

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, Randrianarivoelosia *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 triatomés, 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 CO₂ a quant à lui pour but d'attirer les moustiques adultes en quête d'un repas de sang. Attirés par le souffle discontinu de CO₂ 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 CO₂), 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 médias; 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 m², 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 stades (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 piègeages 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).

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'efficacité 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.

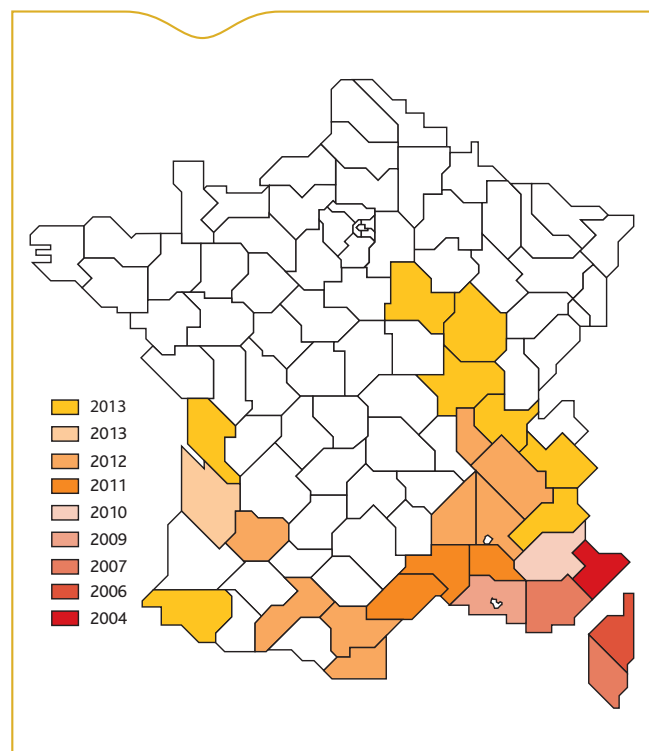


Figure 1. Présence d'*Aedes albopictus* dans les départements de France métropolitaine : population présente et active (nuances de rouge à rose selon l'année de la première colonisation) ; interception ponctuelle (jaune). Les données d'interception résultant de la surveillance entomologique illustrent 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)

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.

Randrianarivelosia, 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.