

## Efficacité d'un système de barrière de pièges pour lutter contre *Aedes albopictus* : une stratégie d'« élimination par piégeage »

Mohammad Akhoundi <sup>1,2\*</sup>, Frédéric Jourdain <sup>3</sup>, Fabrice Chandre <sup>2,3</sup>, Pascal Delaunay <sup>1,2†</sup> et David Roiz <sup>2†</sup>

### Résumé

**Contexte :** *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* sont les principaux vecteurs de transmission de plusieurs agents pathogènes viraux, en particulier la dengue, le zika et le chikungunya. En l'absence de vaccins et de traitements, le contrôle des moustiques *Aedes* est le seul moyen de maîtriser ces maladies. Le contrôle d'*Aedes* est difficile, et il est donc nécessaire d'évaluer l'efficacité de nouvelles méthodes de contrôle, en particulier celles ciblant des populations adultes et exophiles d'*Ae. albopictus*.

**Méthodes :** Nous avons réalisé la première évaluation de l'efficacité d'un système de barrière de pièges, c'est-à-dire une stratégie de contrôle extérieur d'« élimination par piégeage » pour *Ae. albopictus* dans le sud de la France.

**Résultats :** La stratégie de contrôle d'élimination par piégeage est un système efficace, capable de réduire à presque zéro le taux de piqûre du moustique tigre dans et autour des maisons avec des pièges installés. Cette stratégie présente l'avantage d'être une méthode non chimique, qui respecte l'environnement et n'affecte pas la faune non ciblée. Néanmoins, elle présente plusieurs contraintes dont le coût du CO<sub>2</sub> nécessaire au fonctionnement du système. Cependant, le système pourrait être optimisé en réduisant les coûts et en le combinant avec d'autres stratégies de lutte dans le cadre de la gestion intégrée des vecteurs.

**Conclusions :** Nous fournissons la première preuve de l'efficacité de ce système de barrière de pièges, qui est basé sur l'effet combiné de (i) éliminer les moustiques adultes vivant dans la zone, et (ii) entraver la migration des moustiques de l'extérieur vers la zone traitée. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre son efficacité pour d'autres espèces, d'autres sites et communautés à risque, et pour évaluer son application pour réduire la prévalence de la dengue, du virus zika et du chikungunya.

**Mots clés :** Contrôle antivectérielle, Méthode d'élimination, Système de barrière de pièges, Piège à appât au CO<sub>2</sub>, *Aedes albopictus*

### Contexte

Les maladies à transmission vectorielle font partie des principales causes de mortalité et de morbidité chez l'homme, avec plus d'un milliard de personnes infectées et plus d'un million de décès par an [1]. L'augmentation des voyages et du commerce au cours des dernières décennies et l'urbanisation incontrôlée en ont fait une menace mondiale et ont augmenté les risques et le fardeau des maladies. À l'heure actuelle, l'émergence du virus Zika ainsi que l'augmentation des cas de dengue et de chikungunya, le contrôle et la surveillance des maladies transmises par *Aedes* sont devenus une priorité de santé publique [2].

Les agents étiologiques de ces maladies, principalement transmises par *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, sont apparus non seulement dans les régions tropicales mais aussi

dans les zones tempérées, principalement en raison de la propagation d'*Ae. albopictus* [3]. Ces espèces se sont implantées en France depuis 2004, surtout sur le littoral méditerranéen, y compris Nice. Les populations d'*Ae. albopictus* de cette zone se sont avérées susceptibles de transmettre les virus du chikungunya et de la dengue dans des conditions de laboratoire [4] et, dans une moindre mesure, pour les virus Zika et de la fièvre jaune [5, 6]. *Aedes albopictus* peut être présent à des densités élevées et est responsable de plusieurs cas de dengue et de chikungunya dans le sud de la France [7–12]. Il a également été signalé comme vecteur de plusieurs épidémies de dengue et de chikungunya dans d'autres pays européens [13–15]. Pour réduire le risque de virus transmis par *Aedes* et de nuisances liées aux moustiques en Europe, il est primordial de contrôler les populations d'*Ae. albopictus*.

Le contrôle des populations d'*Ae. albopictus* est une tâche difficile et complexe, car ces moustiques peuvent se reproduire dans des réceptacles temporaires peu visibles, fortement présents dans les environnements domestiques [16, 17]. Des rapports récents prouvant l'efficacité des stratégies de lutte contre *Aedes* (y

\* Correspondance : [m.akhoundi@yahoo.com](mailto:m.akhoundi@yahoo.com)

† Contributeurs égaux

<sup>1</sup> Service Parasitologie-Mycoologie, Hôpital de l'Archet, CHU de Nice, Nice, France

<sup>2</sup> MIVEGEC, UMR IRD224-CNRS5290-Université de Montpellier, Montpellier, France

La liste complète des informations sur les auteurs est disponible à la fin de l'article

compris contre *Ae. Albopictus*) montrent qu'elles sont généralement faibles [18]. La lutte chimique à l'aide d'insecticides a été la principale stratégie de contrôle des populations adultes d'*Aedes* au cours des 60 dernières années, mais elle présente de nombreux inconvénients, notamment la résistance aux insecticides, la contamination environnementale, la bioaccumulation des toxines, l'impact sur la faune non ciblée et une acceptabilité limitée. Il est donc urgent de trouver de nouvelles stratégies efficaces qui ciblent les populations adultes [19] et, en particulier pour *Ae. albopictus*, dont les populations sont majoritairement exophiles [3].

