avec une souche présente dans un vaccin atténué polyvalent produit en Afrique du Sud. L'usage illégal d'un vaccin vivant a été cité comme hypothèse pour expliquer cette émergence, même si d'autres hypothèses ne peuvent pas être exclues. De la même manière, le sérotype 11 du virus a été détecté en Belgique en 2008 (De Clercq *et al.*, 2009) et a également été retrouvé dans le sang issu d'un veau allemand infecté par le BTV-8, sang utilisé comme inoculum dans une expérimentation animale (Bréard *et al.*, 2011). Enfin, un 25è sérotype (également appelé virus de Toggenburg) était découvert en Suisse chez des chèvres asymptomatiques (Chaignat *et al.*, 2009; Hofmann *et al.*, 2008).

Le pic de l'épizootie en France a été rencontré lors de cette année 2008 (27510 foyers liés au sérotype 8 ; 4932 foyers associés au sérotype 1, Tableau 1). Au cours de l'année 2008, la mise à disposition sur le marché de vaccins inactivés dirigés contre le sérotype 8 puis contre le sérotype 1 a permis de modifier la lutte contre l'épizootie.

Suite à la mise en œuvre de la vaccination sur le territoire français ainsi qu'à une large proportion d'animaux immunisés naturellement, une baisse drastique du nombre de foyers de FCO est observée : seuls 86 foyers ont ainsi été déclarés en 2009, et un seul en 2010.

## FCO en Europe : quelle est la situation épidémiologique en 2014 ?

Le dernier cas de FCO en France continentale a été détecté en juin 2010 (sérotype 1), et le statut officiellement indemne a été déclaré en décembre 2012, et maintenu depuis. Ce statut est partagé avec bon nombre des pays frontaliers (Baetza, 2014; Büchi *et al.*, 2014) (Figure 1).

Cependant, ce statut indemne d'un certain nombre de pays d'Europe de l'Ouest et du Nord ne doit pas masquer que de multiples foyers de FCO sont récemment apparus ou sont encore présents sur le continent européen (Figure 1). Des foyers dus au sérotype 1 ont ainsi été identifiés en Sardaigne (2012 et 2013) et en Corse (2013) (Sailleau *et al.*, 2014). De plus, un probable nouveau sérotype du virus de la FCO a été très récemment découvert chez des chèvres asymptomatiques lors d'un programme de surveillance de la FCO en Corse (Zientara *et al.*, 2014).

Plus récemment, le sérotype 4, notifié pour la première fois en Grèce fin mai 2014 dans le Péloponnèse, est actuellement rencontré en Grèce, en Bulgarie (déclaration de foyers en juillet 2014), en Macédoine, en Albanie et en Roumanie (août 2014). Enfin, notons que l'Espagne et l'Italie ne sont pas indemnes de FCO, avec une circulation virale toujours présente.

## Quelles leçons tirer des émergences récentes ?

Les anciennes et les plus récentes émergences de la FCO en Europe ont permis d'accroître les connaissances sur ce virus (nouvelles voies de transmission, spectres d'hôtes spécifiques) mais également de tirer des leçons sur les mesures de lutte ou sur la nécessaire vigilance vis-à-vis de nouvelles émergences de la FCO.

### *D'autres modes de transmission que la transmission vectorielle sont possibles*

L'une des particularités observées pour le sérotype qui a circulé en Europe du Nord était sa capacité à franchir la barrière placentaire : de nombreuses observations expérimentales (Belbis *et al.*, 2013; Coetzee *et al.*, 2013; van der Sluijs *et al.*, 2011) et de terrain (De Clercq *et al.*, 2008; Desmecht *et al.*, 2008; Menzies *et al.*, 2008; Santman-Berends *et al.*, 2010) ont permis de mettre en évidence cette propriété du sérotype 8 tant chez la vache et la brebis que chez la chèvre. Le taux de transmission transplacentaire varie selon les études entre environ 10 % (De Clercq *et al.*, 2008; Santman-Berends *et al.*, 2010) et jusqu'à 69 % chez la brebis en conditions expérimentales (van der Sluijs *et al.*, 2011). Cette capacité n'a pas été retrouvée avec le sérotype 1, dans une étude menée en Andalousie.

Ce mécanisme n'avait jusqu'alors jamais été décrit avec une souche sauvage, la littérature ne rapportant une transmission transplacentaire qu'avec des souches vaccinales atténuées utilisées contre les sérotypes 10, 11, 13 et 17 (MacLachlan *et al.*, 2000) : la transmission transplacentaire était alors limitée aux virus adaptés en culture cellulaire.

