

## **Modalités de piégeage des moustiques adultes autour des cas autochtones d'arboviroses**

### **1. Objectifs possibles de la recherche virale chez les moustiques**

La capture de moustiques adultes avec recherche de matériel viral peut répondre à différents objectifs qu'il est utile de rappeler ici. Ces différents objectifs ne seront pas tous pertinents en fonction du système vectoriel considéré.

#### **a. Identification de la ou des espèces vectrices**

En cas d'émergence d'un agent pathogène transmis par un vecteur, la première étape, indispensable, consiste à identifier le ou les vecteurs impliqués, en particulier pour optimiser la stratégie de réponse. Un tel objectif pourrait par exemple être poursuivi en cas d'émergence d'arbovirose à Mayotte où plusieurs vecteurs potentiels sont présents, ou en cas d'émergence d'un agent pathogène dans un nouvel environnement. Pour prendre un autre exemple d'actualité bien qu'extérieur à la France, une telle question semble primordiale dans le contexte d'émergence du virus Zika au Brésil, pays où *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* sont présents, mais où à l'heure actuelle aucun élément ne permet de dire si l'une ou les deux espèces contribuent de manière significative à la transmission du virus. Cet objectif n'a que très peu d'intérêt dans le cadre du plan antidissémination de la dengue et du chikungunya en France métropolitaine, étant donné qu'*Aedes albopictus* est clairement identifié comme étant le vecteur. Il serait en revanche pertinent en cas de circulation de West Nile, plusieurs espèces vectrices pouvant être impliquées (en particulier *Culex pipiens* et *Culex modestus*), voire en cas de circulation du virus Zika, pour lequel des doutes subsistent quant aux vecteurs potentiels.

#### **b. Identification de la souche circulante**

Dans certains cas, l'isolement viral à partir des vecteurs est un moyen très efficace pour détecter et si possible isoler le virus circulant. C'est en particulier le cas pour des virus à l'origine d'une virémie très courte chez les hôtes vertébrés (cas du virus West Nile par exemple) pour lesquels l'isolement chez ces hôtes vertébrés est délicat.

De manière générale, l'isolement des souches circulantes contribue aux travaux d'expertise – en particulier réalisés par le Centre National de Référence des arbovirus – visant à mieux comprendre la circulation de ces virus.

Ceci permet enfin de disposer de souches circulantes et de faciliter la mise en place d'expérimentations visant à mieux caractériser les interactions virus-vecteurs (compétence

vectorielle, durée de la période d'incubation extrinsèque,...) et d'améliorer ainsi *in fine* la connaissance des systèmes vectoriels et la définition de mesures de gestion adaptées.

L'intérêt de cet objectif est assez relatif dans le cadre du plan antidissémination étant donné qu'il est généralement possible d'obtenir du matériel viral dans les prélèvements faits sur des cas autochtones. Toutefois, en cas de transmission sporadique et de détection des cas après leur virémie, la recherche de virus au niveau des moustiques présentera un intérêt à des fins épidémiologiques mais avec toutefois une chance de réussite d'autant plus faible que le piégeage aura lieu longtemps après l'apparition des cas.

### **c. Evaluation du risque de transmission (taux d'infection)**

La recherche virale dans le compartiment entomologique fournit une évaluation épidémiologique pertinente. Une estimation du taux d'infection est un élément qui permet d'évaluer le risque de transmission (variation dans le temps et dans l'espace) et de mieux comprendre la dynamique de la transmission de ce type de pathogènes. Il est en particulier utile de renseigner systématiquement un certain nombre de données à chaque épisode d'émergence afin de disposer de données historiques sur les conditions favorables à une circulation autochtone. Le risque de transmission peut en particulier s'apprécier en renseignant les étapes suivantes :

Densité vectorielle → densité de vecteurs infectés → densité de vecteurs infectants

Aussi, en cas de transmission autochtone, il est intéressant de connaître le taux d'infection des vecteurs (Minimum Infection Rate ou MIR). L'identification de virus chez les vecteurs permet par ailleurs de fournir des éléments quant à la localisation de l'activité virale.