Compte tenu de tout cela, il est primordial d'étudier de nouvelles méthodes de contrôle des moustiques pour le futur. Ces méthodes doivent être complémentaires aux stratégies actuelles et de préférence (i) cibler les populations adultes, en particulier les femelles en quête d'hôtes (même si le contrôle larvaire est prioritaire); (ii) utiliser des insecticides non chimiques, compte tenu de l'émergence d'une nouvelle génération (ou population) de moustiques résistants aux insecticides; et (iii) être spécifique à l'espèce pour éviter les impacts négatifs sur les organismes non ciblés et, plus largement, sur l'environnement.

L'élimination par piégeage implique l'utilisation d'appâts spécifiques pour attirer un grand nombre d'insectes d'espèces spécifiques, puis les tuer pour réduire/éliminer une population dans une zone prédéfinie [20]. Cette stratégie a été utilisée avec succès contre les mouches *Hippelates* aux États-Unis [21], les mouches tsé-tsé en Afrique de l'Ouest [22–24], les *Stomoxys calcitrans* en Australie [25] et les tabanidés aux États-Unis [26]. Elle a permis d'éliminer les insectes vecteurs de la maladie du sommeil dans de nombreux sites en Afrique de l'Ouest [24].

Peu d'études ont été menées sur l'utilisation de systèmes de barrière de pièges pour contrôler les moustiques, mais il convient de mentionner les différentes expériences effectuées depuis 1996 pour contrôler les moustiques des marais salants (*Ochlerotatus taeniorhynchus*) en Floride [27] et dans le Golfe du Mexique [28].

Malgré ces recherches, quelques études ont rapporté que ces pièges barrières étaient inefficaces pour lutter contre les moustiques [29]. Une revue de ces études a été réalisée dans le passé [20, 28] et, à notre connaissance, aucune nouvelle expérience n'a été réalisée récemment avec des moustiques. Une stratégie de contrôle similaire avec une large utilisation des pièges BG-Sentinel (Biogents AG, Regensburg, Allemagne) - mais pas comme un système de barrière de pièges - a été utilisée pour le piégeage de masse d'*Aedes aegypti* au Brésil [30]. Récemment, une intervention avec des pièges BG-Sentinel en conjonction avec BG-Lure a entraîné une réduction de pression de piqûres d'*Ae. albopictus* en Italie [31].

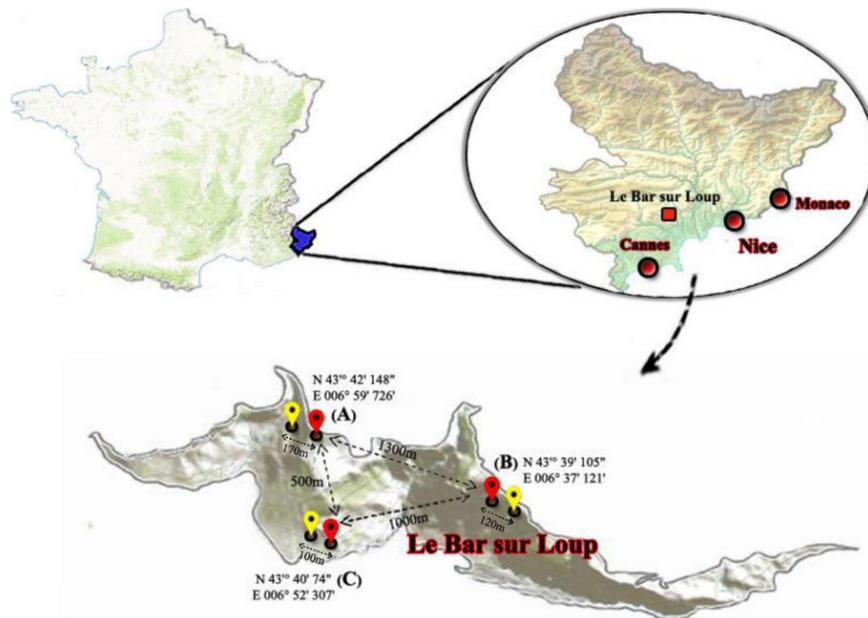
Cette étude visait à évaluer l'efficacité d'un nouveau

système de barrière de pièges à réduire le taux de piqûres d'*Ae. albopictus* dans des maisons individuelles pendant le pic d'activité saisonnière.