Il faut cependant noter que si le virus est capable de franchir le placenta et de contaminer le fœtus, aucune preuve n'existe de l'infection de veaux de façon permanente suite à l'infection *in utero* par le virus de la FCO (MacLachlan, 2004) : cette transmission du virus est plus probablement à l'origine d'une virémie transitoire chez le nouveau-né (Dal Pozzo *et al.*, 2009; De Clercq *et al.*, 2008; Santman-Berends *et al.*, 2010). Si d'après les études disponibles, la majorité des nouveau-nés présentant une RT-PCR FCO positive se négativent en un mois (De Clercq *et al.*, 2008), quelques veaux peuvent néanmoins demeurer positifs par RT-PCR pendant près de cinq mois (Santman-Berends *et al.*, 2010) : cependant, dans cette dernière étude, il n'est pas précisé si la virémie détectée par RT-PCR correspond à une virémie infectieuse, permettant potentiellement l'infection d'un culicoïde au cours d'un repas de sang. Ce phénomène a néanmoins eu vraisemblablement peu d'effet dans la progression de l'épizootie en Europe.

Enfin, d'autres modalités de transmission sont évoquées pour certains sérotypes : une étude évoque la possibilité d'une transmission du BTV-8 par voie orale lors d'infection expérimentale (Backx *et al.*, 2009), ce qui avait déjà été suspecté en Irlande du Nord chez une génisse infectée (contamination probable par ingestion de placentas) (Menzies *et al.*, 2008). Cette transmission directe par contact est également décrite pour le sérotype 26 du BTV (Batten *et al.*, 2014). Cependant, leur importance épidémiologique n'est pas définie et parait très faible par rapport à la transmission vectorielle.

### *La vaccination, une mesure de maitrise qui s'est avérée efficace*

En l'absence de vaccins disponibles sur le marché au moment du début de l'épizootie à sérotype 8, les premières mesures instaurées