Cet objectif, à des fins d'évaluation des risques, est le principal objectif d'intérêt dans le cadre du plan antidissémination, d'autant plus que très peu d'informations sont disponibles concernant les conditions de circulation de ces arbovirus dans des contextes tempérés.

Dans le même esprit et toujours à des fins d'évaluation des risques et de caractérisation des situations favorables à la transmission, un travail de piégeage d'adultes avec recherche de matériel viral pourrait être initié autour des cas importés. Un tel projet permettrait de disposer d'éléments permettant de mieux caractériser les risques d'une circulation silencieuse et d'une transmission de ces virus autour de cas importés. L'information résultante permettrait d'estimer avec beaucoup plus de précision et avec des données de terrain le risque d'infection autochtone à partir de cas importés (en fonction des conditions environnementales, climatiques et de la souche virale).

### **d. Détection précoce**

Dans certains cas, la surveillance entomologique peut constituer un moyen performant pour la détection précoce d'une circulation virale, en amont de tout cas humain et ainsi permettre la mise en œuvre de stratégies de réduction des risques afin de prévenir l'apparition de cas humains (van den Hurk et al., 2012). Du fait de la faible puissance de détection de ce type d'événement rare, le piégeage au niveau des zones les plus à risque zone de contact entre moustiques et faune sauvage par exemple) pourra être privilégiée (Gu et al., 2008).

En revanche, s'agissant du risque arbovirose induit pas la présence d'*Aedes albopictus*, cet objectif ne semble pas pertinent du fait de l'importance de la pression d'importation des virus et du caractère aléatoire de la répartition géographique des cas importés.

#### **e. Suivi d'une circulation autochtone : aide à la décision pour la mise en place des mesures de gestion (intensité, étendue)**

L'évaluation de l'intensité et de l'étendue de la transmission permet d'évaluer l'adéquation des mesures de gestion mises en œuvre.

Par exemple, la mise en évidence d'une circulation virale à l'extérieur du périmètre d'intervention nécessiterait de reconsidérer le dimensionnement de ce périmètre.

Cependant, une telle surveillance demande un effort de piégeage important. En effet, la capture de moustiques pour de la recherche virale nécessite de relever les pièges quotidiennement et la faible probabilité de détection, qui plus est à distance de la zone précise de circulation, un effort de piégeage conséquent. Afin de pallier cette difficulté, la mise en œuvre de nouvelles techniques pourrait s'avérer intéressante. Ainsi, récemment, deux techniques ont été proposées pour collecter la salive de moustique : les cartes FTA recouvertes de miel et les stations avec appâts sucrés. Ces techniques ont montré des résultats prometteurs en Australie et aux Etats-Unis (Johnson et al., 2015 ; Lothrop et al., 2012 ; Ritchie et al., 2013 ; van der Hurk et al., 2014), aussi leur potentiel en France métropolitaine mériterait d'être mieux évalué.

#### **f. Evaluation de l'efficacité de la LAV**

Le piégeage d'adultes avec recherche virale peut contribuer à l'évaluation de l'efficacité des opérations de LAV.

Néanmoins, dans ce cas-là, les efforts seront plutôt portés sur la capture d'adultes de manière homogène au niveau de la zone traitée et d'une ou deux zones témoin, sans forcément rajouter une opération de recherche virale nécessitant des contraintes logistiques et techniques supplémentaires.

## **2. Conclusions**

Pour résumer, la capture d'adultes associée à une recherche virale présente plusieurs intérêts dans le cadre de la mise en œuvre du plan antidissémination de la dengue et du chikungunya en France métropolitaine, en particulier à des fins d'investigation épidémiologique, d'évaluation des risques et du dimensionnement du dispositif global de surveillance.

En tout état de cause, en cas de transmission vectorielle il est toujours utile de collecter un maximum d'informations permettant de caractériser la situation afin d'essayer de définir des conditions propices à cette transmission (données climatiques, épidémiologiques, et entomologiques : densité vectorielle, structure d'âge de la population, MIR...), d'améliorer l'évaluation des risques et développer des systèmes d'alerte précoce afin d'optimiser les mesures de gestion.