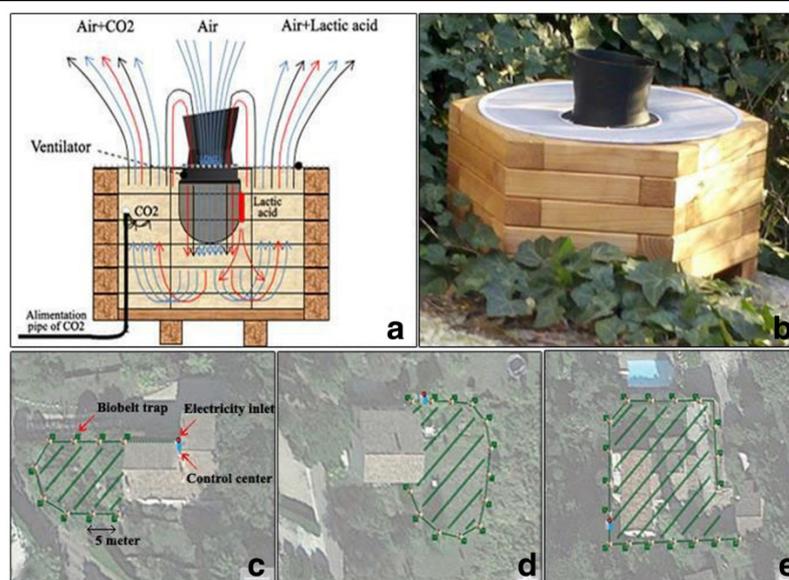
## Méthodes

L'étude a été menée de juillet à septembre 2016 dans les quartiers résidentiels du village Le Bar-sur-Loup en Provence-Alpes-Côte d'Azur, France, qui comprend 800 maisons et a une superficie de 1447 km<sup>2</sup> et une altitude moyenne d'environ 300 m au-dessus du niveau de la mer (Fig. 1).

Pour évaluer l'efficacité du système de barrière de pièges, nous avons sélectionné trois paires de maisons (chaque paire comprenant une maison traitée et une maison témoin) avec des environnements et des altitudes écologiques et géographiques similaires (Fig. 1). Pour choisir les maisons traitées et témoins, les populations d'*Ae. albopictus* ont été surveillées avec des pièges pondoirs (3 par maison) pendant les 3 semaines précédant cette expérience. Sur la base de ce suivi, trois catégories ont été établies en fonction de la densité des œufs: faible, moyenne et élevée avec deux sites dans chaque classe. Ensuite, pour chaque classe, un site traité et un site témoin ont été choisis au hasard. Les résidents ont été pleinement informés des procédures de tests et ont contractuellement accepté de participer à l'étude pendant 3 mois durant le pic d'activité d'*Ae. albopictus* dans cette région [32]. Ensuite, le taux de pose sur les personnes (HLD) a été mesuré pendant 2 semaines en l'absence de la barrière de pièges (1ère et 2ème semaines). Les systèmes de barrières pièges ont été installés dans les maisons traitées à la fin de la semaine 2. Le système BioBelt Anti-Moustiques est un système commercial de pièges développé et breveté par la société française HBM Distribution SAS. Il consiste en un réseau de pièges positionnés à une distance moyenne de 5 m autour de la zone à protéger et connectés à une régie technique avec une unité de programmation équipée de bouteilles de 34 kg de CO<sub>2</sub> et d'électricité pour l'alimentation des ventilateurs (Fig. 2a, b). Les pièges individuels utilisent la technologie de piégeage de moustiques Biogents [33]. Le nombre et la disposition des pièges dépendaient de la taille et de la configuration des maisons traitées ainsi que de la végétation qui les entourait. Cela a abouti à l'installation de 9, 13 et 18 pièges pour protéger les trois maisons expérimentales (Fig. 2c-e, respectivement). Chaque réseau de pièges a été configuré comme une ceinture entourant la zone du jardin et de la maison habitée. Les moustiques ont été attirés vers les pièges par les leurres: CO<sub>2</sub> et BG-Lure, qui ont un effet synergique maximisant les captures de moustiques [32, 34]. Chaque piège libère du CO<sub>2</sub> sans interruption dans un cycle de dispersion discontinu à un débit de 20 g / h pendant 10 s suivi d'une pause de 10 s, ce qui donne un taux de dégagement moyen de 10 g / h. Pour chaque maison, l'installation du système de barrière de



**Fig. 1** Positions géographiques des maisons traitées (rouge) et témoins (jaune) dans la présente étude



**Fig. 2** Installation des pièges Biobelt dans les maisons traitées. a Schéma fonctionnel des pièges, basé sur les pièges à moustiques Biogents. b Photo d'un piège individuel. c-e Représentation schématique spatiale du réseau de la « ceinture » de pièges autour de trois maisons traitées, sélectionnées dans la zone, les Modules-Pièges sont représentés en vert, le centre de contrôle en bleu et l'entrée électrique en rouge. La zone protégée par la barrière est hachurée.

pièges a été constituée de plusieurs éléments: les pièges, le système électrique et les connexions CO<sub>2</sub>, l'unité de programmation, un transformateur 12 V et des bouteilles de CO<sub>2</sub>. Douze, 16 et 23 heures de travail des techniciens ont été consacrées à l'installation des systèmes. Environ 630 h d'émission de CO<sub>2</sub> par maison ont été utilisées au cours de cette étude, soit un total de 6,3 kg de CO<sub>2</sub> par piège, et par conséquent, 56,7, 81,9 et 113,4 kg de CO<sub>2</sub> pour chaque maison, respectivement.