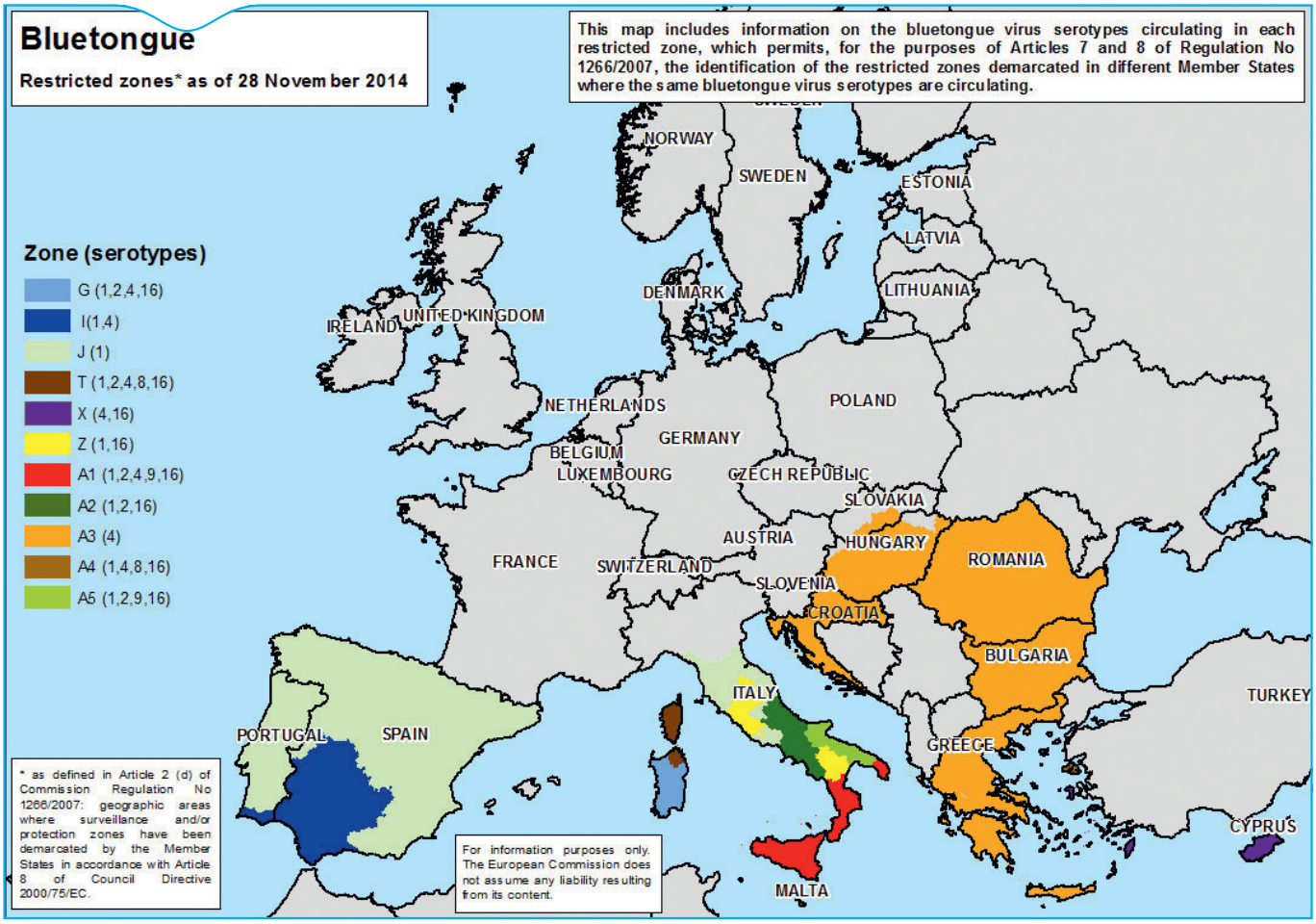


**Figure 1. Situation de la FCO en Europe en 2014 (au 28 novembre) (source http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/bluetongue_en.htm)**

ont été une restriction des mouvements de ruminants. Néanmoins, ces mesures n'ont pas permis de juguler l'expansion de l'infection. Lorsque les vaccins sont arrivés sur le marché, une campagne de vaccination, d'abord obligatoire (2008 à 2010) puis volontaire (2010 à 2012) a été mise en œuvre.

Pour rappel, deux types de vaccins sont actuellement potentiellement disponibles pour la protection contre le BTV :

- des **vaccins à virus vivants**, atténués par passages successifs sur œufs embryonnés puis sur cultures cellulaires (induisant une réponse immunitaire à composante humorale et cellulaire, et présentant comme autre avantage un faible coût de production et la possibilité d'une immunité suffisante sans rappel vaccinal un mois après la première injection). Cependant, plusieurs inconvénients majeurs sont associés à leur utilisation : des effets transitoires sur la qualité de la semence (Bréard *et al.*, 2007), un risque de réversion vers la virulence (cas du sérotype 16 isolé en Corse en 2004 (Savini *et al.*, 2008)), des risques de réassortiment génétique entre souches vaccinales ou entre souche vaccinale et souche sauvage (Batten *et al.*, 2008), des effets tératogènes, abortifs ou même une mortalité liée à la vaccination (Savini *et al.*, 2008), même si ces effets n'ont pas été notés lors de leur utilisation à grande échelle en France (Corse), en Italie et en Espagne (vaccination contre les sérotypes 2 et 4) ;
- des **vaccins à virus inactivés**, comme ceux utilisés en France pour les campagnes de vaccination contre les sérotypes 1 et 8. Ces vaccins présentent une plus grande sécurité, et peu de risques d'effets secondaires. Ces vaccins protègent contre le développement de signes cliniques et, selon les industriels producteurs, contre la virémie (Hamers *et al.*, 2009). Cependant, ces vaccins sont plus couteux à produire, et nécessitent l'administration de deux doses vaccinales chez les bovins et les caprins.

L'utilisation de vaccins inactivés pour lutter contre l'épizootie a alors été décidée à l'échelle de l'Union européenne en raison de leur plus grande sécurité. L'une des limites suspectée des vaccins inactivés étaient une faible durée d'immunité protectrice : des données récentes de suivi d'animaux vaccinés révèlent que la persistance des anticorps neutralisants suite à une vaccination est supérieure à quatre ans chez les bovins, et à deux ans et demi chez les ovins (Batten *et al.*, 2013).

L'une des premières leçons pouvant être tirée de la gestion des émergences récentes de la FCO est le degré de sécurité des vaccins inactivés utilisés. L'utilisation des vaccins inactivés lors des épizooties à sérotype 1 et 8 s'est accompagnée de nombreuses critiques par les utilisateurs sur le terrain, avec des suspicions fortes d'impact du vaccin sur les animaux (mortalité, avortements, troubles de la reproduction, etc.). Les remontées des effets indésirables rapportés après vaccination contre les sérotypes 1 et 8 mettent en évidence, sur la base des données collectées, un risque très faible (voir quasi-nul) : risque de réaction avec les vaccins de sérotype 1 de 3 pour 20 000, et de 1 à 2 pour 50 000 pour les vaccins de sérotype 8). Ainsi, en 2009, 1 406 déclarations ont été recueillies dans le cadre du dispositif de pharmacovigilance (correspondant à 9 415 animaux), avec un lien de causalité probable dans neuf cas, et possible pour 20 % des déclarations ("*FCO Info* : Campagnes de vaccination 2008 et 2009 : un bilan globalement positif du point de vue de la pharmacovigilance"). Un impact de la vaccination contre le sérotype 8 sur la fertilité a été mis en évidence (augmentation significative de 4 % du taux de retour en chaleur lorsque la seconde injection vaccinale avait lieu entre deux et sept jours après l'insémination (Nusinovici *et al.*, 2011), même si cet impact sur la fertilité est très inférieur à celui rencontré lors d'infection par le virus. Au bilan, la sécurité des vaccins inactivés lors de l'épizootie récente peut être considérée comme satisfaisante.