## **3. Modalités de capture**

Bien souvent, il est préconisé de réaliser un échantillonnage aléatoire afin d'obtenir des échantillons représentatifs. Cependant, un échantillonnage aléatoire est dans certains cas inadapté à certains objectifs, en particulier pour des événements rares comme ceci peut être le cas dans des contextes de faible transmission. Dans ce cas, des considérations épidémiologiques peuvent prévaloir devant des considérations statistiques, en particulier lorsque les ressources disponibles pour l'échantillonnage sont limitées, pour accroître la puissance de détection. Il apparaît ainsi plus efficient

de se focaliser sur les zones critiques de transmission, que ce soit en contexte de transmission avérée ou pour un objectif de détection précoce.

Des travaux – menés sur la transmission de la dengue par *Aedes aegypti* – ont montré que la probabilité de capturer des vecteurs infectés augmentait d'une part avec la précocité du piégeage vis-à-vis des épisodes de transmission autochtone et la proximité spatiale avec les cas autochtones, en particulier ceux à l'origine d'une transmission secondaire (Thomas et al., 2015).

Dans le cadre du plan antidissémination de la dengue et du chikungunya, le piégeage doit ainsi être mis en œuvre aussi rapidement que possible de la suspicion de transmission autochtone et l'effort de capture doit généralement être réalisé à proximité directe des cas, voire dans un périmètre plus large en fonction de l'objectif recherché.

Le réseau de piégeage doit être dimensionné au cas par cas, au regard de la configuration locale du lieu de transmission. Des généralités peuvent cependant être énoncées, afin de proposer un ordre de grandeur. Les aspects logistiques constituent également un point crucial en termes de faisabilité. Ainsi, on estime qu'un réseau d'environ 20 pièges au niveau d'une même zone urbaine est gérable d'un point de vue logistique par un agent. Un réseau pourrait par conséquent être développé comme suit autour d'un cas autochtone :

- Environ 5 pièges à proximité directe de chaque cas autochtone,
- Environ 5 pièges répartis dans un périmètre d'un rayon de 50 mètres autour du cas,
- Environ 10 pièges répartis dans un périmètre compris entre 50 et 100 m autour du cas.

Face à la survenue de plusieurs cas, le réseau pourra être développé comme proposé précédemment ou, en cas de limites logistiques, la priorité sera donnée à l'échantillonnage à proximité directe des cas, notamment des cas temporellement les plus récents en termes de date de début des signes. Du fait de la dégradation rapide du matériel viral dans les moustiques morts, les pièges doivent être relevés quotidiennement, idéalement tout au long de l'alerte (niveau albopictus supérieur à 1). La mise en place d'une procédure de respect de la chaîne du froid est une étape critique. Les spécimens collectés doivent ensuite être triés par espèce puis par sexe. Des pools sont constitués par piège et par jour de capture.

A ce stade, il est par ailleurs illusoire de considérer ce seul type de piégeage comme suffisant pour mettre en évidence une poursuite de la transmission. La surveillance épidémiologique du foyer doit être maintenue à cet effet.

Cette question mériterait d'être approfondie pour la transmission du virus West Nile, notamment en termes de système d'alerte précoce.

Le tableau ci-dessous résume les différentes modalités de capture qui pourraient s'avérer nécessaires en fonction des objectifs poursuivis en s'attachant à distinguer ce qui relève de la recherche, de l'évaluation et de la gestion des risques. Il semble toutefois utile d'insister que ces différentes finalités ne doivent pas être considérées comme des missions dissociées mais plutôt comme un continuum visant à améliorer la réponse de santé publique.