Le taux de pose sur les personnes (HLR) d'*Ae. albopictus* dans chacune des maisons traitées/témoins a été mesuré en collectant des moustiques par un seul volontaire, l'auteur principal de cette étude (MA). Les jambes et les mains nues ont été exposées aux piqûres d'*Ae. albopictus* pendant 30 min dans chaque jardin de maison, correspondant à la zone utilisée par les propriétaires pour les activités de plein air, à l'intérieur de la barrière piège dans le cas des maisons traitées. Des sessions de Capture après pose sur les personnes (HLC) (sur 4 sites par jour) ont eu lieu tous les jours avant le coucher du soleil (de 17h00 à 21h00) [35]. Les moustiques ont été capturés par une raquette électrique, appropriée pour les moustiques actifs, tels que *Ae. albopictus*. Cette méthode a l'avantage d'éviter les erreurs de comptage HLC dues à plusieurs alimentations sanguines interrompues. De plus, il est ainsi plus facile de capturer *Ae. albopictus* qu'avec un aspirateur buccal. Chaque jour ouvrable, 4 sites ont été échantillonnés, selon un échantillonnage aléatoire. Chaque site a été échantillonné 42 fois pendant 13 semaines, avec un total de 252 séances d'échantillonnage. Chaque semaine, le nombre de moustiques adultes capturés par les pièges a été compté et les espèces identifiées au stéréomicroscope. La température et l'humidité quotidiennes ont été

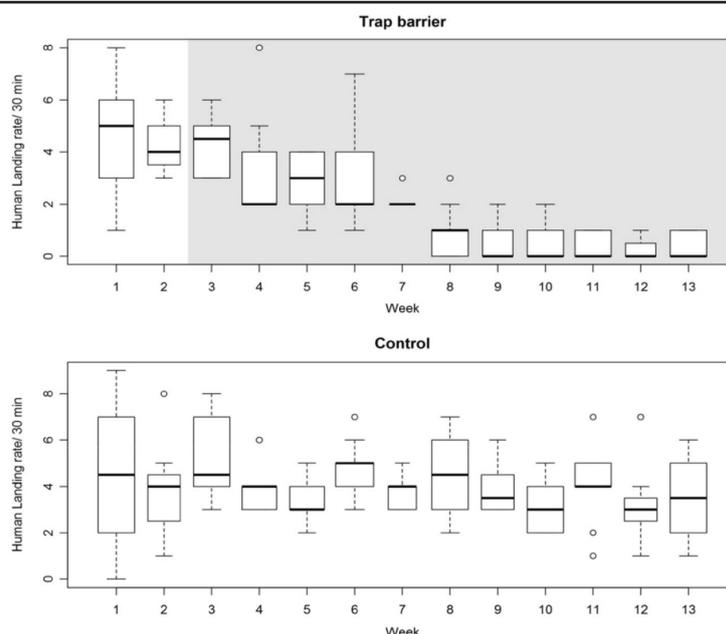
enregistrées sur chaque site tout au long de la période d'étude par des enregistreurs de données (1/maison).

Après avoir mis au point un protocole d'analyse des données [36], une analyse statistique de l'efficacité du traitement a été réalisée à l'aide d'un modèle mixte linéaire généralisé (GLMM) avec une distribution binomiale négative, étant donné la surdispersion des données entraînée par l'utilisation du constructeur de modèle de différenciation automatique (glmmADMB) [37]. Les trois variables sont le nombre de captures après pose sur les personnes, les différences contrôle / traitement et enfin la variable aléatoire « maison ». L'analyse statistique a été réalisée avec la version 3.2.2 du logiciel R.

### Résultats

Le système de barrière de pièges était très efficace pour réduire le taux de piqûres d'*Ae. albopictus* presque à zéro dans les maisons traitées, 6 semaines après le début de l'intervention (Fig. 3). Les différences entre les maisons traitées et témoins par rapport aux taux de piqûres étaient statistiquement très significatives dans l'analyse binomiale négative GLMM ( $Z = -7,65, P < 0,0001$ ). Une diminution progressive à 50% a été observée durant la première semaine, une réduction supplémentaire de moitié dans la cinquième semaine, et une réduction progressive à zéro piqûres dans la 6e semaine et jusqu'à la fin de l'expérience. Ces réductions progressives se sont manifestées dans toutes les maisons dotées de barrières de pièges (Fig. 4). En revanche, le taux de piqûres dans toutes les maisons témoins (non traitées) était constant tout au long de l'étude, avec quelques variations hebdomadaires en raison d'autres facteurs environnementaux (figures 3 et 4).