La stratégie initiale mise en œuvre pour limiter l'expansion de l'épizootie fut, dans un contexte d'approvisionnement limité en vaccins, de réaliser une vaccination dans les départements infectés. Ainsi, pour le sérotype 8, et contrairement aux recommandations réalisées

à l'époque par l'Afssa (qui recommandait une vaccination centripète allant des zones indemnes vers les foyers), la vaccination a débuté dans la région Nord-Est du territoire, la couverture vaccinale étant par la suite étendue selon l'approvisionnement des vaccins. *A contrario*, la vaccination contre le sérotype 1 a débuté dans le Sud-Ouest du territoire dans les quatre départements limitrophes des foyers de BTV-1 pour s'étendre par la suite à d'autres régions indemnes. Ce second scénario s'est avéré pertinent pour limiter la propagation du virus. Ainsi, une étude récente (Pioz *et al.*, 2014) a exploré la capacité de la vaccination à ralentir la progression du virus de la FCO en France lors de l'épizootie de 2007. Si la vitesse de propagation du sérotype 1 dans les territoires ne réalisant pas de vaccination (et donc où aucun animal n'était immunisé au moment de l'arrivée du virus) était estimée à 5,4 km/jour, cette vitesse était diminuée de 1,7 km/ jour lorsque une vaccination été réalisée. Cette capacité de réduction de la vitesse de propagation du virus (même modérée), couplée par la suite à un taux de vaccination élevé, a probablement permis de juguler l'expansion de l'épizootie, et permis sa maîtrise.

Enfin, une dernière « leçon » pouvant être tirée des données scientifiques obtenues suite à la mise en œuvre de la vaccination lors des émergences récentes concerne l'âge à partir duquel la vaccination des jeunes peut être réalisée. Lors de l'épizootie à sérotype 8, une vaccination des jeunes bovins à partir de l'âge de deux mois et demi, et des jeunes ovins à partir de l'âge de trois mois était de rigueur. Néanmoins, plusieurs études ont depuis mis en évidence que la présence d'anticorps d'origine colostrale pouvait interférer avec la réussite de la vaccination chez les jeunes (Leemans *et al.*, 2013; Oura *et al.*, 2010; Vitour *et al.*, 2011), ces anticorps pouvant être détectés chez les jeunes bovins par séroneutralisation pendant 70 à 113 jours. Le risque que des animaux sous immunité colostrale ne répondent pas correctement à la vaccination est alors réelle. Ces résultats ont amené certains auteurs à préconiser chez les bovins, en période d'activité vectorielle, une vaccination avant l'âge de trois mois des veaux issus de mères vaccinées, puis à nouveau deux à quatre semaines après le sevrage; et une vaccination aux alentours de l'âge de cinq à six mois pendant les périodes de baisse de l'activité vectorielle (novembre à avril). En cas de nouvelle épizootie, ces données devront être prises en compte pour proposer un protocole vaccinal chez les jeunes permettant à la fois d'assurer une protection efficace tout en limitant les effets de la protection colostrale sur la réponse vaccinale.

### *L'émergence de nouveaux foyers de FCO en Europe : le maintien d'une vigilance est nécessaire*

Si la France est aujourd'hui indemne de FCO sur son territoire continental (la Corse et certains départements d'Outre-mer n'étant pas indemnes), la situation en Europe (présence de foyers de FCO en Corse, en Sardaigne, en Italie, en Espagne, en Grèce et dans les Balkans) peut laisser présager une possible émergence de nouveaux sérotypes en Europe de l'Ouest et du Nord.

La vigilance instaurée repose sur deux composantes: une surveillance dite « événementielle » (c'est-à-dire la surveillance de tout signe clinique évocateur de FCO et pour laquelle le génome du virus de la FCO est recherché par RT-PCR) et une surveillance programmée (enquête sérologique réalisée sur des bovins de moins de deux ans, n'ayant pas été vaccinés contre la FCO et exposés aux culicoïdes *via* un pâturage estival). La durée longue de l'immunité suite à une infection naturelle ou suite à une vaccination exclut la possibilité de réaliser la surveillance d'une nouvelle émergence de FCO en utilisant un outil sérologique sur sérum ou échantillon de lait (individuel ou lait de tank) issus d'animaux ayant été vaccinés. C'est pourquoi la surveillance sérologique est réalisée sur des jeunes bovins, non vaccinés.