Objectif	Cadre / virus ciblé	Zone de piégeage	Effort de piégeage	Fréquence de piégeage	durée de piégeage	Finalité
Identification de la ou des espèces vectrices	émergence	Autour de cas (rayon de 50 m)	Environ 10 pièges autour de chaque cas	Tous les jours	Entre 1 semaine et 15 jours en fonction de l'intensité de la transmission	Evaluation des risques, aide à la décision
Détection précoce	Virus endémiques, VWN, virus Usutu	« hotspots » de circulation, zone de contact entre moustiques et faune sauvage (aviaire)	Réseau étendu sur l'ensemble de la zone à risque. 1 piège tous les 5-10 km (à préciser au cas par cas)	Tous les 15 jours	Pendant toute la saison à risque	aide à la décision
Evaluation du risque de transmission (taux d'infection)	Circulation autochtone	Autour de cas (rayon de 50 m)	Environ 5 pièges autour de chaque cas, Environ 5 pièges dans un rayon de 50m, 5 à 10 pièges dans un rayon de 100m	Tous les 3-4 jours	Pendant tout de l'épisode de circulation	Evaluation des risques (recherche opérationnelle)
	Cas importés	Autour de cas (rayon de 50 m)	Environ 5 pièges autour de chaque cas	Tous les 3-4 jours	Deux semaines	Evaluation des risques (recherche opérationnelle)
Identification de la souche circulante	VWN, émergence	Autour de cas (selon l'hôte et le virus considérés)	Environ 5 pièges autour de chaque zone de circulation	Tous les 3-4 jours	Jusqu'à identification du pathogène	Surveillance
Suivi d'une situation de circulation	Circulation autochtone	zone d'intervention élargie	1 piège pour 10 maisons environ	1 fois par semaine	Pendant tout de l'épisode de circulation	Outil d'aide à la décision
Evaluation de l'efficacité de la LAV	Lors de la mise en œuvre de LAV	Dans le périmètre d'intervention et à proximité + zones témoins	Important sur la zone d'intervention, similaire sur les zones témoins	J-3, J0, J3, J6 et J13 au minimum	15 jours	Surveillance, aide à la décision

**Tableau 1.** Synthèse des différents objectifs et modalités associées pour la recherche de virus au niveau des moustiques. LAV : lutte antivectorielle ; VWN : virus West Nile

## Références :

- Johnson BJ, Kerlin T, Hall-Mendelin S, van den Hurk AF, Cortis G, Doggett SL, Toi C, Fall K, McMahon JL, Townsend M, Ritchie SA. Development and field evaluation of the sentinel mosquito arbovirus capture kit (SMACK). *Parasites & vectors*. 2015 Dec 1;8(1):1-0.
- Gu W, Unnasch TR, Katholi CR, Lampman R, Novak RJ. Fundamental issues in mosquito surveillance for arboviral transmission. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2008 Aug;102(8):817-22. doi: 10.1016/j.trstmh.2008.03.019. Epub 2008 May 7.
- Lothrop HD, Wheeler SS, Fang Y, Reisen WK. Use of scented sugar bait stations to track mosquito-borne arbovirus transmission in California. *Journal of medical entomology*. 2012 Dec 1;49(6):1466-72.
- Ritchie SA, Cortis G, Paton C, Townsend M, Shroyer D, Zborowski P, Hall-Mendelin S, Van Den Hurk AF. A simple non-powered passive trap for the collection of mosquitoes for arbovirus surveillance. *Journal of medical entomology*. 2013 Jan 1;50(1):185-94.
- Thomas SJ, Aldstadt J, Jarman RG, Buddhari D, Yoon IK, Richardson JH, Ponlawat A, Iamsirithaworn S, Scott TW, Rothman AL, Gibbons RV, Lambrechts L, Endy TP. Improving dengue virus capture rates in humans and vectors in Kamphaeng Phet Province, Thailand, using an enhanced spatiotemporal surveillance strategy. *Am J Trop Med Hyg*. 2015 Jul;93(1):24-32. doi: 10.4269/ajtmh.14-0242. Epub 2015 May 18.
- van den Hurk AF, Hall-Mendelin S, Johansen CA, Warrilow D, Ritchie SA. Evolution of mosquito-based arbovirus surveillance systems in Australia. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:325659. doi: 10.1155/2012/325659. Epub 2012 Mar 11
- van den Hurk AF, Hall-Mendelin S, Townsend M, Kurucz N, Edwards J, Ehlers G, Rodwell C, Moore FA, McMahon JL, Northill JA, Simmons RJ. Applications of a sugar-based surveillance system to track arboviruses in wild mosquito populations. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2014 Jan 1;14(1):66-73.