La plupart des insectes capturés par les pièges (94%) étaient



**Fig.3** Taux de pose sur les personnes dans les maisons traitées (barrière de piège Biobelt) et témoins avant et après l'installation de la barrière de pièges (en gris)

des moustiques *Ae. albopictus*, suivis des papillons de nuit (4%) et des *Culex pipiens* (2%). Dans cette expérience, le système n'affecte donc pas la faune non ciblée, en particulier les pollinisateurs. Les résultats des captures par les pièges sont présentés dans le fichier supplémentaire 1 : Fig. S1. Les variations de température journalière et d'humidité relative enregistrées par les collecteurs de données sont indiquées chaque semaine dans le fichier supplémentaire 2 : Fig. S2. La base de données des résultats est incluse en tant que fichier supplémentaire 3 : Tableau S1

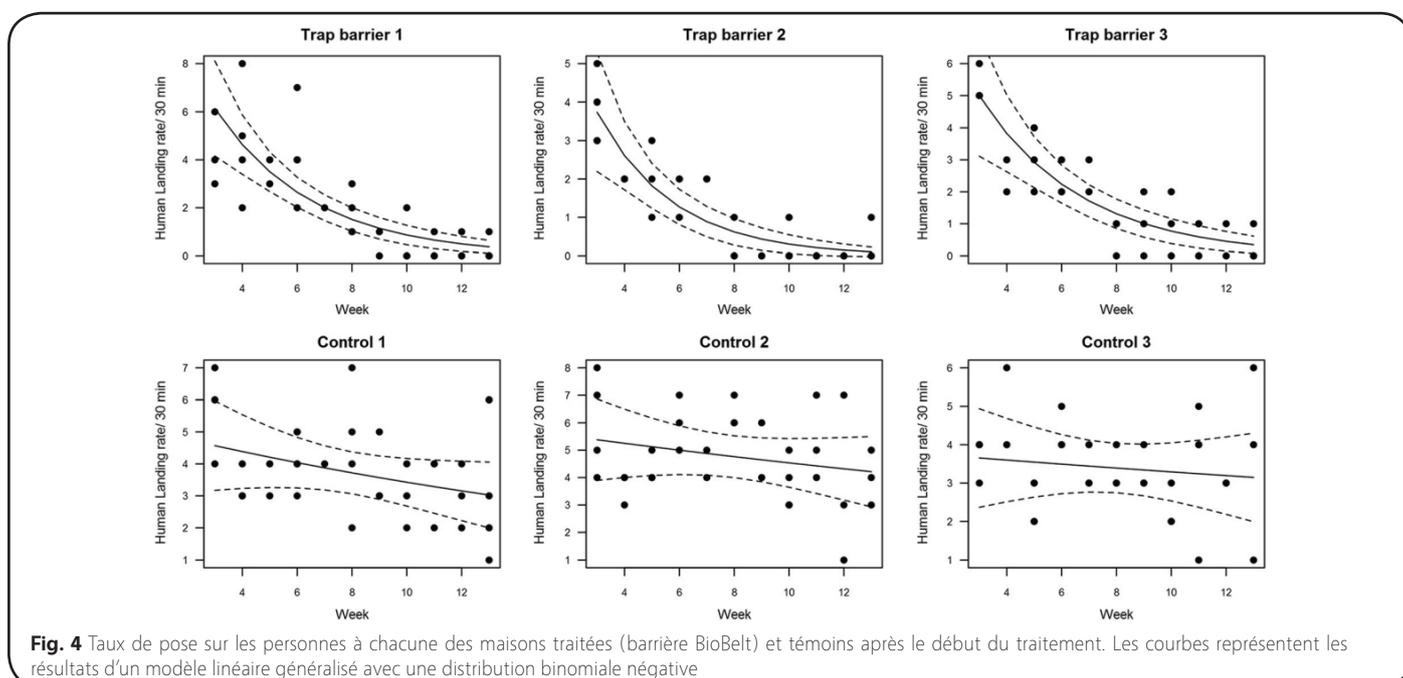
**Discussion**

Nous avons montré que le système de barrière de pièges était efficace pour réduire à presque zéro le taux de piqûre d'*Ae. albopictus* avec une protection semi-individuelle dans un environnement clos. Dans un contexte où certaines stratégies de contrôle de l'*Aedes* ont fait preuve de peu d'efficacité [11, 18, 38-41], cette méthode pourrait représenter un outil de contrôle de l'*Aedes albopictus* pour des zones particulières. La barrière de leurres attractifs, parfois qualifiée d'élimination par piégeage, a été utilisée pour la première fois avec des insecticides appliqués par pulvérisation aérienne ou avec un équipement manuel pour lutter contre les mouches tsé-tsé et les moustiques des marais salés [28] comme méthode alternative de contrôle des populations adultes. Dans cette étude, nous avons démontré, pour la première fois, son efficacité à réduire le contact humain avec *Ae. albopictus*.

La méthode est efficace pour éliminer des moustiques *Ae. albopictus* dans la zone traitée et représente des avantages évidents en tant que stratégie non chimique et respectueuse de l'environnement avec une application spécifique à l'espèce. Néanmoins, il existe quelques

contraintes. Premièrement, la méthode a besoin d'un certain temps (quelques semaines) avant qu'elle ne devienne complètement efficace et réussisse à éliminer la population de moustiques dans le système de barrière. Une solution possible à ce problème serait d'installer la barrière de pièges au début de la saison d'activité des moustiques, empêchant ainsi le développement de la population de moustiques au sein du système de barrière, et de combiner le système avec d'autres méthodes de lutte, notamment les pièges pondoirs. Deuxièmement, le CO2 est cher, et par conséquent, les moyens de réduire les quantités émises doivent être explorés (environ 90 kg de CO2 / maison ont été utilisés ici). En plus du coût du CO2, il faut ajouter le coût de l'électricité, des matériaux et du personnel. Par conséquent, il serait difficile à l'heure actuelle de généraliser cette méthode en tant qu'outil de contrôle permanent de manière routinière. Pour optimiser son efficacité, l'enjeu principal est de réduire les coûts de production et / ou de consommation de CO2 tout en conservant son efficacité. Il devrait également être mis en œuvre dans une stratégie continue de gestion intégrée des vecteurs en synergie avec d'autres méthodes de contrôle ciblant la population immature (réduction à la source, gestion de l'environnement, larvicides), et autre méthode durable de lutte contre les moustiques adultes.

Des résultats prometteurs peuvent également être obtenus en combinant cette méthode avec d'autres outils ciblant la population gravide, tels que les pièges gravidés autocides (AGO) ou les pièges gravidés *Aedes* (GAT), qui ont déjà montré des résultats encourageants [42, 43]. Le système de barrière de pièges pourrait également être utilisé pour protéger les zones sensibles, telles que les écoles, les maisons de retraite ou les hôpitaux.



**Fig. 4** Taux de pose sur les personnes à chacune des maisons traitées (barrière BioBelt) et témoins après le début du traitement. Les courbes représentent les résultats d'un modèle linéaire généralisé avec une distribution binomiale négative

Ce travail soulève plusieurs questions de recherche concernant les améliorations apportées à ces types de méthodes de contrôle antivectorielle. Il est par exemple nécessaire d'étudier la dynamique de recolonisation de la zone d'étude par *Ae. albopictus* après avoir retiré les pièges. De plus, l'efficacité de capture de chaque module de la barrière en fonction de ses conditions micro-environnementales doit être mieux comprise. Une preuve du concept doit également être démontrée pour d'autres espèces, en particulier des espèces plus endophiles telles que *Ae. aegypti*. Il est aussi important d'évaluer les effets du système de barrière sur la prévalence des maladies (dengue, Zika, chikungunya) ainsi que sur le taux de piqûres. Pour rendre cette barrière à pièges viable pour une utilisation à plus grande échelle, une réduction des coûts d'exploitation pourrait être réalisée en diminuant l'utilisation de CO<sub>2</sub>, soit en réduisant le débit dans chaque piège, soit en augmentant la distance entre chaque piège.

## Conclusions

Nous avons montré que parmi les différentes techniques de contrôle des populations adultes exophiles d'*Aedes*, les barrières de pièges sont une méthode efficace, inodore et respectueuse de l'environnement pour réduire le taux de piqûres d'*Ae. albopictus* et éventuellement d'autres espèces de moustiques dans une zone donnée. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser l'application de cette méthode prometteuse et pour évaluer ses performances dans d'autres sites, y compris les communautés à risque, et avec d'autres vecteurs hématophages. D'autres études visant à accroître l'impact des interventions de contrôle d'*Aedes* sont nécessaires, et des lignes directrices et des stratégies doivent être développées pour réduire le fardeau des maladies à arbovirus. Nous sommes optimistes quant au fait qu'une fois améliorée et combinée à d'autres outils, cette stratégie contribuera à l'éventail de méthodes innovantes qui ouvriront une nouvelle ère de contrôle efficace des *Aedes*, et par conséquent le contrôle des arbovirus et d'autres maladies à transmission vectorielle.

## Fichiers supplémentaires

**Fichiers supplémentaires 1 : Schéma S1.** Variations dans les captures quotidiennes d'*Ae. Albopictus* parmi les pièges. (TIFF 102 kb)

**Fichiers supplémentaires 2 : Schéma S2.** Variations de la température quotidienne et de l'humidité relative enregistrées chaque semaine par les enregistreurs de données. (TIFF 111 kb)

**Fichiers supplémentaires 3 : Tableau S1.** Base de données des résultats analysés dans la présente étude. (XLSX 22 kb)

## Abréviations

AGO : autocidal gravid traps; GAT : gravid *Aedes* traps; GLMM : generalized linear mixed model; glmmADMB : automatic differentiation model builder; HLC : human landing catch; HLR : human landing rate

## Remerciements

Les auteurs remercient les techniciens de la société HBM Distribution pour l'installation et la surveillance technique des pièges.

## Financement

Cette étude a été financée par l'IRD, le CNEV, le CHU-Nice et HBM distribution. HBM Distribution n'a joué aucun rôle dans la conception de l'étude, la collecte des données, l'analyse des données et la rédaction de l'article.

## Disponibilité des données et du matériel

Les données étayant les conclusions de cet article sont incluses dans l'article et ses fichiers supplémentaires. Les ensembles de données utilisés et analysés au cours de la présente étude sont disponibles auprès de l'auteur correspondant sur demande raisonnable.

## Contributions des auteurs

MA, DR, PD et FJ ont assuré la conception et l'élaboration de la recherche. MA, PD, DR et FJ ont réalisé les expériences. DR et FJ ont analysé les données. MA, PD, FJ et DR ont interprété les résultats des expériences. MA, DR et FJ ont préparé les schémas. MA, DR et FJ ont rédigé le manuscrit. MA, DR, FJ et FC ont édité et révisé le manuscrit. MA, DR, FJ et FC ont approuvé la version finale du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

## Approbation éthique et consentement à participer

L'approbation éthique de cette étude a été accordée par le comité d'éthique de la recherche du CHU-Nice sous le numéro de protocole 95/99/CHUN/ESA.

## Consentement à la publication

Non applicable.

## Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

## Note de l'éditeur

Springer Nature reste neutre en ce qui concerne les prétentions juridictionnelles pour les cartes publiées et les affiliations institutionnelles.

## Détails de l'auteur

1 Service Parasitologie-Mycologie, Hôpital de l'Archet, CHU de Nice, Nice, France. 2 MIVEGEC, UMR IRD224-CNRS5290-Université de Montpellier, Montpellier, France. 3 Centre National d'Expertise sur les Vecteurs, Montpellier, France.

Reçu : 22 août 2017 Accepté : 31 janvier 2018

Mise en ligne : 20 février 2018

## Références

- World Health Organization. A global brief on vector-borne diseases. Geneva, Switzerland: WHO; 2014.
- Mayer SV, Tesh RB, Vasilakis N. The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikungunya and Zika fevers. *Acta Trop*. 2017;166:155–63.
- Paupy C, Delatte H, Bagny L, Corbel V, Fontenille D. *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes Infect*. 2009; 11(14):1117–85.
- Vega-Rua A, Zouache K, Caro V, Diancourt L, Delaunay P, Grandadam M, Failloux AB. High efficiency of temperate *Aedes albopictus* to transmit chikungunya and dengue viruses in the Southeast of France. *PLoS One*.