### *L'émergence de nouveaux sérotypes inconnus : le maintien d'une recherche dynamique est nécessaire*

Longtemps composée de 24 sérotypes, la découverte de trois nouveaux sérotypes au cours des six dernières années, conduit à revoir la classification des sérotypes du virus: le BTV-25 (ou virus de Toggenburg, identifié en Suisse en 2008 (Chaignat *et al.*, 2009; Hofmann *et al.*, 2008)), le BTV-26 (identifié pour la première fois en 2010 au Koweït (Maan *et al.*, 2012)) et très récemment le probable nouveau sérotype, identifié en Corse (Zientara *et al.*, 2014). Ces trois nouveaux sérotypes présentent chacun la caractéristique d'avoir été isolés initialement chez des caprins asymptomatiques, et ne semblent pas être associés à une expression clinique chez les caprins infectés.

Plusieurs conséquences peuvent être tirées de ces découvertes (à la fois de nouveaux sérotypes connus et de nouveaux sérotypes jusqu'alors inconnus):

- la présence de nouveaux sérotypes, *a priori* non pathogènes chez les ruminants d'élevage, pose la question du risque de détection sérologique d'infections inapparentes, rendant l'interprétation de sérologies difficile (possible sur-déclaration);
- le développement continu d'outils moléculaires permettant de détecter la présence de ces potentielles nouvelles émergences impliquant des sérotypes connus mais exotiques ou de nouveaux virus;
- le développement continu d'outils sérologiques (outils utilisés pour la surveillance programmée de la FCO) permettant la détection simultanée d'un certain nombre d'agents pathogènes émergents ou à risques de réemergence (on pensera notamment au virus de la FCO mais aussi le virus Schmallenberg);
- le développement continu d'outils sérologiques permettant la détection sérologique simultanée de groupe et de type. Des travaux sur ce type d'outil, utilisant une technologie Luminex multiplex, sont actuellement en cours au Laboratoire national de référence FCO;
- de nouvelles technologies vaccinales permettant l'utilisation de la sérologie pour la détection différentielle d'animaux infectés tout en limitant la détection d'animaux vaccinés (technologie DIVA, pour « Differenciation between Infected and Vaccinated Animals »). De nombreuses études sur ce sujet sont actuellement menées sur ce sujet (Anderson *et al.*, 2014; van Rijn *et al.*, 2013).

## Références bibliographiques


Anderson, J., Hägglund, S., Bréard, E., Riou, M., Zohari, S., Comtet, L., Olofson, A.-S., Gélineau, R., Martin, G., Elvander, M., Blomqvist, G., Zientara, S., Valarcher, J.F., 2014. Strong protection induced by an experimental DIVA subunit vaccine against bluetongue virus serotype 8 in cattle. Vaccine. doi:10.1016/j.vaccine.2014.09.066

Backx, A., Heutink, R., van Rooij, E., van Rijn, P., 2009. Transplacental and oral transmission of wild-type bluetongue virus serotype 8 in cattle after experimental infection. Vet. Microbiol. 138, 235–243. doi:10.1016/j.vetmic.2009.04.003

Baetza, H.-J., 2014. Eradication of bluetongue disease in Germany by vaccination. Vet. Immunol. Immunopathol. 158, 116–119. doi:10.1016/j.vetimm.2013.09.001

Baldet, T., Delécolle, J.-C., Mathieu, B., de La Rocque, S., Roger, F., 2004. Entomological surveillance of bluetongue in France in 2002. Vet. Ital. 40, 226–231.

Batten, C.A., Edwards, L., Oura, C.A.L., 2013. Evaluation of the humoral immune responses in adult cattle and sheep, 4 and 2.5 years post-vaccination with a bluetongue serotype 8 inactivated vaccine. Vaccine 31, 3783–3785. doi:10.1016/j.vaccine.2013.06.033

Batten, C.A., Maan, S., Shaw, A.E., Maan, N.S., Mertens, P.P.C., 2008. A European field strain of bluetongue virus derived from two parental vaccine strains by genome segment reassortment. Virus Res. 137, 56–63. doi:10.1016/j.virusres.2008.05.016

Batten, C., Darpel, K., Henstock, M., Fay, P., Veronesi, E., Gubbins, S., Graves, S., Frost, L., Oura, C., 2014. Evidence for Transmission of Bluetongue Virus Serotype 26 through Direct Contact. PloS One 9, e96049. doi:10.1371/journal.pone.0096049

Belbis, G., Bréard, E., Cordonnier, N., Moulin, V., Desprat, A., Sailleau, C., Viarouge, C., Doceul, V., Zientara, S., Millemann, Y., 2013. Evidence of transplacental transmission of bluetongue virus serotype 8 in goats. Vet. Microbiol. 166, 394–404. doi:10.1016/j.vetmic.2013.06.020

Bréard, E., Belbis, G., Hamers, C., Moulin, V., Lilin, T., Moreau, F., Millemann, Y., Montange, C., Sailleau, C., Durand, B., Desprat, A., Viarouge, C., Hoffmann, B., de Smit, H., Goutebroze, S., Hudelet, P., Zientara, S., 2011.

Evaluation of humoral response and protective efficacy of two inactivated vaccines against bluetongue virus after vaccination of goats. Vaccine 29, 2495–2502. doi:10.1016/j.vaccine.2010.12.105

Bréard, E., Pozzi, N., Sailleau, C., Durand, B., Catinot, V., Sellem, E., Dumont, P., Guérin, B., Zientara, S., 2007. Transient adverse effects of an attenuated bluetongue virus vaccine on the quality of ram semen. Vet. Rec. 160, 431–435.

Büchi, M., Abril, C., Vögtlin, A., Schwermer, H., 2014. Prevalence of antibodies against bluetongue virus serotype 8 in bulk-tank milk samples from dairy cattle herds located in risk areas for bluetongue virus transmission after a vaccination programme in Switzerland. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 127, 158–162.

Carpenter, S., McArthur, C., Selby, R., Ward, R., Nolan, D.V., Luntz, A.J.M., Dallas, J.F., Tripet, F., Mellor, P.S., 2008. Experimental infection studies of UK *Culicoides* species midges with bluetongue virus serotypes 8 and 9. Vet. Rec. 163, 589–592.

Chaignat, V., Worwa, G., Scherrer, N., Hilbe, M., Ehrensperger, F., Batten, C., Cortyen, M., Hofmann, M., Thuer, B., 2009. Toggenburg Orbivirus, a new bluetongue virus: initial detection, first observations in field and experimental infection of goats and sheep. Vet. Microbiol. 138, 11–19. doi:10.1016/j.vetmic.2009.02.003

Coetzee, P., Stokstad, M., Myrmel, M., Mutowembwa, P., Loken, T., Venter, E.H., Van Vuuren, M., 2013. Transplacental infection in goats experimentally infected with a European strain of bluetongue virus serotype 8. Vet. J. Lond. Engl. 1997 197, 335–341. doi:10.1016/j.tvjl.2013.01.005

Dal Pozzo, F., Saegerman, C., Thiry, E., 2009. Bovine infection with bluetongue virus with special emphasis on European serotype 8. Vet. J. Lond. Engl. 1997 182, 142–151. doi:10.1016/j.tvjl.2009.05.004.

De Clercq, K., De Leeuw, I., Verheyden, B., Vandemeulebroucke, E., Vanbinst, T., Herr, C., Méroc, E., Bertels, G., Steurbaut, N., Miry, C., De Bleecker, K., Maquet, G., Bughin, J., Saulmont, M., Lebrun, M., Sustronck, B., De Deken, R., Hooyberghs, J., Houdart, P., Raemaekers, M., Mintiens, K., Kerkhofs, P., Goris, N., Vandenbussche, F., 2008. Transplacental infection and apparently immunotolerance induced by a wild-type bluetongue virus serotype 8 natural infection. Transbound. Emerg. Dis. 55, 352–359. doi:10.1111/j.1865-1682.2008.01044.x.

De Clercq, K., Mertens, P., De Leeuw, I., Oura, C., Houdart, P., Potgieter, A.C., Maan, S., Hooyberghs, J., Batten, C., Vandemeulebroucke, E., Wright, I.M., Maan, N., Riocreux, F., Sanders, A., Vanderstede, Y., Nomikou, K., Raemaekers, M., Bin-Tarif, A., Shaw, A., Henstock, M., Bréard, E., Dubois, E., Gastaldi-Thiéry, C., Zientara, S., Verheyden, B., Vandenbussche, F., 2009. Emergence of bluetongue serotypes in Europe, part 2: the occurrence of a BTV-11 strain in Belgium. Transbound. Emerg. Dis. 56, 355–361. doi:10.1111/j.1865-1682.2009.01092.x.

Desmecht, D., Bergh, R.V., Sartelet, A., Leclerc, M., Mignot, C., Misse, F., Sudraud, C., Berthemin, S., Jolly, S., Mousset, B., Linden, A., Coignoul, F., Cassart, D., 2008. Evidence for transplacental transmission of the current wild-type strain of bluetongue virus serotype 8 in cattle. Vet. Rec. 163, 50–52.

Dijkstra, E., van der Ven, I.J.K., Meiswinkel, R., Hölzel, D.R., Van Rijn, P.A., Meiswinkel, R., 2008. *Culicoides chiopterus* as a potential vector of bluetongue virus in Europe. Vet. Rec. 162, 422.