- 2013;8(3):e59716.
5. Amraoui F, Vazeille M, Failloux AB. French *Aedes albopictus* are able to transmit yellow fever virus. *Euro Surveill*. 2016;21(39):30361.
6. Jupille H, Seixas G, Mousson L, Sousa CA, Failloux AB. Zika virus, a new threat for Europe? *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(8):e0004901.
7. Delaunay P, Jeannin C, Schaffner F, Marty P. News on the presence of the tiger mosquito *Aedes albopictus* in metropolitan France. *Arch Pediatr*. 2009;16(2):S66–71.
8. Delaunay P, Mathieu B, Marty P, Fauran P, Schaffner F. Chronology of the development of *Aedes albopictus* in the Alpes-Maritimes Department of France, from 2002 to 2005. *Med Trop*. 2007;67(3):310–1.
9. La Ruche G, Souarès Y, Armengaud A, Peloux-Petiot F, Delaunay P, Desprès P, et al. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Euro Surveill*. 2010;15(39):19676.
10. Boubidi SC, Roiz D, Rossignol M, Chandre F, Benoit R, Raselli M, et al. Efficacy of ULV and thermal aerosols of deltamethrin for control of *Aedes albopictus* in Nice, France. *Parasit Vectors*. 2016;9(1):597.
11. Succo T, Leparc-Goffart I, Ferré J, Roiz D, Broche B, Maquart M, et al. Autochthonous dengue outbreak in Nîmes, South of France, July to September 2015. *Euro Surveill*. 2016;21(21):30240.
12. Delisle E, Rousseau C, Broche B, Leparc-Goffart I, L'Ambert G, Cochet A, et al. Chikungunya outbreak in Montpellier, France. *Euro Surveill*. 2015;20(17):21108.
13. Jourdain F, Roiz D, Perrin Y, Grucker K, Simard F, Paupy C. Entomological factors of arboviruses emergences. *Transfus Clin Biol*. 2015;22(3):101–6.
14. Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropoulos K, Macini P, et al. An outbreak of chikungunya fever in the Province of Ravenna, Italy. *Euro Surveill*. 2007;12(9):E070906.
15. Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, Lesnikar V, Klobucar A, Pem-Novosel I, et al. Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Euro Surveill*. 2011;16(9):19805.
16. Faraji A, Unlu I. The eye of the tiger, the thrill of the fight: effective larval and adult control measures against the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in North America. *J Med Entomol*. 2016;53(5):1029–47.
17. Baldacchino F, Caputo B, Chandre F, Drago A, della Torre A, Montarsi F, Rizzoli A. Control methods against invasive *Aedes mosquitoes* in Europe: a review. *Pest Manag Sci*. 2015;71(11):1471–85.
18. Bouzid M, Brainard J, Hooper L, Hunter PR. Public health interventions for *Aedes* control in the time of Zika virus - a meta-review on effectiveness of vector control strategies. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(12):e0005176.
19. Morrison AC, Zielinski-Gutierrez E, Scott TW, Rosenberg R. Defining challenges and proposing solutions for control of the virus vector *Aedes aegypti*. *PLoS Med*. 2008;5(3):e68.
20. Day JF, Sjogren RD. Vector control by removal trapping. *Am J Trop Med Hyg*. 1994;50(6):126–33.
21. Mulla MS, Axelrod H, Wargo MJ. Chemical attractant formulations against the eye gnat *Hippelates collusor* (Diptera: Chloropidae). *Bull Soc Vector Ecol*. 1990;15:156–65.
22. Morris KRS, Morris MG. The use of traps against tsetse in West Africa. *Bull Entomol Res*. 1949;39(4):491–528.
23. Vale GA, Hall DR. The use of l-octen-3-ol, acetone and carbon dioxide to improve baits for tsetse flies, *Glossina* spp. (Diptera: Glossinidae). *Bull Entomol Res*. 1985;75(2):219.
24. Laveissiere C. Les glossines. Guide de formation et d'information. Série lutte antivectorielle. Genève: OMS, Division de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle; 1988. p. 91.
25. Rugg D. Effectiveness of Williams traps in reducing the numbers of stable flies (Diptera: Muscidae). *J Econ Entomol*. 1982;75(5):857–9.
26. Wall WJ, Doane OW Jr. Large scale use of box traps to study and control saltmarsh greenhead flies (Diptera: Tabanidae) on Cape Cod, Massachusetts. *Environment Entomol*. 1980;9(4):371–5.
27. Kline DL, Lemire GF. Evaluation of attractant-baited traps/targets for mosquito management on Key Island, Florida, USA. *J Vect Ecol*. 1998;23(2):2171–85.
28. Kline DL. Semiochemicals, traps/targets and mass trapping technology for mosquito management. *J Am Mosq Control Assoc*. 2007;23(2):241–51.
29. Smith JP, Cope EH, Walsh JD, Hendrickson CD. Ineffectiveness of mass trapping for mosquito control in St. Andrews State Park, Panama City Beach, Florida. *J Am Mosq Control Assoc*. 2010;26(1):43–9.
30. Degener CM, Eiras AE, Azara TM, Roque RA, Rösner S, Codeço CT, et al. Evaluation of the effectiveness of mass trapping with BG-sentinel traps for dengue vector control: a cluster randomized controlled trial in Manaus, Brazil. *J Med Entomol*. 2014;51(2):408–20.
31. Englbrecht C, Gordon S, Venturelli C, Rose A, Geier M. Evaluation of BG-Sentinel trap as a management tool to reduce *Aedes albopictus* nuisance in an urban environment in Italy. *J Am Mosq Control Assoc*. 2015;31(1):16–25.
32. Roiz D, Boussès P, Simard F, Paupy C, Fontenille D. Autochthonous chikungunya transmission and extreme climate events in southern France. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(6):e0003854.
33. Maciel-de-Freitas R, Eiras AE, Lourenço-de-Oliveira R. Field evaluation of effectiveness of the BG-Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2006;101(3):321–5.
34. Pombi M, Jacobs F, Verhulst NO, Caputo B, della Torre A, Takken W. Field evaluation of a novel synthetic odour blend and of the synergistic role of carbon dioxide for sampling host-seeking *Aedes albopictus* adults in Rome, Italy. *Parasit Vectors*. 2014;7:580.
35. EID. Surveillance du moustique *Aedes albopictus* en France métropolitaine. Bilan. 2007; EID Méditerranée.
36. Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol Evol*. 2010;1(1):3–14.
37. Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, Geange SW, Poulsen JR, Stevens MHH, White JS. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trend Ecol Evol*. 2009;24(3):127–35.
38. Abramides GC, Roiz D, Guitart R, Quintana S, Guerrero I, Giménez N. Effectiveness of a multiple intervention strategy for the control of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in Spain. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2010;105(5):281–8.
39. Chandel K, Suman DS, Wang Y, Unlu I, Williges E, Williams GM, Gaugler R. Targeting a hidden enemy: pyriproxyfen autodissemination strategy for the control of the container mosquito *Aedes albopictus* in cryptic habitats. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(12):e0005235.
40. Esu E, Lenhart A, Smith L, Horstick O. Effectiveness of peridomestic space spraying with insecticide on dengue transmission; systematic review. *Tropical Med Int Health*. 2010;15(5):619–31.
41. Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is dengue vector control deficient in effectiveness or evidence? Systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(3):e0004551.
42. Barrera R, Acevedo V, Felix GE, Hemme RR, Vazquez J, Munoz JL, Amador M. Impact of autocidal gravid ovitraps on Chikungunya virus incidence in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in areas with and without traps. *J Med Entomol*. 2017;54(2):387–95.
43. Eiras AE, Buhariar TS, Ritchie SA. Development of the gravid *Aedes* trap for the capture of adult female container-exploiting mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 2014;1:200–9