*FCO Info* : Campagnes de vaccination 2008 et 2009 : un bilan globalement positif du point de vue de la pharmacovigilance [WWW Document], n.d. URL http://www.fcoinfo.fr/spip.php?article423 (accessed 11.24.14).

Goldarazena, A., Romón, P., Aduriz, G., Balenghien, T., Baldet, T., Delécolle, J.-C., 2008. First record of *Culicoides imicola*, the main vector of bluetongue virus in Europe, in the Basque Country (northern Spain). Vet. Rec. 162, 820–821.

Hamers, C., Galleau, S., Chery, R., Blanchet, M., Besancon, L., Cariou, C., Werle-Lapostolle, B., Hudelet, P., Goutebroze, S., 2009. Use of inactivated bluetongue virus serotype 8 vaccine against virulent challenge in sheep and cattle. Vet. Rec. 165, 369–373.

Hofmann, M.A., Renzullo, S., Mader, M., Chaignat, V., Worwa, G., Thuer, B., 2008. Genetic characterization of toggenburg orbivirus, a new bluetongue virus, from goats, Switzerland. Emerg. Infect. Dis. 14, 1855–1861. doi:10.3201/eid1412.080818.

Leemans, J., Hamers, C., Chery, R., Bibard, A., Besancon, L., Duboeuf, M., Hudelet, P., Goutebroze, S., Kirschvink, N., 2013. Interference of colostral antibodies with response to a Bluetongue serotype 8 inactivated vaccine in lambs born from hyperimmune ewes. Vaccine 31, 1975–1980. doi:10.1016/j.vaccine.2013.02.005.

Lehmann, K., Werner, D., Hoffmann, B., Kampen, H., 2012. PCR identification of culicoid biting midges (Diptera, Ceratopogonidae) of the Obsoletus complex including putative vectors of bluetongue and Schmallenberg viruses. Parasit. Vectors 5, 213. doi:10.1186/1756-3305-5-213.

Maan, N.S., Maan, S., Belaganahalli, M.N., Ostlund, E.N., Johnson, D.J., Nomikou, K., Mertens, P.P.C., 2012. Identification and differentiation of the twenty six bluetongue virus serotypes by RT-PCR amplification of the serotype-specific genome segment 2. PloS One 7, e32601. doi:10.1371/journal.pone.0032601.

MacLachlan, N.J., 2004. Bluetongue: pathogenesis and duration of viraemia. Vet. Ital. 40, 462–467.

MacLachlan, N.J., Conley, A.J., Kennedy, P.C., 2000. Bluetongue and equine viral arteritis viruses as models of virus-induced fetal injury and abortion. Anim. Reprod. Sci. 60-61, 643–651.

Menzies, F.D., McCullough, S.J., McKeown, I.M., Forster, J.L., Jess, S., Batten, C., Murchie, A.K., Gloster, J., Fallows, J.G., Pelgrim, W., Mellor, P.S., Oura, C.A.L., 2008. Evidence for transplacental and contact transmission of bluetongue virus in cattle. Vet. Rec. 163, 203–209.

Nusinovici, S., Seegers, H., Joly, A., Beaudeau, F., Fourichon, C., 2011. A side effect of decreased fertility associated with vaccination against bluetongue virus serotype 8 in Holstein dairy cows. Prev. Vet. Med. 101, 42–50. doi:10.1016/j.prevetmed.2011.05.011.

Oura, C. a. L., Wood, J.L.N., Floyd, T., Sanders, A.J., Bin-Tarif, A., Henstock, M., Edwards, L., Simmons, H., Batten, C.A., 2010. Colostral antibody protection and interference with immunity in lambs born from sheep vaccinated with an inactivated Bluetongue serotype 8 vaccine. Vaccine 28, 2749–2753. doi:10.1016/j.vaccine.2010.01.028.

Perrin, J.B., Sailleau, C., Bréard, E., Viarouge, C., Dominguez, M., Zientara, S., 2013. Fièvre Catarrhale ovine en 2013 : statut indemne en France continentale - apparition de foyers cliniques dus au sérotype 1 en Corse. Bull. Épidémiologique Santé Anim. Aliment. 38–40.

Pioz, M., Guis, H., Pleydell, D., Gay, E., Calavas, D., Durand, B., Ducrot, C., Lancelot, R., 2014. Did Vaccination Slow the Spread of Bluetongue in France? PLoS ONE 9. doi:10.1371/journal.pone.0085444.

Sailleau, C., Viarouge, C., Bréard, E., Perrin, J.B., Doceul, V., Vitour, D., Zientara, S., 2014. Emergence of Bluetongue Virus Serotype 1 in French Corsica Island in September 2013. Transbound. Emerg. Dis. doi:10.1111/tbed.12207.

Santman-Berends, I.M.G.A., Hage, J.J., van Rijn, P.A., Stegeman, J.A., van Schaik, G., 2010. Bluetongue virus serotype 8 (BTV-8) infection reduces fertility of Dutch dairy cattle and is vertically transmitted to offspring. Theriogenology 74, 1377–1384. doi:10.1016/j.theriogenology.2010.06.008.

Savini, G., MacLachlan, N.J., Sánchez-Vizcaino, J.-M., Zientara, S., 2008. Vaccines against bluetongue in Europe. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis., Special Issue: Aspects of vaccine development 31, 101–120. doi:10.1016/j.cimid.2007.07.006.

Sellers, R.F., Pedgley, D.E., Tucker, M.R., 1978. Possible windborne spread of bluetongue to Portugal, June-July 1956. J. Hyg. (Lond.) 81, 189–196.

Spreull, J., 1905. Malarial Catarrhal Fever (Bluetongue) of Sheep in South Africa. J. Comp. Pathol. Ther. 18, 321–337. doi:10.1016/S0368-1742(05)80073-6.

Van der Sluijs, M., Timmermans, M., Moulin, V., Noordegraaf, C.V., Vrijenhoek, M., Debyser, I., de Smit, A.J., Moormann, R., 2011. Transplacental transmission of Bluetongue virus serotype 8 in ewes in early and mid gestation. Vet. Microbiol. 149, 113–125. doi:10.1016/j.vetmic.2010.11.002.

Van Rijn, P.A., van de Water, S.G.P., van Gennip, H.G.P., 2013. Bluetongue virus with mutated genome segment 10 to differentiate infected from vaccinated animals: a genetic DIVA approach. Vaccine 31, 5005–5008. doi:10.1016/j.vaccine.2013.08.089.

Vitour, D., Guillotin, J., Sailleau, C., Viarouge, C., Desprat, A., Wolff, F., Belbis, G., Durand, B., Bakkali-Kassimi, L., Breard, E., Zientara, S., Zanella, G., 2011. Colostral antibody induced interference of inactivated bluetongue serotype-8 vaccines in calves. Vet. Res. 42, 18. doi:10.1186/1297-9716-42-18.

Zientara, S., Sailleau, C., Dauphin, G., Roquier, C., Rémond, E.M., Lebreton, F., Hammoumi, S., Dubois, E., Agier, C., Merle, G., Bréard, E., 2002. Identification of bluetongue virus serotype 2 (Corsican strain) by reverse-transcriptase PCR reaction analysis of segment 2 of the genome. Vet. Rec. 150, 598–601.

Zientara, S., Sailleau, C., Viarouge, C., Höper, D., Beer, M., Jenckel, M., Hoffmann, B., Romey, A., Bakkali-Kassimi, L., Fablet, A., Vitour, D., Bréard, E., 2014. Novel Bluetongue Virus in Goats, Corsica, France, 2014. Emerg. Infect. Dis. 20, 2123–2125.

Zimmer, J.-Y., Brostaux, Y., Haubruge, E., Francis, F., 2014. Larval development sites of the main *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) in northern Europe and distribution of coprophilic species larvae in Belgian pastures. Vet. Parasitol. doi:10.1016/j.vetpar.2014.08.029.

Carte heuristique.

**Directeur de publication:** Marc Mortureux
**Directeur associé:** Patrick Dehaumont
**Comité de rédaction:** Sandrine Baron, Didier Boisseleau, Anne Brisabois, Corinne Danan, Françoise Gauchard, Pascal Hendrikx, Paul Martin, Sylvain Traynard
**Rédacteur en chef:** Didier Calavas
**Rédactrice en chef adjointe:** Clara Marcé

**Secrétaire de rédaction:** Catherine Delorme
**Responsable d'édition:** Fabrice Coutureau
**Assistante d'édition:** Céline Leterq
**Webmaster du site du BE:** Julien Vigneron
**Anses** - www.anses.fr
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex

**Courriel:** bulletin.epidemio@anses.fr
**Conception et réalisation:** Parimage
**Impression:** Bialec
65 boulevard d'Austrasie - 54000 Nancy
**Tirage:** 4000 exemplaires
**Dépôt légal à parution/ISSN 1630-8018**

Numéro coordonné par : Paul Martin (1), Céline Richomme (2), Pascal Hendrikx (3), Renaud Lancelot (4), Clara Marcé (5), Didier Calavas (1)

(1) Anses, Laboratoire de Lyon, France
(2) Anses, Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Nancy, France
(3) Anses, Direction des laboratoires, Unité de coordination et d'animation de la surveillance (UCAS), Maisons-Alfort, France
(4) Cirad, UMR CMAEE, Montpellier, France
(5) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris, France

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail