

Efficacité des pièges utilisés contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Septembre 2021



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 3 septembre 2021

AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à l'« Évaluation de l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 9 novembre 2020 par la Direction Générale de la Santé (DGS) pour la réalisation de l'expertise suivante : « Évaluation de l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1. Contexte

Présents sur tous les continents, les moustiques du genre *Aedes* (*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* notamment) sont responsables de la transmission d'arboviroses¹ affectant l'Homme telles que la dengue, le chikungunya, le Zika et la fièvre jaune. Ces maladies sévissent principalement dans les régions tropicales et sont également parfois observées en Europe, notamment en raison de l'expansion géographique d'*Ae. albopictus* en lien avec le développement des activités humaines (transports de biens et de personnes, ainsi que changements climatiques) (Paupy *et al.* 2009; Akhoundi *et al.* 2018). Au cours des dernières décennies, l'incidence de la dengue a augmenté de manière drastique² et des épidémies de chikungunya et de Zika ont

¹ **Arbovirose** : maladie virale due à un arbovirus transmis obligatoirement par un vecteur arthropode (moustique, moucheron piqueur, tique...).

² Au niveau mondial, les infections par les virus de la dengue ont été estimées à 390 millions infections par an (Bhatt *et al.* 2013). Le nombre de cas de dengue rapportés par l'OMS a été multiplié par 8 au cours des deux dernières décennies. La moitié de la population mondiale risque désormais d'être infectée par ces virus (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>).

émergé en dehors de leur aire de distribution d'origine. Ces émergences ont fait de la lutte contre ces arboviroses une priorité de santé publique (Diagne *et al.* 2021; Mayer, Tesh et Vasilakis 2017). Or, en l'absence de vaccin et de traitement curatif spécifique, le seul moyen de réduire le risque de transmission de ces arboviroses repose sur la lutte contre les moustiques vecteurs. Pour la période 1970-2017, l'impact économique des dommages et de la gestion des moustiques du genre *Aedes* à l'échelle mondiale a été estimé à 150 milliards de dollars. Pourtant, le pourcentage de financement dédié au contrôle des moustiques reste très faible par rapport à l'impact économique global des maladies dont ils sont responsables (moins de 5 % du coût total des impacts) (Diagne *et al.* 2021).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une stratégie de lutte anti-vectorielle (LAV) doit reposer sur une démarche de gestion intégrée dans une approche globale de santé publique incluant la prévention, la surveillance, le diagnostic et les traitements. Cette stratégie doit permettre d'améliorer l'efficacité, l'efficience, l'acceptabilité, la durabilité de cette lutte et de limiter ses impacts écologiques indésirables (WHO 2017).

La LAV repose sur l'utilisation d'outils et le recours à des techniques différentes, selon le couple vecteur/agent pathogène ciblé, mais aussi selon les objectifs poursuivis. Elle peut viser la diminution des populations de vecteurs en dessous des seuils nécessaires à une transmission virale active ou l'évitement du contact hôte/vecteur pour empêcher la transmission de l'agent pathogène. Pour y parvenir, les moyens de lutte sont variés : lutte mécanique, aménagements de l'environnement, lutte biologique, génétique ou chimique (insecticides et répulsifs) et peuvent être utilisés de manière combinée, alternée ou synergique.

Pour que la LAV soit efficace, les responsables doivent élaborer une stratégie intégrée tenant compte du contexte local et en particulier de la situation entomo-épidémiologique. La stratégie de LAV définie, orientée par la réglementation, doit être la combinaison optimale de plusieurs outils et techniques adaptés au contexte du territoire et aux ressources.

Le décret n° 2019-258 du 29 mars 2019 relatif à la prévention des maladies vectorielles a confié aux Agences Régionales de Santé (ARS) les missions de surveillance entomologique et d'intervention autour des nouvelles implantations de moustiques vecteurs, ainsi qu'autour des cas humains d'arboviroses. Ainsi, depuis le 1^{er} janvier 2020, les ARS sont responsables de la LAV et peuvent désigner des opérateurs chargés de réaliser les interventions autour du domicile et des lieux de passage des cas confirmés de dengue et autres arboviroses (chikungunya et Zika) transmises par les *Aedes* urbains. Ces interventions comprennent notamment la sensibilisation des populations à la prévention des maladies vectorielles et aux moyens pour s'en protéger, la suppression ou vidange des gîtes larvaires et le traitement larvicide, ainsi que le traitement adulticide contre les vecteurs (dont le but principal est de diminuer la longévité et la densité de femelles potentiellement infectées et donc susceptibles de transmettre l'agent pathogène considéré à de nouvelles personnes). Ces interventions doivent être réalisées conformément aux dispositions décrites dans l'annexe 3 de l'arrêté du 23 juillet 2019. Or, il est apparu que pour diverses raisons (notamment en présence de zones d'exclusion³ aux traitements insecticides), des pièges à moustiques adultes avaient été utilisés

³ **Zones d'exclusion** : pour limiter au maximum les risques de contamination des cours d'eau, les conditions d'autorisation de mise sur le marché (AMM) du principal produit utilisé en LAV et contenant de la deltaméthrine prévoient une zone d'exclusion correspondant à une zone tampon autour des berges des cours ou des plans d'eau où l'utilisation de la deltaméthrine est interdite (25 m de rayon pour la pulvérisation pédestre et 50 m de rayon pour une pulvérisation autoportée à Ultra-bas volume (UBV)). Les zones de captage d'eau potable, les habitats des espèces les plus sensibles, les ruchers et les zones mellifères, les parcelles d'agriculture biologique font également l'objet de zones d'exclusion.

par certains opérateurs de LAV en complément ou en substitution aux traitements insecticides habituels. Or, l'arrêté susmentionné ne prévoit aucune solution alternative telle que les pièges pour lutter contre les moustiques adultes en cas d'impossibilité de mener une lutte pérfocale basée sur des traitements adulticides dans un contexte de risque de transmission d'arboviroses.

Aussi, afin de préciser la place du piégeage dans la stratégie générale de lutte contre les arboviroses, il est nécessaire d'étudier l'efficacité des pièges, que ce soit en routine (pour réduire les densités de moustiques) ou autour des cas (pour réduire le risque de transmission virale), notamment en se basant sur les données publiées dans la littérature scientifique.

1.2. Objet de la saisine

1.2.1. Objectif

Afin d'encadrer l'utilisation des pièges à moustiques adultes dans le cadre de la lutte antivectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses, la DGS a saisi l'Anses le 9 novembre 2020, afin :

(i) de recenser les différents pièges à moustiques commercialisés ciblant les femelles en recherche d'hôte (BG-Sentinel, Mosquito Magnet, ...) et ceux ciblant les femelles gravides⁴ (BG-GAT, AGO, *Sticky ovitraps*...), et de décrire les différents types de pièges utilisés contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses (*Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*) et documenter leur utilisation (stratégie de piégeage) par les opérateurs de LAV en complément ou en remplacement des traitements adulticides autour des cas ;

(ii) d'évaluer l'efficacité des différentes techniques de piégeage (pièges ciblant les femelles de moustique en recherche d'hôte avec ou sans CO₂ ; pièges pondoires ciblant les femelles gravides, létal ou collant) pour réduire la densité de moustiques *Aedes* adultes (et les délais nécessaires pour obtenir un tel effet) ;

(iii) de donner un avis sur la pertinence d'utiliser des pièges dans un but de lutte pérfocale dans le cadre de la LAV intégrée contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses et, le cas échéant, de préciser les situations le justifiant en tenant compte des différents contextes entomologiques et épidémiologiques prévalant sur les territoires français.

1.2.2. Limites du champ d'expertise

Seuls les pièges à moustiques ciblant les stades adultes (femelles gravides et femelles en recherche d'hôte), à usage collectif⁵, et utilisés pour réduire ou éliminer les populations d'*Aedes* dans une optique de LAV ont été étudiés dans le cadre de la présente expertise. Ainsi, les pièges utilisés exclusivement pour de la surveillance n'ont pas été considérés.

L'inventaire des pièges a été réalisé en se focalisant sur ceux connus et accessibles par les opérateurs de LAV intervenant en France.

Par ailleurs, l'évaluation menée par l'Anses dans le cadre de cette expertise n'a pas vocation à se substituer aux responsabilités qui incombent aux metteurs en marché des dispositifs et/ou aux opérateurs de LAV quant à la caractérisation technique de l'efficacité et/ou de la sécurité d'emploi des dispositifs.

⁴ **Femelle gravide** : femelle prête à pondre (pour les ovipares).

⁵ Les systèmes de piégeage utilisés au niveau individuel ou dans la sphère privée n'ont pas été pris en compte.

Les évaluations, discussions et recommandations figurant dans ce rapport ont été faites au vu et en l'état actuel des connaissances scientifiques et sont susceptibles d'être révisées en fonction des évolutions de celles-ci.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

2.1. Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

Afin d'instruire la présente expertise, l'Anses a mis en place un groupe de travail composé de six experts. Ceux-ci ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de l'entomologie médicale et vétérinaire, de la santé publique, de l'épidémiologie, des maladies infectieuses et de la lutte anti-vectorielle. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'Anses a confié au groupe de travail « Pièges-LAV », rattaché au comité d'experts spécialisé « Substances et produits biocides » et au GT « Vecteurs » l'instruction de cette saisine.

Pour réaliser cette expertise, les experts se sont réunis 14 fois en visioconférences entre le 05 février et le 09 juillet 2021.

La réalisation des travaux s'est principalement appuyée sur la synthèse et l'analyse critique des données publiées dans la littérature (articles scientifiques, rapports, etc.). Le GT a conduit une revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet (en partant de 1 394 références). Ce travail de synthèse a été mené en utilisant la méthode PICO « *Population, Intervention, Comparators, Outcomes* » (présentée § 2.1 du rapport d'expertise).

Les experts ont aussi réalisé une enquête auprès des opérateurs de LAV intervenant dans les territoires français, afin de connaître leur utilisation des pièges, puis en ont auditionné 4 d'entre eux (dans l'hexagone et en Guyane), ainsi que 4 scientifiques (dont deux représentant un fabricant de pièges) ayant utilisé des pièges à moustiques et susceptibles d'apporter des informations et des données complémentaires utiles pour l'expertise.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis au GT « vecteurs » le 3 mai et le 7 juillet 2021, ainsi qu'au CES « Substances et produits biocides » le 24 juin, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES « Substances et produits biocides » et du GT « Vecteurs ».

Au final, ces travaux d'expertise ont été adoptés par le CES « Substances et produits biocides » le 22 juillet 2021.

2.2. Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'agence (www.anses.fr).

Dans le cadre de la revue scientifique réalisée sur l'efficacité des pièges, 3 des experts du GT étaient co-auteurs de l'un des 21 articles retenus (celui d'Akhoundi *et al.*, 2018). Aussi, l'analyse de cette publication n'a pas été réalisée par l'un de ces co-auteurs.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT « PIÈGES-LAV »

3.1. Synthèse de la revue de la littérature scientifique

Parmi les 21 articles scientifiques sélectionnés lors de la revue systématique menée sur l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses (à partir de 1 394 références distinctes – voir rapport d'expertise – Figure 1, § 2.1.2), dix-sept études utilisent des pièges ciblant les femelles gravides, trois utilisent des pièges ciblant les femelles en recherche d'hôte, et une seule étude utilise une combinaison de pièges à femelles gravides et de pièges à femelles en recherche d'hôte. Parmi les 21 articles considérés, trois d'entre eux ont pour cible entomologique *Ae. albopictus* (un en Italie, un en France et un aux États-Unis). Tous les autres concernent la lutte contre *Ae. aegypti*.

La majorité de ces études a été réalisée dans des zones endémiques pour les virus de la dengue et/ou du chikungunya et/ou du Zika (Australie, Brésil, Colombie, Porto Rico, Thaïlande) et ont eu recours à des pièges (très majoritairement des pièges pondoirs létaux) de manière préventive (pour réduire les populations de moustiques et prévenir l'apparition de cas de dengue) et non réactive (faisant suite à des cas avérés).

Compte-tenu des données disponibles dans la littérature scientifique, les experts du GT « Pièges-LAV » de l'Anses considèrent que, **dans un contexte d'utilisation préventive, les pièges pondoirs létaux**⁶ peuvent être efficaces pour réduire les populations de moustiques *Aedes* s'ils sont déployés avec (i) une densité minimale de 1 à 3 pièges/maison (selon les pièges, la taille des jardins et la végétation) ; (ii) une couverture (% des maisons traitées) supérieure à 60-80 % selon les contextes et (iii) une durée de piégeage dépassant les 3 semaines.

À noter néanmoins qu'il existe davantage de preuves relatives à l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte contre *Ae. aegypti* que contre *Ae. albopictus* et que les études disponibles ne permettent généralement pas de démontrer l'efficacité imputable aux pièges létaux seuls (de nombreux facteurs entrent en considération : les conditions météorologiques, la période de l'année...).

De plus, l'utilisation des pièges pondoirs létaux est d'autant plus efficace qu'elle est combinée avec d'autres actions dans le cadre d'une stratégie de LAV intégrée, en particulier des interventions de contrôle larvaire (*i.e.* nettoyage avant la saison des pluies, ramassage des ordures pendant la saison des pluies, couvertures des réservoirs d'eau, traitements larvicides des eaux stagnantes non supprimables au Bti - *Bacillus thuringiensis israeliensis*-, ...).

Parmi toutes les études considérées, des travaux menés à Porto Rico entre 2011 et 2016 (9 publications scientifiques en tout), apportent des résultats virologiques chez le vecteur en complément d'études sérologiques chez l'Homme. Ces études ont mis en évidence une

⁶ Les **pièges pondoirs létaux** fournissent un site de ponte attractif pour l'espèce cible, qui peut s'avérer létaux pour les femelles gravides (prêtes à pondre) pour différentes raisons (support de ponte imprégné ou traité avec un insecticide, bandes collantes...).

diminution de la transmission du virus du Chikungunya dans les zones avec les pièges pondoires létaux. Cependant, il s'agit d'une grande étude expérimentale (longitudinale, sur plusieurs années) et des études complémentaires avec des essais randomisés contrôlés par grappes (incluant des indicateurs épidémiologiques) sont nécessaires pour conclure sur l'efficacité des pièges pondoires létaux pour réduire le risque de transmission virale.

D'après les quelques données disponibles dans la littérature, les **pièges à femelles en recherche d'hôte**⁷ sont également efficaces pour réduire les populations de moustiques *Aedes* et ce, quelques semaines après leur installation. Les travaux d'Akhoundi *et al.* (2018) et Englbrecht *et al.* (2015) montrent que l'utilisation continue de plusieurs pièges à femelles en recherche d'hôte peut réduire de manière significative la densité d'*Ae. albopictus* et le taux de piqûre dans des environnements urbains (en quelques semaines). Cependant, il existe peu d'études sur le sujet publiées dans des journaux à comité de lecture et aucune d'entre elles ne fournit de données quant à l'efficacité des interventions avec pièges à femelles en recherche d'hôte sur des indicateurs épidémiologiques pour la dengue, le chikungunya ou Zika.

La seule étude disponible mettant en œuvre une combinaison de pièges pondoires létaux et de pièges à femelles en recherche d'hôte suggère un intérêt à cibler les différents stades physiologiques des femelles par une combinaison de ces deux types de pièges.

Compte tenu de l'absence de données disponibles sur une **utilisation réactive** (dans le cadre de la LAV) des pièges autour de cas, les experts du GT « Pièges-LAV » de l'Anses considèrent qu'il n'est pas possible de conclure quant à l'efficacité des pièges à moustiques (ciblant les femelles gravides et/ou en recherche d'hôte) pour réduire le risque de transmission virale.

3.2. Conclusion du GT

Il existe de nombreux types de pièges ciblant différents stades de développement physiologique des moustiques (œufs, larves, femelles en recherche d'hôte, femelles gravides, adultes en recherche de repas sucré, adultes en recherche de partenaire sexuel...). Ces pièges à moustiques sont utilisés dans différents contextes et pour des usages variés (surveillance, lutte contre la nuisance, prévention du risque de transmission vectorielle, évaluation de l'efficacité des interventions de la LAV, contrôle des populations de vecteur...).

Le présent rapport d'expertise s'est focalisé plus particulièrement sur les types de pièges utilisés par les opérateurs français en charge des traitements de lutte anti-vectorielle autour des cas d'arboviroses, afin de lutter contre le risque de transmission vectorielle. Seuls les pièges ciblant les femelles moustiques du genre *Aedes* (femelles en recherche d'hôte ou femelles gravides) ont donc été pris en considération (car les autres stades ne sont pas impliqués directement dans la transmission virale).

En l'état actuel des connaissances disponibles, la revue de la littérature a permis de souligner l'intérêt des pièges pondoires létaux et des pièges à femelles en recherche d'hôte pour réduire les populations de moustiques *Aedes* dans un cadre préventif. Leur efficacité apparaît d'autant plus importante que leur utilisation s'intègre dans une stratégie globale de LAV intégrée, et est

⁷ Les **pièges à femelles en recherche d'hôte** attirent les femelles moustiques à la recherche d'un repas sanguin pour porter leurs œufs à maturité ; celles-ci possédant des récepteurs olfactifs leur permettant de détecter l'odeur et le gaz carbonique (CO₂) produits par leurs hôtes lors de la respiration. Ces pièges attirent les femelles moustiques en diffusant du gaz carbonique et/ou des attractants, qu'ils soient visuels ou olfactifs (simulant l'odeur corporelle humaine).

associée notamment à des interventions de mobilisation sociale et de contrôle larvaire (réduction des gîtes, traitement larvicide au Bti...).

Parmi les opérateurs français (DROM, France hexagonale et Corse), nombre d'entre eux utilisent des pièges à titre préventif ou comme levier de mobilisation sociale, mais aussi dans le cadre de la LAV, le plus souvent en complément des traitements adulticides habituels, lorsque ceux-ci ne peuvent être réalisés que partiellement. Si les données opérationnelles indiquent un certain effet du piégeage massif rapidement après l'installation des pièges, il n'en reste pas moins que les preuves scientifiques ne sont pas suffisantes à ce jour pour quantifier l'efficacité du piégeage vis-à-vis de la réduction du risque de transmission virale.

Aussi, il apparaît à présent nécessaire d'évaluer les méthodes de piégeage à des fins de lutte anti-vectorielle en termes de coût-efficacité et de faisabilité suivant un protocole scientifique d'évaluation rigoureux, afin de cadrer les conditions de leur déploiement opérationnel.

3.3. Recommandations

3.3.1. Recommandations à destination des gestionnaires de risques

Considérant d'une part :

- le déficit de connaissances quant à l'efficacité des pièges à stopper la transmission des virus ;
- que les pièges actifs commencent à piéger des femelles en recherche d'hôte dès leur installation, mais qu'il n'est pas possible de connaître le temps nécessaire pour atteindre un risque vectoriel acceptable ;
- que la maintenance et le suivi du réseau de pièges impactent fortement son efficacité et que les pièges pondoires en particulier, s'ils ne sont pas correctement entretenus peuvent devenir des gîtes productifs en moustiques adultes ;
- les contraintes matérielles (risque de bris ou de vol) et logistiques (stockage, mise en œuvre, transport, approvisionnement en CO₂ et en énergie le cas échéant...) et donc les moyens humains nécessaires à l'installation et à l'entretien des pièges ;
- l'absence d'études coûts bénéfices sur les différentes actions de LAV (notamment pour comparer les traitements insecticides et les pièges) ;
- les problèmes⁸ de sécurité liés notamment au risque d'explosion lors du transport et de la manipulation de bouteilles de gaz ;
- les impacts possibles des pièges sur la faune non-cible, notamment dans les zones rurales ou naturelles riches en biodiversité ;

Considérant également, d'autre part :

- qu'en matière de santé, « il vaut mieux prévenir que guérir » ;
- les données disponibles mettant, selon les contextes et les études, en évidence une certaine efficacité des pièges utilisés en préventif ;
- la bonne acceptabilité des pièges ;
- que les pièges en général (et en particulier les pièges à femelles gravides, de par leur simplicité d'utilisation) peuvent constituer un levier pour impliquer les populations dans la LAV (mobilisation sociale) ;

⁸ Voir document « Les bouteilles de gaz - Identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation » (INRS 2020).

- que les pièges constituent un outil de lutte contre les moustiques parmi d'autres, dont l'efficacité est d'autant plus importante qu'ils sont utilisés en combinaison avec d'autres outils, notamment ceux visant la réduction des gîtes larvaires ;
- qu'en situation de circulation virale (avérée ou suspectée) et en l'absence de possibilité de réaliser complètement un traitement adulticide, il est nécessaire de recourir à des techniques de lutte alternatives ou complémentaires aux insecticides ;
- l'intérêt des pièges en cas de résistance des moustiques vecteurs aux insecticides ou d'échec opérationnel avéré de la lutte classique ;

les experts du GT « Pièges-LAV » considèrent que les pièges peuvent constituer une solution de lutte alternative dans certaines situations (détaillées ci-après pour la prévention et le contrôle) et recommandent :

- de considérer ce recours aux pièges (pondoirs létaux et/ou à femelles en recherche d'hôte) dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée, en combinaison avec d'autres outils, notamment les actions visant la réduction des gîtes larvaires ;
- de privilégier l'utilisation de pièges ayant fait l'objet d'une évaluation indépendante et rigoureuse de leur efficacité ;
- de surveiller les effets non-intentionnels des pièges sur la faune non-cible dans les zones d'intérêt écologique où il n'est pas possible de traiter aux insecticides (Natura 2000...) ;
- de respecter les consignes spécifiques liées au transport⁹, à la manipulation et au stockage de gaz inflammables, ainsi qu'un ensemble de bonnes pratiques et d'assurer la formation sécurité de tous les agents amenés à manipuler et à transporter des bouteilles de gaz.

Dans une perspective de prévention

- d'encourager en priorité l'utilisation des pièges (pièges pondoires et/ou à femelles en recherche d'hôte en fonction du contexte) à titre préventif pour réduire les fortes densités de populations de moustiques (ce qui limite le risque vectoriel *in fine*), et d'en assurer la maintenance et un suivi régulier, afin de mettre en place la combinaison la plus adaptée au contexte, en particulier :
 - o sur les sites sensibles dont on sait qu'ils ne pourront pas faire l'objet d'un traitement de LAV (hôpitaux, insectarium...) et dans certaines zones d'exclusion situées dans des régions épidémiques ou endémiques (en milieu urbain notamment) ;
 - o dans des zones à forte densité culicidienne ;
- d'utiliser les pièges comme outil de lutte collective dans le cadre de programmes de mobilisation sociale, en complément de l'incitation de la population à la destruction des gîtes larvaires et d'impliquer les populations dans le suivi et la maintenance des pièges situés dans l'espace privé ;
- de prévoir, le cas échéant, pour un usage dans l'espace public, d'utiliser un mobilier urbain adapté pour déployer un réseau de pièges tout en les protégeant (pour éviter le bris et le vol).

⁹ En Europe, le transport de matières dangereuses par la route est encadré par la réglementation ADR (accord sur le transport de marchandises dangereuses par route). Celle-ci est relativement contraignante et prévoit des exemptions et dérogations, totales ou partielles, pour faciliter notamment le transport par les entreprises de petites quantités destinées à leur usage propre. Dans la majorité des cas, les transports effectués par les opérateurs de LAV entrent dans ces régimes d'exemption. Les entreprises ne sont alors pas soumises à l'ADR. Toutefois, elles doivent respecter des consignes spécifiques, ainsi qu'un ensemble de bonnes pratiques.

Dans une perspective de contrôle (autour de cas)

- d'établir, en lien avec des opérateurs et des équipes de recherche, et de mettre en œuvre un protocole rigoureux pour évaluer l'efficacité des pièges dans un contexte de circulation virale, afin de cadrer les conditions du déploiement opérationnel des pièges autour de cas ;
- dans l'attente des résultats d'une telle étude, de n'utiliser les pièges dans le cadre de la LAV (en cas de circulation virale) que dans les situations particulières ne permettant pas un recours satisfaisant aux insecticides (en s'inspirant des propositions en Annexe 4 du rapport d'expertise) :
 - o présence d'une zone d'exclusion légale (en milieu urbain notamment),
 - o impossibilité d'accéder à la zone à traiter,

Et en complément des méthodes conventionnelles.

3.3.2.Recommandations à destination de la recherche

Considérant :

- le déficit de connaissances en matière d'efficacité des pièges utilisés pour contrôler les populations d'*Aedes* (notamment *Aedes albopictus*) ;
- l'intérêt d'intégrer les impacts non intentionnels (impacts sur la faune non-cible) dans tout projet d'évaluation de l'efficacité des pièges et le besoin de données concernant les insectes non-cible capturés par les pièges ;
- les recommandations de l'OMS (WHO 2018) en matière d'évaluation de l'efficacité des pièges ;

les experts du GT « Pièges-LAV » recommandent de construire des preuves scientifiques sur l'efficacité des pièges et d'étudier leurs impacts, et pour cela :

- de mettre en œuvre les préconisations de l'OMS en termes de protocoles d'évaluation de l'efficacité des pièges, afin de pouvoir comparer les différentes études et notamment de privilégier les indicateurs épidémiologiques dans les zones de circulation épidémique ou, à défaut, l'indicateur « densité de femelles adultes » pour évaluer l'efficacité des pièges ;
- d'étudier l'efficacité des pièges en conditions de déploiement opérationnel (en fonction du maillage, de la disposition...) pour déterminer les conditions de déploiement optimales en fonction des différents contextes rencontrés dans les territoires de la France et selon différents scénarios épidémiologiques¹⁰ ;
- d'évaluer les impacts des pièges sur la faune non-cible (arthropodes, amphibiens, reptiles...) dans différents contextes et de tester l'efficacité des différentes mesures proposées pour améliorer leur spécificité ;
- de préparer une base de données ouverte et partagée permettant de travailler sur l'efficacité des pièges (et des autres techniques de LAV) ;
- de maintenir une veille de la littérature scientifique sur les études consacrées à l'efficacité des pièges à moustiques mis sur le marché pour identifier les produits disponibles les plus efficaces en fonction du contexte ;
- de poursuivre et développer les recherches sur l'efficacité des attractants, y compris les attractants d'oviposition et ceux à utiliser en alternative possible au CO₂ ;

¹⁰ Tels que ceux définis dans l'article de Roiz *et al.* (2018).

- de prôner une démarche intégrée lors de l'évaluation de l'efficacité des pièges, prenant en compte notamment la durabilité et les aspects liés à l'acceptabilité sociale de ce type d'outils ;
- de réaliser des études de type coût-efficacité et coût-bénéfice des différentes méthodes de LAV (pièges, lutte chimique...) ;
- d'évaluer l'efficacité des pièges à moustiques commercialisés, y compris ceux n'ayant pas fait l'objet de la présente expertise (pièges lumineux à destination des particuliers...).

3.3.3.Recommandations à caractère réglementaire

Considérant :

- le statut de biocide du CO₂ et des substances attractantes (acide lactique et autre mimétique de la sueur) qui doivent respecter le Règlement (UE) 528/2012 entré en vigueur le 1^{er} septembre 2013 (dit « BPR ») ;
- que le CO₂ en bouteille, l'acide lactique et l'oct-1-èn-3-ol sont inscrits à l'annexe 1 du BPR et que les produits attractants utilisant ces substances doivent faire l'objet d'une autorisation de mise sur le marché dès à présent ;
- qu'à partir de juillet 2022 (fin du régime transitoire) où le CO₂ produit par combustion de butane/propane *in situ* va officiellement être introduit dans l'annexe I, seuls le CO₂ en bouteille et celui produit par combustion de butane/propane *in situ* pourront être autorisés,
- qu'à ce jour, il n'y a pas eu de demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour des systèmes de piégeage de moustiques adultes utilisant une source de CO₂ ;
- que les levures et la carboglace permettent de produire du CO₂, mais que ces source de CO₂ n'ont pas été évaluées et ne peuvent pas faire l'objet d'une demande d'AMM simplifiée à l'heure actuelle et qu'en tant que matériel vivant, les levures doivent être soumises au Protocole de Nagoya ;
- que certains fabricants utilisent l'efficacité présumée de leur(s) piège(s) dans la lutte contre les moustiques comme argument de vente ;

les experts du GT « Pièges-LAV » recommandent :

- qu'un rappel de la réglementation soit fait par les autorités (DGPR) aux fabricants de pièges utilisant du CO₂ (voir rapport d'expertise – Annexe 5), afin qu'ils se conforment au règlement BPR et déposent des demandes d'AMM ;
- que tous les dispositifs qui utilisent une source de CO₂ autorisée (bouteille ou génération à partir de butane/propane) soient évalués afin de disposer d'éléments d'objectivation sur l'efficacité des pièges mis sur le marché ;
- d'interdire les allégations « de santé » (du « type zéro nuisance », « maison sans moustique »...) lorsque les pièges n'ont pas apporté la preuve de leur efficacité ;
- d'évaluer l'efficacité des levures comme source de CO₂ ;
- d'évaluer les besoins opérationnels en carboglace et levures comme sources de CO₂ en tant que produits biocides utilisés pour attirer des arthropodes hématophages, et d'inciter le cas échéant les industriels à se conformer à la réglementation en vigueur pour pouvoir utiliser ces sources alternatives de CO₂ (et demander un recours communautaire si nécessaire).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

À l'issue des travaux d'expertise scientifique du GT « Pièges-LAV » sur l'efficacité des pièges à moustiques adultes utilisés pour la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses, l'Anses endosse les conclusions et recommandations du rapport d'expertise collective.

La revue de la littérature scientifique a permis de mettre en évidence une certaine efficacité des pièges (à femelles gravides et/ou en recherche d'hôte) utilisés dans un but préventif (pendant plusieurs semaines ou mois, voire plusieurs années), efficacité d'autant plus importante que leur utilisation s'intègre dans une stratégie globale de LAV (ou « lutte intégrée »). Par contre, l'absence de données disponibles ne permet pas d'établir, au vu des publications scientifiques, l'efficacité des pièges lors de leur utilisation suite à des cas avérés d'arbovirose dans un contexte de circulation virale.

Aussi, l'Agence souligne la nécessité que des études destinées à évaluer les méthodes de piégeage en termes de coût-efficacité et de faisabilité suivant un protocole scientifique d'évaluation rigoureux soient menées, en vue d'établir les conditions de déploiement opérationnel des pièges à moustiques autour des cas d'arbovirose. Ceci est d'autant plus nécessaire que différentes situations rencontrées sur le terrain mettent en évidence l'utilité de méthodes alternatives à l'emploi de la deltaméthrine, seule substance biocide adulticide actuellement utilisée.

En ce qui concerne plus particulièrement les pièges à femelles en recherche d'hôte qui utilisent des substances chimiques (acide lactique par exemple) et du CO₂ *in situ* en tant qu'attractant, ceux-ci relèvent de la réglementation sur les produits biocides et doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Ces pièges doivent également impérativement utiliser une source de CO₂ autorisée dans le cadre du règlement biocide (bouteille de CO₂ ou combustion catalytique de butane/propane).

À ce jour, aucun dossier d'AMM n'a été déposé, aussi l'Anses rappelle aux industriels (fabricants de pièges et producteurs de CO₂) leurs obligations face à la réglementation. De plus, il semblerait que d'autres sources de CO₂ (levures et carboglace) soient parfois utilisées *in situ* pour attirer des arthropodes hématophages : l'Agence souligne que cet usage correspond également à celui de produit biocide. Aussi, ces pratiques mériteraient d'être recensées (éventuellement au niveau européen), afin d'évaluer les besoins des opérateurs et d'inciter, le cas échéant, les industriels à se conformer à la réglementation en vigueur afin de pouvoir utiliser ces sources alternatives de CO₂.

Enfin, l'Agence met en garde les pouvoirs publics contre la multiplication des pièges commercialisés (et parfois déployés à grande échelle) sans qu'une preuve de leur efficacité n'ait été apportée. Elle souligne que ses travaux d'expertise n'ont pas vocation à se substituer aux responsabilités des metteurs en marché qui doivent documenter de manière rigoureuse et traçable tant l'efficacité que la sécurité d'emploi de leurs produits avant de la revendre.

En corollaire, l'Anses recommande également un encadrement de l'emploi d'allégations assimilables ou s'approchant d'allégations de santé (du type « zéro nuisance » ou « maison sans moustique » s'agissant de l'efficacité des pièges) qui ne devraient pas être apposées sans éléments de preuve dûment établis et sur des produits répondant par ailleurs pleinement aux exigences réglementaires applicables.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

Aedes albopictus, *Aedes aegypti*, moustique, vecteur, lutte anti-vectorielle, prévention, piège à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte, piège pondoir létal, piège pondoir collant.

Aedes albopictus, *Aedes aegypti*, mosquito, vector, vector control, prevention, host-seeking female mosquitoes trap, lethal ovitrap, sticky ovitrap.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2021). Évaluation de l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses. (saisine 2020-SA-0150). Maisons-Alfort : Anses, 64 p.

Évaluation de l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses

Saisine « n° 2020-SA-0150 »

RAPPORT d'expertise collective

**Comité d'experts spécialisé « Substances et produits biocides »
et groupe de travail « vecteurs »**

Groupe de travail « Pièges - LAV »

Juillet 2021

Citation suggérée

Anses. (2021). Évaluation de l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses. (saisine 2020-SA-0150). Maisons-Alfort : Anses, 64 p.

Mots clés

Aedes albopictus, *Aedes aegypti*, moustique, vecteur, lutte anti-vectorielle, prévention, piège à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte, piège pondoir létal, piège pondoir collant.

Aedes albopictus, *Aedes aegypti*, mosquito, vector, vector control, prevention, host-seeking female mosquitoes trap, lethal ovitrap, sticky ovitrap.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Thierry BALDET, membre du GT « vecteurs » - chercheur au CIRAD La Réunion - Compétences : entomologie médicale et vétérinaire, lutte anti-vectorielle

Membres

M. Pascal DELAUNAY, Parasitologue, Mycologue et Entomologiste médical au CHU de Nice - Compétences : spécialisé en ectoparasites, ses travaux de recherche portent sur le moustique tigre depuis 2004, consultation médicale : conseils de lutte avec petit ou gros matériel + retour d'expérience et ressenti des patients

M. Frédéric JOURDAIN, ingénieur du génie sanitaire, actuellement doctorant à Santé publique France en collaboration avec l'IRD - Compétences : surveillance et contrôle des maladies à transmission vectorielle

M. Ronald MORA-CASTILLO, vétérinaire, épidémiologiste de formation - Compétences : suivi des arboviroses et des maladies vectorielles

Mme Marie-Marie OLIVE, chercheuse post-doctorante à l'IRD – Compétences : évaluation de l'efficacité des stratégies de lutte anti-vectorielle

M. David ROIZ, membre du GT « vecteurs » - Chargé de recherche à l'IRD - Compétences : entomologie médicale, écologie et biologie des moustiques, évaluation de l'efficacité des stratégies de LAV

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES « Substances et produits biocides » les 24 juin et 22 juillet 2021.

Président

M. Georges DE SOUSA – Ingénieur de Recherche INRAE - Toxicologie - Méthodologie *in vitro* - Perturbateurs endocriniens – Cinétique

Membres

M. Olivier ADAM – Dirigeant chez Hydrobio – Conseil - Ecotoxicologie – Produits biocides TP8

M. Alain AYMARD – Retraité – Réglementation, classification et étiquetage

M. Jean-Christophe CAHUZAC, vice-président – Responsable de la section de produits chimiques, biocides et substances dangereuses – Ingénieur des Laboratoires du Ministère des Finances – Physico-chimie – Méthodes d'analyse – Formulation – Réglementation

M. James DEVILLERS – Directeur de CTIS – Ecotoxicologie - QSAR – Entomologie – LAV

M. Pierre GREVE – Professeur à l'Université de Poitiers – Perturbateurs endocriniens – Différenciation sexuelle – Reprotoxicité (faune) – Microbiologie – Ecotoxicologie des sols – Tests comportementaux

M. Philippe HARTEMANN – Retraité – Microbiologie, désinfectants, hygiène

Mme Claire HELLIO – Professeur Chimie, écologie et biotechnologie – Ecologie, biotechnologie marine, biochimie marine

Mme Dominique PESSEL – Chef d'unité (Fougères, Anses) – Physico-chimie analytique – Résidus médicaments vétérinaires – résidus de biocides désinfectants

M. Vincent RICHARD – Ingénieur de recherche chez DIRECCTE Haute Normandie – Chimie – Risque chimique – Sécurité au travail – Règlementation chimique

M. Christophe SOUMET – Chef d'unité AB2R (Fougères, Anses), ingénieur de recherche – Microbiologie, désinfectants, résistance

■ GT « vecteurs » les 3 mai et 07 juillet 2021.

Président

M. Philippe QUENEL – Professeur, EHESP Rennes + épidémiologie, évaluation du risque, santé publique

Membres

M. Frédéric ARNAUD – Directeur de recherche INRAE/Professeur cumulant EPHE Lyon + virologie moléculaire, arbovirus, compétence vectorielle

M. Thierry BALDET – Chercheur, CIRAD La Réunion + entomologie médicale et vétérinaire, moustiques, culicoïdes, lutte anti-vectorielle

M. Christophe BOETE – Chargé de recherche IRD + écologie des vecteurs, biologie évolutive, nouvelles méthodes de lutte anti-vectorielle

Mme Sarah BONNET – Directrice de recherche, INRAE, Maisons-Alfort + parasitologie, entomologie médicale et vétérinaire, tiques

Mme Cécilia CLAEYS – Maître de conférences, Université d'Aix-Marseille + sociologie de l'environnement et des risques

M. James DEVILLERS – Directeur du CTIS, Rillieux La Pape + écotoxicologie, modélisation, biocides, lutte anti-vectorielle

M. Claudio R. LAZZARI – Professeur, Université de Tours + biologie des vecteurs, physiologie et comportement des arthropodes

M. Emmanuel LIENARD – Enseignant-chercheur, ENV Toulouse + mécanismes de résistance aux insecticides, pathologie animale, parasitologie

Mme Antoinette LUDWIG – Vétérinaire épidémiologiste, Agence de santé publique du Canada + santé animale, épidémiologie des zoonoses, modélisation, épidémiologie

Mme Sylvie MANGUIN – Directrice de recherche, IRD Montpellier + entomologie médicale, maladies à transmission vectorielle, moustiques.

Mme Marie-Claire PATY – Médecin infectiologue, Santé publique France + épidémiologie, santé humaine, santé publique

M. Christophe PAUPY – Directeur de recherche, IRD Montpellier + entomologie médicale, bio-écologie des vecteurs, moustiques, arbovirus

M. Jocelyn RAUDE – Maître de conférences, EHESP Rennes + psychologie de la santé, sciences humaines et sociales

Mme Magalie RENE-MARTELLET – Enseignant-chercheur, VetAgro SupLyon + épidémiologie, santé animale, tiques, parasitologie

M. David ROIZ – Chercheur, IRD Montpellier + lutte anti-vectorielle, entomologie médicale, *Aedes*, évaluation des risques

M. Claude SAEGERMAN – Professeur, Université de Liège + épidémiologie, évaluation de risque, infectiologie et biosécurité

M. Frédéric SIMARD – Directeur de recherche IRD Montpellier + entomologie médicale, arboviroses, biologie évolutive, maladies infectieuses émergentes

M. Jean-Paul STAHL – Médecin infectiologue, CHU Grenoble + maladies infectieuses, pathologies tropicales

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Johanna FITE – Responsable de la mission vecteurs – Anses

M. Ali JAFFAL – Coordinateur d'expertise scientifique – Anses

Contribution scientifique

Mme Johanna FITE – Responsable de la mission vecteurs – Anses

M. Ali JAFFAL – Coordinateur d'expertise scientifique – Anses

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Les personnes mentionnées dans le Tableau 1 ont été auditionnées par le groupe de travail. Les experts du groupe de travail remercient l'ensemble des personnes consultées pour la qualité des échanges. Les informations transmises dans ce cadre ont été prises en compte lors de l'élaboration du rapport.

Avertissement : la mention des personnes dans le tableau ci-dessous ne signifie pas qu'elles endossent les conclusions du présent rapport.

Tableau 1 : Liste des personnes auditionnées

Nom	Fonction	Organisme	Date
Albert GODAL	Chargé de mission lutte anti-vectorielle	Direction générale de la santé (DGS)	3-mars-21
Olivier GRAS	Adjoint au chef de bureau des produits chimiques	Direction générale de la prévention des risques (DGPR)	
Isabelle ESTEVE-MOUSSION	Pôle régional Santé Environnementale	Agence Régionale de Santé (ARS) - Occitanie	26-mars-21
Guillaume LACOUR	Référent Scientifique	Altopictus	
Bruno TOURRE	Directeur général	EID Méditerranée	06-avr-21
Grégory L'AMBERT	Responsable du pôle méthodes et recherche		
Christophe LAGNEAU	Directeur de la recherche et du développement au sein de la direction technique		
Jean-Baptiste FERRE	Entomologiste		
Yvon PERRIN	Entomologiste		
Rémi FOUSSADIER	Directeur général	EID Rhône-Alpes	14-avr-21
Sandrine CHANTILLY	Adjointe au Directeur Général Adjoint - Pôle Prévention Solidarité Santé	Collectivité Territoriale de Guyane - Direction de la Démoustication	07-mai-21
Joseph RWAGITINYWA	Docteur épidémiologiste		
Francis SCHAFFNER	Directeur	Francis Schaffner Consultancy - Surveillance and management of biting insects	17-mai-21
Martin GEIER	Gérant	Biogents	21-mai-21
Andreas ROSE	Gérant		
Astrid SCHUHBAUER	Responsable des comptes		
Bart GJ KNOLS	Directeur général - Science & Conservation	SCIE:NCE, Soneva Fushi	28-mai-21

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	9
Liste des tableaux	10
Liste des figures.....	11
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	12
1.1 Contexte	12
1.2 Objet de la saisine	13
1.2.1 Objectif.....	13
1.2.2 Limites du champ d'expertise	14
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation	14
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	15
2 Méthodologie de l'expertise	16
2.1 Méthodologie de recherche bibliographique.....	16
2.1.1 Objectif de la recherche bibliographique.....	16
2.1.2 Choix des mots-clés et sélection des références.....	16
2.1.3 Extraction des données et analyse de la qualité des articles	18
2.2 Enquête	19
2.3 Personnes auditionnées	19
2.3.1 Objectif des auditions.....	19
2.3.2 Préparation et déroulement des auditions	19
2.3.3 Traitement et utilisation des informations obtenues.....	19
2.3.4 Personnes auditionnées	19
3 Les pièges à moustiques adultes utilisés en LAV	20
3.1 Pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte	20
3.2 Les pièges à moustiques ciblant les femelles gravides.....	23
3.3 Pratiques de piégeage mises en œuvre par les opérateurs.....	24
3.3.1 Les pièges à moustiques employés et leurs contextes d'utilisation.....	24
3.3.2 Retour d'expériences d'opérateurs pour des interventions avec piégeage	26
4 Revue sur l'efficacité des pièges anti-moustiques utilisés en LAV	30
4.1 Études utilisant des pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte ...	30
4.1.1 Pièges à femelles en recherche d'hôte utilisés pour lutter contre <i>Aedes aegypti</i>	30
4.1.2 Pièges à femelles en recherche d'hôte utilisés pour lutter contre <i>Aedes albopictus</i>	31
4.2 Études utilisant des pièges à moustiques ciblant les femelles gravides	32
4.2.1 Pièges à femelles gravides utilisés pour lutter contre <i>Aedes aegypti</i>	32

4.2.2	Pièges à femelles gravides utilisés pour lutter contre <i>Aedes albopictus</i>	38
4.3	Discussion et conclusion sur l'efficacité des pièges	39
5	Conclusions du groupe de travail.....	42
6	Recommandations	43
7	Bibliographie.....	47
7.1	Publications	47
7.2	Normes	50
7.3	Législation et réglementation.....	50
Annexe 1 : Lettre de saisine		52
Annexe 2 : Tableau d'extraction des données		54
Annexe 3 : Questions à destination des opérateurs auditionnés		62
Annexe 4 : Propositions à destination des opérateurs pour établir un protocole d'intervention avec pièges autour de cas s'il n'est pas possible de traiter avec adulticides.....		63
Annexe 5 : Liste de fabricants et/ou distributeurs de pièges à moustiques adultes utilisant du CO₂.....		64

Sigles et abréviations

AGO : *Autocidal Gravid Ovitrap*

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AMM : Autorisation de mise sur le marché

ARS : Agence régionale de santé

BAM : Borne Anti-Moustiques Qista

BG : BioGent

Bti : *Bacillus thuringiensis israeliensis*

CDC : *Centers for Disease Control and Prevention, USA*

CES : Comité d'experts spécialisé

CHIKV : Virus du chikungunya

CHU : Centre hospitalier universitaire

CRCT : *Cluster Randomized Controlled Trial*

DENV : Virus de la dengue

DGS : Direction générale de la santé

DGPR : Direction générale de la prévention des risques

DOM : Département d'outre-mer

EHPAD : Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes

EID : Entente interdépartementale pour la démoustication

GAT : *Gravid Aedes Trap*

GT : Groupe de travail

IgG : Immunoglobuline G

IgM : Immunoglobulines M

LAV : Lutte anti-vectorielle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PICO : *Population, Intervention Comparators, Outcomes*

PRISMA : *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RCT : *Randomized Control Trial*

SAGO : Piège CDC-AGO sentinelle

SO : *Sticky ovitrap*

UBV : Ultra-bas volume

ZIKV : Virus du Zika

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des personnes auditionnées	6
Tableau 2 : Définition des termes PICO	16
Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour la sélection des références	17
Tableau 4 : Exemples de pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte	21
Tableau 5 : Exemples de pièges à moustiques ciblant les femelles gravides.....	24
Tableau 6 : Pièges à moustiques utilisés par des opérateurs français de LAV pour lutter contre <i>Ae. aegypti</i> et/ou <i>Ae. albopictus</i>	25
Tableau 7 : Interventions de piégeage dans des zones d'exclusion à la deltaméthrine réalisées par <i>Altopictus</i> en 2020 en Occitanie et taux de captures d' <i>Aedes albopictus</i> observés	27
Tableau 8 : Avantages et inconvénients opérationnels de l'utilisation des pièges à femelles en recherche d'hôte comparativement aux pièges à femelles gravides.....	29
Tableau 9 : Typologie des articles sélectionnés et étudiés dans le cadre de la revue systématique sur l'efficacité des pièges anti-moustiques utilisés en LAV	39

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme de flux PRISMA	18
Figure 2 : Contexte d'utilisation des pièges à moustiques (en pourcentage) selon les opérateurs	25

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

Présents sur tous les continents, les moustiques du genre *Aedes* (*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* notamment) sont responsables de la transmission d'arboviroses¹ affectant l'Homme telles que la dengue, le chikungunya, le Zika et la fièvre jaune. Ces maladies sévissent principalement dans les régions tropicales et sont également parfois observées en Europe, notamment en raison de l'expansion géographique d'*Ae. albopictus* en lien avec le développement des activités humaines (transports de biens et de personnes, ainsi que changements climatiques) (Paupy *et al.* 2009; Akhoundi *et al.* 2018). Au cours des dernières décennies, l'incidence de la dengue a augmenté de manière drastique² et des épidémies de chikungunya et de Zika ont émergé en dehors de leur aire de distribution d'origine. Ces émergences ont fait de la lutte contre ces arboviroses une priorité de santé publique (Diagne *et al.* 2021; Mayer, Tesh et Vasilakis 2017). Or, en l'absence de vaccin et de traitement curatif spécifique, le seul moyen de réduire le risque de transmission de ces arboviroses repose sur la lutte contre les moustiques vecteurs. Pour la période 1970-2017, l'impact économique des dommages et de la gestion des moustiques du genre *Aedes* à l'échelle mondiale a été estimé à 150 milliards de dollars. Pourtant, le pourcentage de financement dédié au contrôle des moustiques reste très faible (moins de 5 %) par rapport à l'impact économique global des maladies dont ils sont responsables (Diagne *et al.* 2021).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une stratégie de lutte anti-vectorielle (LAV) doit reposer sur une démarche de gestion intégrée dans une approche globale de santé publique incluant la prévention, la surveillance, le diagnostic et les traitements. Cette stratégie doit permettre d'améliorer l'efficacité, l'efficience, l'acceptabilité, la durabilité de cette lutte et de limiter ses impacts écologiques indésirables (WHO 2017).

La LAV repose sur l'utilisation d'outils et le recours à des techniques différentes, selon le couple vecteur/agent pathogène ciblé, mais aussi selon les objectifs poursuivis. Elle peut viser la diminution des populations de vecteurs en dessous des seuils nécessaires à une transmission virale active ou l'évitement du contact hôte/vecteur pour empêcher la transmission de l'agent pathogène. Pour y parvenir, les moyens de lutte sont variés : lutte mécanique, aménagements de l'environnement, lutte biologique, génétique ou chimique (insecticides et répulsifs) et peuvent être utilisés de manière combinée, alternée ou synergique.

Pour que la LAV soit efficace, les responsables doivent élaborer une stratégie intégrée tenant compte du contexte local et en particulier de la situation entomo-épidémiologique. La stratégie de LAV définie, orientée par la réglementation, doit être la combinaison optimale de plusieurs outils et techniques adaptés au contexte du territoire et aux ressources.

¹ **Arbovirose** : maladie virale due à un arbovirus transmis obligatoirement par un vecteur arthropode (moustique, moucheron piqueur, tique...).

² Au niveau mondial, les infections par les virus de la dengue ont été estimées à 390 millions infections par an (Bhatt *et al.* 2013). Le nombre de cas de dengue rapportés par l'OMS a été multiplié par 8 au cours des deux dernières décennies. La moitié de la population mondiale risque désormais d'être infectée par ces virus (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>).

Le décret n° 2019-258 du 29 mars 2019 relatif à la prévention des maladies vectorielles a confié aux Agences Régionales de Santé (ARS) les missions de surveillance entomologique et d'intervention autour des nouvelles implantations de moustiques vecteurs, ainsi qu'autour des cas humains d'arboviroses. Ainsi, depuis le 1^{er} janvier 2020, les ARS sont responsables de la LAV et peuvent désigner des opérateurs chargés de réaliser les interventions autour du domicile et des lieux de passage des cas confirmés de dengue et autres arboviroses (chikungunya et Zika) transmises par les *Aedes* urbains. Ces interventions comprennent notamment la sensibilisation des populations à la prévention des maladies vectorielles et aux moyens pour s'en protéger, la suppression ou vidange des gîtes larvaires et le traitement larvicide, ainsi que le traitement adulticide contre les vecteurs (dont le but principal est de diminuer la longévité et la densité de femelles potentiellement infectées et donc susceptibles de transmettre l'agent pathogène considéré à de nouvelles personnes). Ces interventions doivent être réalisées conformément aux dispositions décrites dans l'annexe 3 de l'arrêté du 23 juillet 2019.

Or, il est apparu que pour diverses raisons (notamment en présence de zones d'exclusion³ aux traitements insecticides), des pièges à moustiques adultes avaient été utilisés par certains opérateurs de LAV en complément ou en substitution aux traitements insecticides habituels. Or, l'arrêté suscité ne prévoit aucune solution alternative telle que les pièges pour lutter contre les moustiques adultes en cas d'impossibilité de mener une lutte périefocale basée sur des traitements adulticides dans un contexte de risque de transmission d'arboviroses.

Aussi, afin de préciser la place du piégeage dans la stratégie générale de lutte contre les arboviroses, il est nécessaire d'étudier l'efficacité des pièges, que ce soit en routine (pour réduire les densités de moustiques) ou autour des cas (pour réduire le risque de transmission virale), en se basant sur les évidences publiées dans la littérature scientifique.

1.2 Objet de la saisine

1.2.1 Objectif

Afin d'encadrer l'utilisation des pièges à moustiques adultes dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses, la DGS a saisi l'Anses le 9 novembre 2020, afin :

(i) de recenser les différents pièges à moustiques commercialisés ciblant les femelles en recherche d'hôte (BG-Sentinel, Mosquito Magnet, ...) et ceux ciblant les femelles gravides⁴ (BG-GAT, AGO, *Sticky ovitraps*...), et de décrire les différents types de pièges utilisés contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses (*Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*) et documenter leur utilisation (stratégie de piégeage) par les opérateurs de LAV en complément ou en remplacement des traitements adulticides autour des cas ;

³ **Zones d'exclusion** : pour limiter au maximum les risques de contamination des cours d'eau, les conditions d'autorisation de mise sur le marché (AMM) du principal produit utilisé en LAV et contenant de la deltaméthrine prévoient une zone d'exclusion correspondant à une zone tampon autour des berges des cours ou des plans d'eau où l'utilisation de la deltaméthrine est interdite (25 m de rayon pour la pulvérisation pédestre et 50 m de rayon pour une pulvérisation autoportée à Ultra-bas volume (UBV)). Les zones de captage d'eau potable, les habitats des espèces les plus sensibles, les ruchers et les zones mellifères, les parcelles d'agriculture biologique font également l'objet de zones d'exclusion.

⁴ **Femelle gravide** : femelle prête à pondre (pour les ovipares).

(ii) d'évaluer l'efficacité des différentes techniques de piégeage (pièges ciblant les femelles de moustique en recherche d'hôte avec ou sans CO₂ ; pièges pondoires ciblant les femelles gravides, létal ou collant) pour réduire la densité de moustiques *Aedes* adultes (et les délais nécessaires pour obtenir un tel effet) ;

(iii) de donner un avis sur la pertinence d'utiliser des pièges dans un but de lutte pérfocale dans le cadre de la LAV intégrée contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses et, le cas échéant, de préciser les situations le justifiant en tenant compte des différents contextes entomologiques et épidémiologiques prévalant sur les territoires français.

1.2.2 Limites du champ d'expertise

Seuls les pièges à moustiques ciblant les stades adultes (femelles gravides et femelles en recherche d'hôte), à usage collectif⁵, et utilisés pour réduire ou éliminer les populations d'*Aedes* dans une optique de LAV ont été étudiés dans le cadre de la présente expertise. Ainsi, les pièges utilisés exclusivement pour de la surveillance n'ont pas été considérés.

L'inventaire des pièges commercialisés a été réalisé en se focalisant sur ceux connus et accessibles par les opérateurs de LAV intervenant en France.

Les évaluations, discussions et recommandations figurant dans ce rapport ont été faites en l'état actuel des connaissances scientifiques et sont susceptibles d'être révisées en fonction des évolutions de celles-ci.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

Afin d'instruire la présente expertise, l'Anses a mis en place un groupe de travail composé de six experts. Ceux-ci ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de l'entomologie médicale et vétérinaire, de la santé publique, de l'épidémiologie, des maladies infectieuses et de la lutte anti-vectorielle. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'Anses a confié au groupe de travail « Pièges-LAV », rattaché au comité d'experts spécialisé « Substances et produits biocides » et au GT « Vecteurs » l'instruction de cette saisine.

Pour réaliser cette expertise, les experts se sont réunis 14 fois en visioconférences entre le 05 février et le 09 juillet 2021.

La réalisation des travaux s'est principalement appuyée sur la synthèse et l'analyse critique des données publiées dans la littérature (articles scientifiques, rapports, etc.). Le GT « Pièges-LAV » a conduit une revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet. Les experts ont aussi réalisé 4 auditions d'opérateurs de LAV dans les territoires français (dans l'hexagone et en Guyane), et 4 auditions de scientifiques (dont deux représentant un fabricant de pièges) ayant utilisé des pièges à moustiques et susceptibles d'apporter des informations et des données complémentaires utiles pour l'expertise (Tableau 1).

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis au GT « vecteurs » le 3 mai et le 7 juillet 2021, ainsi qu'au CES « Substances et produits biocides » le 24 juin, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient

⁵ Les systèmes de piégeage utilisés au niveau individuel ou dans la sphère privée n'ont pas été pris en compte.

compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES « Substances et produits biocides » et du GT « Vecteurs ».

Au final, ces travaux d'expertise ont été adoptés par le CES « Substances et produits biocides » le 22 juillet 2021.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif de respecter les valeurs suivantes : compétence, indépendance, transparence et traçabilité.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'agence (www.anses.fr).

Dans le cadre de la revue scientifique réalisée sur l'efficacité des pièges (voir § 2.1), 3 des experts du GT étaient co-auteurs de l'un des 21 articles retenus (celui d'Akhoundi *et al.*, 2018). Aussi, l'analyse de cette publication n'a pas été réalisée par l'un de ces co-auteurs.

2 Méthodologie de l'expertise

2.1 Méthodologie de recherche bibliographique

2.1.1 Objectif de la recherche bibliographique

Une revue systématique⁶ de la littérature a été réalisée pour établir un état des connaissances sur l'efficacité des différentes stratégies de piégeage visant à réduire ou à éliminer les populations de moustiques du genre *Aedes*, vecteurs d'arboviroses.

Ce travail de synthèse de la littérature scientifique a été mené en utilisant la méthode PICO « *Population, Intervention, Comparators, Outcomes* » (Tableau 2), afin de répondre à la question suivante : le piégeage est-il une méthode efficace pour contrôler les populations de moustiques du genre *Aedes* et stopper la transmission d'arboviroses ?

Tableau 2 : Définition des termes PICO

PICO	Définition
Population	moustiques du genre <i>Aedes</i>
Intervention	utilisation de pièges pour contrôler les populations de moustiques
Comparators	site avec pièges vs. site témoin (ou avec valeurs de références avant piégeage)
Outcomes	indicateurs quantitatifs de l'efficacité des pièges

2.1.2 Choix des mots-clés et sélection des références

Les recherches bibliographiques ont été menées sur Scopus (www.scopus.com) et PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) sans limitations sur l'année de publication.

La combinaison de mots clés suivante a été validée par le GT pour identifier les références pertinentes par rapport à la question posée.

(*Aedes*) AND (**trap**) AND (*control** OR *remov** OR *suppress** OR *eliminat** OR *reduc**)

La sélection des références à inclure dans la revue bibliographique a été réalisée sur le site CADIMA⁷ (<https://www.cadima.info/index.php>) avec une première étape basée sur la lecture des titres et résumés (prenant en compte les deux premiers critères de sélection présentés dans le Tableau 3 : Population et Intervention), puis une seconde étape basée sur la lecture du texte intégral des articles (prenant en compte l'ensemble des critères). À chaque étape de sélection, chacune des références a été revue par deux lecteurs indépendants en parallèle et les divergences éventuelles dans la sélection ont été résolues sur l'interface proposée par CADIMA.

⁶ **Revue systématique** : synthèse de la littérature scientifique en réponse à une question précise suivant un protocole clairement défini.

⁷ **CADIMA** : outil informatisé en accès libre permettant de réaliser les différentes étapes qui composent une revue de la littérature.

Les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour la sélection des références sont présentés dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour la sélection des références

Item	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Population	- <i>Aedes albopictus</i> - <i>Aedes aegypti</i> - <i>Aedes polynesiensis</i> (l'une ou l'autre est directement ciblée par l'étude)	- Autres <i>Aedes</i> (ex : <i>Ae. japonicus</i>, <i>Ae. vexans</i>, <i>Ae. caspius</i>, <i>Ae. notoscriptus</i>...). - Autres moustiques (<i>Culex</i>, <i>Anopheles</i>...) et arthropodes. - Les inventaires faunistiques sont exclus (même si présence d'<i>Ae. albopictus</i> ou <i>Ae. aegypti</i>).
Intervention (piège)	- Pièges à utilisation collective utilisés pour du contrôle (objectif : réduire les populations) ET ciblant les stades adultes.	- Absence de piège (traitement insecticide, lutte mécanique seuls ...). - Autodissémination de régulateur de croissance (type pyriproxifène) ou autres insecticides. - Interventions basées sur des pièges ciblant les œufs (pièges pondoirs) ou les stades préimaginaux. - Utilisation de pièges à des fins de surveillance, d'inventaire, de suivi spatio-temporel...
Comparator	- Site témoin ou valeurs de références (<i>baseline</i>).	- Absence de site témoin ET de valeurs de références (<i>baseline</i>).
Outcome	- Densité des moustiques adultes ou des femelles (nb/piège ou nb/surface ou nb/maison) - Taux de piqûres - Nuisance déclarée - Indicateurs épidémiologiques	- Absence d'indicateur
Study design	- Études de terrain - Essai semi-contrôlés	- Études de laboratoire

Le nombre d'études triées et examinées en vue de leur éligibilité est présenté sous forme d'un diagramme de flux PRISMA (Figure 1).

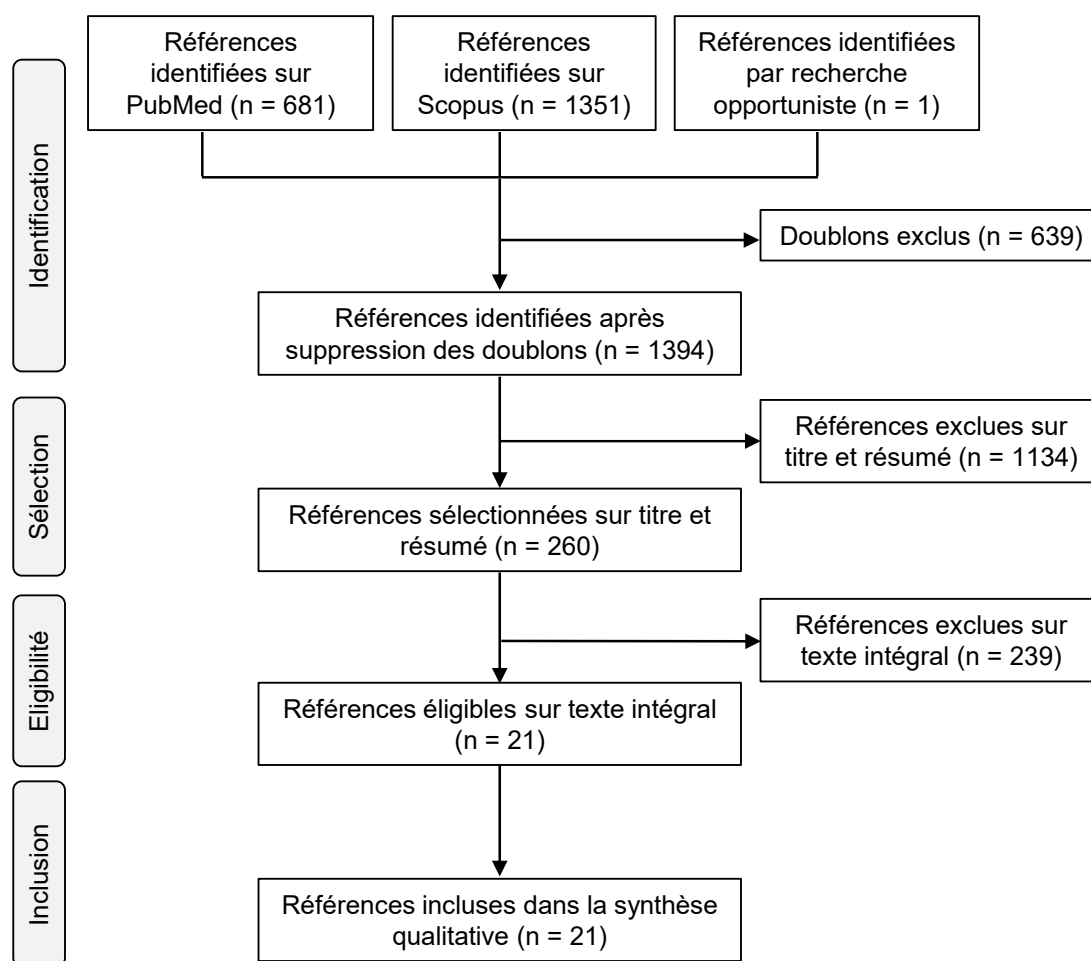


Figure 1 : Diagramme de flux PRISMA

À chaque étape, les références ne répondant pas aux critères d'inclusion/exclusion ont été écartées. C'est le cas des études disponibles dans le dossier européen de demande d'approbation du CO₂ en tant que substance biocide (Cooperband et Cardé 2006; Campbell 2003), qui n'ont pas été prises en compte puisqu'elles ne répondaient pas aux critères d'inclusions définis (Population et Intervention notamment) dans le cadre de cette expertise. C'est le cas également des données sur l'expérimentation des pièges BAM (Qista) (Fofana 2020; Poulin 2015) qui ne répondaient pas non plus aux critères d'inclusions (Comparator notamment).

2.1.3 Extraction des données et analyse de la qualité des articles

Un tableau d'extraction des données a été mis au point pour analyser la qualité des études sélectionnées et leur pertinence par rapport à la question posée. Ce tableau Excel inclut des éléments descriptifs et des critères d'évaluation de la qualité des études. Étant donné le temps limité disponible pour réaliser l'expertise, ce tableau (Annexe 2) a été rempli par un seul expert à la fois pour chaque étude, mais l'analyse globale de la qualité des études a été discutée par l'ensemble du GT.

2.2 Enquête

Une enquête a été réalisée entre le 5 mars et le 2 avril 2021 pour identifier les opérateurs de LAV intervenant en France ayant déjà utilisé des pièges à des fins de contrôle (et non uniquement pour de la surveillance) et sélectionner ceux à auditionner.

Un courrier électronique a été envoyé à 18 opérateurs habilités pour réaliser des traitements de LAV dans les territoires français (DOM, hexagone et Corse). Dans ce courrier, différentes questions ont été abordées, notamment pour connaître les types de pièges utilisés et le contexte d'utilisation de ces pièges. Le taux de réponse à cette enquête a été de 78 % (14 réponses).

2.3 Personnes auditionnées

2.3.1 Objectif des auditions

Les auditions ont été réalisées afin d'obtenir des données et des informations complémentaires à celles issues de la littérature scientifique, notamment concernant les conditions d'utilisation des pièges sur le terrain par les opérateurs de LAV.

2.3.2 Préparation et déroulement des auditions

En amont des auditions, une liste de questions (Annexe 3), rédigée par l'Anses et les experts du groupe de travail, a été envoyée aux personnes auditionnées une semaine avant l'entretien.

Les auditions se sont déroulées en visioconférence, et duraient environ une heure. Après une présentation de la personne auditionnée et des experts du GT présents, la discussion suivait la trame du questionnaire envoyé.

Dans un souci de transparence et de traçabilité, les auditions ont fait l'objet de comptes rendus écrits et d'un enregistrement audio.

2.3.3 Traitement et utilisation des informations obtenues

Les experts du groupe de travail ont réalisé un travail d'analyse du contenu de ces auditions. Ils en ont tiré les éléments d'information jugés importants, et les ont utilisés pour alimenter certaines parties du rapport. Cette restitution, qui appartient aux experts du groupe de travail, n'engage aucune des personnes auditionnées, bien qu'elle s'appuie évidemment sur les entretiens conduits avec eux.

2.3.4 Personnes auditionnées

La liste des personnes auditionnées par les experts du groupe de travail figure dans le Tableau 1.

3 Les pièges à moustiques adultes utilisés en LAV

Il existe une large variété de pièges commercialisés ciblant les différents stades de vie d'un moustique (œufs, larves, nymphes ou adultes). Historiquement, ces pièges ont d'abord été utilisés pour surveiller la distribution, l'abondance et le taux d'infection des populations naturelles des moustiques vecteurs d'arboviroses. Leur usage était donc initialement destiné à la surveillance. Les pièges ont ensuite été utilisés pour évaluer l'efficacité des différentes méthodes de LAV.

Plus récemment, dans la dernière décennie, certains de ces pièges ont été utilisés, parfois à moyenne échelle⁸ (piégeage de masse), comme outil de LAV dans l'objectif de contrôler (réduire ou éliminer) les populations de moustiques vecteurs dans un territoire donné.

Les pièges utilisés pour du contrôle ciblent plutôt les femelles adultes. Selon le stade physiologique ciblé, on peut distinguer deux catégories : les pièges ciblant les femelles en recherche d'hôte (la femelle moustique a besoin d'un repas sanguin pour porter ses œufs à maturité) et les pièges ciblant les femelles gravides⁹ (qui cherchent un gîte pour pondre leurs œufs), mais d'autres stades pourraient potentiellement être visés (les adultes en recherche de repas sucré, ou la période d'accouplement) (Wooding *et al.* 2020).

Dans cette partie, nous allons décrire les pièges les plus utilisés dans le contrôle des populations d'*Ae. albopictus* et *Ae. aegypti*.

3.1 Pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte

Les femelles d'*Ae. albopictus* et *Ae. aegypti* sont hématophages et possèdent des récepteurs olfactifs leur permettant de détecter l'odeur et le gaz carbonique (CO₂) produit par leurs hôtes lors de la respiration. Les pièges ciblant les femelles en recherche d'hôte dits « actifs » fonctionnent sur un même principe : attirer les moustiques en diffusant du gaz carbonique (~300 mL/min/piège) et/ou des attractants, qu'ils soient visuels ou olfactifs (*e.g.*, simulant l'odeur corporelle humaine) (Dormont *et al.* 2021), comme l'acide lactique ou le oct-1-én-3-ol (plus communément désigné sous le nom d'octénol). Dans tous les cas, les moustiques attirés sont aspirés par une ventilation électrique et précipités dans un sac/dispositif de collecte.

BG-Sentinel (Biogents, Regensburg, Allemagne)

Le BG-Sentinel (BGS) (Tableau 4) est souvent utilisé avec le BG-Lure (mélange d'acide lactique, d'ammoniaque et d'acide caproïque) qui se rapproche des odeurs corporelles de la peau humaine. Ainsi, il peut selon les besoins fonctionner avec ou sans dioxyde de carbone. Les moustiques attirés sont ensuite aspirés grâce au système de ventilation du piège et collectés dans un sac de capture (Krockel *et al.* 2006).

BG-Mosquitaire (Biogents, Regensburg, Allemagne)

Le BG-Mosquitaire (Tableau 4) fonctionne avec le même principe d'attraction et de capture que celui du BG-Sentinel. Contrairement à ce dernier, le BG-Mosquitaire n'est pas pliable et il est conçu pour être utilisé en position fixe pendant plusieurs mois (Degener *et al.* 2019). Il

⁸ A l'échelle d'un quartier ou d'un village.

⁹ Voir note de bas de page n° 4, p1413.

fonctionne avec un mélange attractant olfactif (BG-Sweetscent) sans CO₂ mais il existe un autre modèle qui fonctionne avec CO₂ (BG-Mosquitaire CO₂).

Mosquito Magnet® (American Biophysics Corporation)

Les pièges de la marque Mosquito Magnet fonctionnent avec un système qui permet la production et la diffusion de CO₂ et un système de ventilation-aspiration et de récupération des moustiques dans un compartiment muni d'un filet récepteur. Le Mosquito Magnet Executive (Tableau 4) fonctionne sur batterie rechargeable. Une substance odorante attractive, le oct-1-én-3-ol ou le L-acide lactique, peut être ajoutée (Li et al. 2010).

La borne anti-moustiques Qista (BAM)

La borne anti-moustique Qista (Tableau 4) diffuse du CO₂ et des attractants olfactifs (acide lactique) permettant d'attirer les moustiques, qui sont ensuite aspirés et capturés par la borne. Elle fonctionne, via un programmeur, selon des plages horaires définies.

Système « BioBelt anti-Moustiques »

Installé en « ceinture » pour encercler la zone à protéger, ce dispositif utilise un partenariat avec Biogents pour les pièges et une gestion automatisée pour gérer les débits de CO₂ dans les pièges montés en série, permettant de les déployer sur de larges surfaces (Akhoundi et al., 2018).

Tableau 4 : Exemples de pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte

	Photo	Dimensions	Attractant (optionnel)	Source de CO ₂	Source d'électricité
BG-Sentinel		diamètre : 35 cm hauteur : 40 cm	BG-Lure	option : bouteille CO ₂	secteur / batterie
Mosquito Magnet Executive		hauteur : 76 cm largeur : 45 cm profondeur : 86 cm	oct-1-én-3-ol ou L-acide lactique	combustion catalytique du butane ou du propane	une batterie rechargeable
BG-Mosquitaire		diamètre : 40 cm hauteur : 27 cm	BG-Sweetscent	option : bouteille CO ₂	secteur / batterie
Bornes anti-moustiques Qista (BAM)		hauteur : 1 m largeur : 39 cm profondeur : 60 cm	acide lactique	bouteille CO ₂	secteur
Système « BioBelt anti-Moustiques » (piège en série)		diamètre : 47 cm hauteur : 35 cm	BG-Lure	bouteille CO ₂	secteur

Remarque : Les pièges mentionnés dans ce tableau ont été utilisés dans des études présentées dans la revue sur l'efficacité des pièges au chapitre 4 et/ou par des opérateurs auditionnés, leur simple mention ici ne signifie pas qu'ils sont efficaces.

Tous les pièges « actifs », qui attirent les moustiques en diffusant du gaz carbonique et/ou des attractants sont soumis à la réglementation biocide (

Encadré 1). À compter de juillet 2022 et pour rester en règle, tous les dispositifs de piégeage utilisant du CO₂ (produit à partir de la combustion de butane ou de propane) devront faire l'objet d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) simplifiée. Par ailleurs, les attractants chimiques utilisés sont également soumis à la réglementation biocide.

Encadré 1 : Réglementation concernant l'usage du CO₂ et autres composés olfactifs en tant qu'attractant pour les moustiques

Les produits biocides sont destinés à « détruire, repousser, rendre inoffensifs les organismes nuisibles [...] par une action autre qu'une simple action physique ou mécanique ». Les produits biocides ayant une action répulsive ou attractante font partie du type de produits 19 du Règlement biocides (UE) 528/2012 en vigueur (BPR). À ce titre, le CO₂ est une substance active biocide pour le type de produit 19, de même qu'une substance chimique odorante destinée à attirer les moustiques.

Le recours à ce type de produits pour lutter contre les moustiques rentre donc directement dans le champ du Règlement biocides.

- Dans le cas où les produits sont vendus pour un usage biocide, ce sont des produits biocides et ils doivent être encadrés comme tels ;
- Dans le cas où les pièges fonctionnent avec des produits qui sont, eux, mis sur le marché sans revendication biocide, c'est à celui qui commercialise les pièges et les met sur le marché de s'assurer de la conformité au règlement biocides, et de faire une demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) si nécessaire.

La plupart des molécules attractantes utilisées dans les pièges sont des substances actives biocides.

- Le CO₂ en bouteille est une substance active biocide inscrite à l'annexe 1 du règlement ce qui veut dire que les produits biocides (ou les dispositifs) qui utilisent cette substance active peuvent faire l'objet d'une AMM simplifiée (les requis du dossier de demande d'AMM sont plus limités et l'évaluation plus rapide).

- le CO₂ produit à partir de la combustion de butane ou de propane a été évalué et sera inclus à l'annexe 1 le 1er juillet 2022¹⁰. Ainsi, le butane et le propane utilisés pour produire du CO₂ bénéficient encore d'une période transitoire (mise sur le marché sans AMM), mais le gaz et/ou le dispositif devra avoir une AMM à partir du 1er juillet 2022 pour continuer à être utilisé pour cet usage.

- l'acide lactique et oct-1-én-3-ol sont également des substances actives inscrites à l'Annexe 1. Les produits contenant ces substances et revendiquant une action attractante des moustiques doivent, par conséquent, bénéficier d'une AMM pour être utilisés dans les pièges.

Les autres modes de génération de CO₂ (par exemple la carboglace) et l'acide caproïque ne sont pas des substances actives autorisées en Europe.

¹⁰ Règlement délégué 2021/86 de la Commission du 10 mars 2021 modifiant le règlement (UE) no 528/2012 du Parlement européen et du Conseil en vue d'inscrire le dioxyde de carbone produit par combustion de propane, de butane ou d'un mélange des deux en tant que substance active à l'annexe I dudit règlement.

3.2 Les pièges à moustiques ciblant les femelles gravides

Les pièges à femelles gravides utilisés dans le cadre de la LAV sont des pièges pondoires létaux. Le but de ces pièges est de fournir un site de ponte attractif pour l'espèce cible qui peut s'avérer léthal pour les femelles pour différentes raisons (support de ponte imprégné ou traité avec un insecticide, bandes collantes...). Contrairement aux pièges pondoires classiques qui sont utilisés dans le cadre de la surveillance, les pièges pondoires létaux visent à réduire les populations de moustiques femelles adultes et leur future progéniture (les larves peuvent également être tuées par les résidus d'insecticides ou à l'aide d'un grillage qui les empêche de sortir de l'eau du piège) (Johnson, Ritchie et Fonseca 2017).

Ces pièges sont dits « passifs » car ils n'ont pas besoin d'électricité et n'utilisent pas de leurre comme le CO₂. Ils simulent un gîte de ponte et utilisent de l'eau stagnante (à laquelle peut être ajoutée une infusion de matière végétale) pour attirer les moustiques *Aedes* femelles qui ont un comportement spécifique qui consiste à pondre dans les récipients artificiels générés par l'Homme. Cependant, s'ils ne sont pas suivis (entretien et changement d'eau), ces pièges peuvent devenir des gîtes productifs en moustiques adultes.

Le piège léthal standard est constitué d'un petit seau en plastique noir contenant un support de ponte traité à l'insecticide (Tableau 5). D'autres pièges pondoires collants sans insecticides (*Sticky ovitrap*, SO) ont été développés (Ritchie *et al.* 2014; Chadee et Ritchie 2010). Ces dispositifs incluent une surface adhésive qui piège les moustiques dès leur atterrissage sur la paroi du seau (ex : MosquiTRAP) (Tableau 5). Il est à noter que la petite taille de ces pièges implique un taux d'évaporation élevé, ce qui impose des intervalles d'entretien courts (au moins une fois par semaine, selon les précipitations) (Johnson, Ritchie et Fonseca 2017).

Il existe également des pièges létaux de grande taille qui nécessitent une maintenance moins fréquente et fournissent des signaux visuels et olfactifs plus puissants que ceux émis par les pièges de petite taille. Parmi ces derniers, on trouve le CDC-AGO (*Centers for Disease Control and Prevention-Autocidal Gravid Ovitrap*) (Mackay, Amador et Barrera 2013) et le BG-GAT (*Biogents Gravid Aedes Trap*) (Eiras, Buhagiar et Ritchie 2014) (Tableau 5). Le CDC-AGO contient des bandes adhésives sur les parois intérieures, tandis que la chambre de collecte translucide du GAT (Tableau 5) peut être imprégnée d'insecticide ou couplée avec des bandes adhésives. La femelle qui entre dans la chambre translucide n'arrive pas à atteindre l'eau (une grille couvre l'eau du piège) et finit, en principe, tuée par l'insecticide ou collée sur les bandes adhésives (Bazin et Williams 2018).

Tableau 5 : Exemples de pièges à moustiques ciblant les femelles gravides

	Photo	Description
Piège pondoir létal standard		seau noir de 500 mL + un support de ponte imprégné d'insecticides
Piège pondoir collant (MosquiTrap)		contenant noir de 1 L (33 cm de hauteur et 15 cm de large) la partie inférieure peut être remplie d'environ 300 mL d'eau la partie supérieure renferme une ouverture en forme d'entonnoir, facilitant l'entrée du moustique et gênant sa sortie
Biogents Gravid Aedes Trap (BG-GAT)		seau noir (20 cm de hauteur x 30 cm de diamètre supérieur x 24 cm de diamètre inférieur) surmonté d'une chambre de collecte translucide avec une entrée conique noire peut contenir 3 L d'eau
CDC-Autocidal Gravid Ovitrap (CDC-AGO)		seau noir de 19 L peut contenir 10 L d'eau ouverture relativement large

Remarque : Les pièges mentionnés dans ce tableau ont été utilisés dans des études présentées dans la revue sur l'efficacité des pièges au chapitre 4, leur simple mention ici ne signifie pas qu'ils sont efficaces.

3.3 Pratiques de piégeage mises en œuvre par les opérateurs

3.3.1 Les pièges à moustiques employés et leurs contextes d'utilisation

Dans le cadre de l'enquête réalisée par l'Anses pour identifier les opérateurs utilisant des pièges à moustiques autour des cas d'arboviroses (voir § 2.2), 78 % des opérateurs habilités à faire des traitements ont répondu au questionnaire (14 sur 18).

Les types de pièges utilisés par les opérateurs de la LAV sont présentés dans le Tableau 6.

La plupart du temps, les pièges sont utilisés dans un contexte de prévention afin de :

- réduire la nuisance et prévenir le risque vectoriel ;
- protéger certaines populations sensibles (crèches, EHPAD, CHU...) ;
- renforcer la mobilisation sociale (comme levier de mobilisation, pour impliquer les populations dans la lutte contre les moustiques).

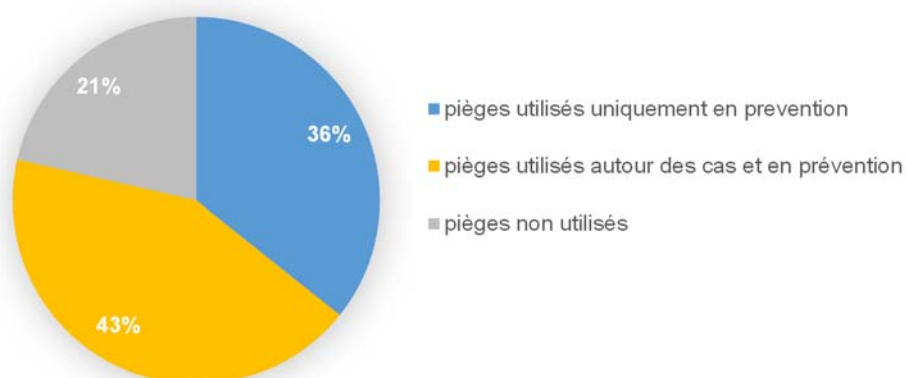
D'après les réponses reçues, seuls 6 opérateurs (43 %) ont déjà utilisé des pièges à moustiques autour de cas d'arboviroses (ils apparaissent en blanc dans le tableau ci-dessus).

Parmi ceux qui ont utilisé des pièges autour des cas, tous les ont utilisés comme une solution complémentaire aux autres actions menées dans le cadre de la LAV, voire parfois comme une solution de substitution aux traitements adulticides de LAV pour la moitié d'entre eux (Figure 2).

Tableau 6 : Pièges à moustiques utilisés par des opérateurs français de LAV pour lutter contre *Ae. aegypti* et/ou *Ae. albopictus*

Opérateur	Pièges ciblant les femelles en recherche d'hôte					Pièges ciblant les femelles gravides
	BG-Sentinel	BG-Mosquitaire CO ₂	Mosquito Magnet Executive	Mosquito Magnet (autres modèles)	Bornes Anti-Moustiques (Qista)	BG-GAT
Lutte contre <i>Ae. aegypti</i>						
Collectivité territoriale de Guyane	√	√	√			
CEDRE-LAV / La Martinique	√	√	√			
Lutte contre <i>Ae. albopictus</i>						
A.R.D / Ile-de-France	√*					
Altopictus / Occitanie	√					√
ARS de La Réunion					√*	√*
Brigades vertes du Haut-Rhin	√			√		√
Collectivité de Corse	√*			√*		
Conseil Départemental de la Charente-Maritime	√		√	√		√
EID Méditerranée	√*			√*		√*
EID Rhône-Alpes		√	√			√*
LDAR - Aisne	√*					√*

(*) pièges utilisés en dehors d'une utilisation autour de cas, par exemple dans un contexte de prévention, dans le cadre de recherches expérimentales ou pour mesurer l'efficacité de traitements adulticides.

**Figure 2 : Contexte d'utilisation des pièges à moustiques (en pourcentage) selon les opérateurs**

Le recours au piégeage comme solution complémentaire (ou de substitution) des traitements adulticides n'est réalisé que dans certains cas particuliers, tels que :

- lorsque l'épandage d'insecticides n'est pas possible (zone d'exclusion¹¹ à la deltaméthrine telle que définie par la réglementation, ruchers, parcelles d'agriculture biologique, hôpitaux, accès difficile à la zone à traiter, conditions météorologiques défavorables...) ;
- la présence d'un site protégé d'intérêt écologique (e.g. parc naturel, zone Natura 2000) ou entomologique (e.g. insectarium) ;
- le refus d'utilisation des insecticides par la population (traitement adulticide pérfocal ou intra-domiciliaire) ;
- dans les situations où la suppression des gîtes larvaires n'a pas pu être réalisée de manière exhaustive ou pour compléter sur la durée les autres actions de la LAV.

Au-delà des réponses écrites obtenues auprès de 14 opérateurs de LAV, 4 d'entre eux (ayant utilisé le piégeage soit pour de la recherche expérimentale, soit dans un cadre préventif et/ou pour du contrôle autour de cas, en France hexagonale et à l'Outre-mer) ont été auditionnés par le GT (voir liste au Tableau 1, p6). Le but de ces auditions était de connaître l'expérience des opérateurs, ainsi que les avantages et les inconvénients opérationnels (contraintes logistiques) liés à l'utilisation des pièges dans le cadre de la LAV.

3.3.2 Retour d'expériences d'opérateurs pour des interventions avec piégeage

En Occitanie, l'opérateur *Altopictus* a réalisé 5 interventions de piégeage en 2020 (2 fois autour de cas autochtones de dengue et 3 fois autour de cas importés d'arboviroses) en complément des actions de LAV habituelles (traitement adulticide et suppression des gîtes larvaires). À chaque intervention, les pièges ont été utilisés pendant au moins 3 semaines pour traiter des zones d'exclusion à la deltaméthrine. Celles-ci représentaient des surfaces comprises entre 17 et 36 % de la zone à traiter (Tableau 7) [Audition Altopictus].

Les résultats des piégeages réalisés par Altopictus, indiquent des taux de capture d'*Ae. albopictus*, après traitement à la deltaméthrine, plus importants dans les zones d'exclusion que dans les zones traitées. Lors de ses interventions avec pièges, Altopictus combine généralement des pièges à femelles gravides (BG-GAT) et des pièges à femelles en recherche d'hôte (BG-Sentinel avec CO₂), avec un ratio variable selon le contexte (zone végétale dense, conditions météo, disponibilité des pièges...). Considérant qu'un BG-Sentinel avec CO₂ capture plus d'*Ae. albopictus* en 24 h qu'un BG-GAT, la moindre efficacité du BG-GAT était compensée par un déploiement en plus grand nombre sur la zone d'intervention (Tableau 7).

Pour l'opérateur, les résultats obtenus confirment l'utilité de déployer une combinaison de BG-GAT et de BG-Sentinel dans les zones d'exclusions occupant une surface supérieure à 20 % de la surface de la zone à traiter [Audition Altopictus].

Cependant, ces résultats opérationnels ne permettent pas de comparer des zones avec pièges à des zones témoins et de conclure quant à l'efficacité du piégeage pour lutter contre la transmission virale.

¹¹ Voir note de bas de page n° 3, p 14.

Tableau 7 : Interventions de piégeage dans des zones d'exclusion à la deltaméthrine réalisées par *Altopictus* en 2020 en Occitanie et taux de captures d'*Aedes albopictus* observés

Cause d'intervention	Traitement deltaméthrine	ratio entre la surface de la zone d'exclusion et celle de la zone totale à traiter (%)	Surface de la zone d'exclusion (en m²)	Pièges	Durée de piégeage (jours)	Nb. total d' <i>Ae. albopictus</i> capturés sur la durée de l'intervention	Nb. moyen d' <i>Ae. albopictus</i> / jour/piège
cas autochtone	Oui	22,7	15856	10 BG-GAT	58	136	0,23
cas importé	Oui	17,3	12202	16 BG-GAT	21	191	0,57
				3 BG-Sentinel		195	3,10
cas autochtone ¹²	Oui	32,8	22974	25 BG-GAT	28	nd	0,5 (début du piégeage) 0,022 (fin du piégeage)
				6 BG-Sentinel		nd	2 (début du piégeage) 0,2 (fin du piégeage)
cas importé	Oui	36,2	25489	6 BG-GAT	33	3	0,01
cas importé	Oui	21,4	14795	7 BG-GAT	47	108	0,33

nd : non-déterminé

Source : ARS Occitanie et *Altopictus*

De la même manière, l'EID Rhône-Alpes intervient fréquemment par piégeage dans la région Auvergne-Rhône-Alpes sur des sites hospitaliers parcourus par des cours d'eau et impossibles à traiter avec la deltaméthrine. En 2020 l'opérateur est intervenu 8 fois par piégeage [Audition EID Rhône-Alpes]. La décision d'intervenir par piégeage sur une zone se base sur l'importance de la surface de la zone d'exclusion par rapport à la surface totale à traiter. Pour l'EID Rhône-Alpes, le piégeage (5 à 8 Mosquito Magnet Executive pendant 4 semaines) est utilisé en complément du traitement adulticide si la zone d'exclusion représente entre 10 et 60 % de la zone à traiter. Si la zone d'exclusion représente une surface supérieure à 60 % de la zone à traiter, l'opérateur recourt uniquement au piégeage, même si l'usage des insecticides est autorisé sur le reste de la zone [Audition EID Rhône-Alpes].

Par ailleurs, pour l'EID Méditerranée, dans sa zone d'intervention (région Provence-Alpes-Côte d'Azur), l'utilisation de pièges à moustiques fait appel à des contraintes logistiques importantes notamment dans le cadre de la lutte curative où il faut agir rapidement (délai pour

¹² Selon *Altopictus*, il s'agit de l'opération de lutte par piégeage la plus massive mise en œuvre à ce jour dans le Gard.

déployer les pièges, coût, transport, stockage et maintien des pièges...) et n'a pas fait la preuve de son efficacité. Aussi, l'EID Méditerranée n'utilise pas de pièges dans le cadre de ses interventions de LAV. En revanche, elle pilote un projet de recherche expérimental « Vectrap¹³ » sur l'applicabilité et la durabilité de la stratégie de piégeage de masse en milieu urbain contre la nuisance des *Aedes* (dont les résultats sont attendus pour fin 2024) [Audition EID Méditerranée].

Dans le cadre de la lutte contre *Ae. aegypti* qui est endophile et endophage (se repose et pique de préférence à l'intérieur des maisons), la collectivité territoriale de Guyane utilise des BG-Sentinel sans CO₂ (mais avec attractant chimique ; BG-Lure) en intérieur lorsque le traitement intra-domiciliaire n'est pas possible (hôpitaux, refus de l'administré ...). Des pièges Mosquito Magnet sont parfois utilisés en extérieur pour obtenir une persistance des actions de lutte anti-vectorielle [Audition de la collectivité territoriale de Guyane]. Ainsi, à l'hôpital de Cayenne, un réseau de pièges Mosquito Magnet a été mis en place à l'extérieur de l'hôpital (placés dans des petites cabanes sécurisées) couplé avec des pièges BG-Sentinel sans CO₂ à l'intérieur. Souvent, les pièges sont utilisés en complément des traitements chimiques, mais cela dépend de la situation épidémiologique sur l'ensemble du territoire et des ressources disponibles pour l'opérateur [Audition de la collectivité territoriale de Guyane].

En plus des auditions, les experts du GT ont pris connaissance de l'évaluation d'un dispositif de piégeage massif sur les densités d'*Ae. albopictus* réalisée sur la commune du Port entre mai 2019 et avril 2020 par l'ARS à La Réunion (Habchi-Hanriot *et al.* 2020). Il s'agit d'une étude pilote qui compare des zones témoins appariées avec des zones traitées par des pièges (BG-GAT seuls, Bornes anti-moustiques Qista seuls et une association de pièges BG-GAT et Bornes anti-moustiques Qista), avec recueil de données en pré- et post-traitement. Néanmoins, le choix des zones n'étant pas randomisé, il ne s'agit pas d'un essai randomisé contrôlé (*Randomized Controlled Trial* ou RCT). Les résultats les plus solides sont ceux qui concernent les zones avec des pièges GAT (4 réplicats). Les résultats de cette étude suggèrent une tendance à la réduction des densités d'*Ae. albopictus* avec les BG-GAT après environ 10 semaines, mais ne permettent pas de conclure quant à l'efficacité des Bornes anti-moustiques Qista. Il serait pertinent de compléter ces résultats avec un autre essai pilote et un protocole expérimental plus solide pour confirmer les résultats préliminaires.

Au final, tous les opérateurs auditionnés et utilisant des pièges à moustiques ont noté une forte acceptabilité des populations vis-à-vis de ceux-ci, y compris en situation d'opposition aux traitements chimiques adulticides. Le Tableau 8 résume les avantages et les inconvénients en termes logistiques et opérationnels de l'utilisation des pièges à moustiques dans le cadre de la LAV.

¹³ Vectrap (novembre 2020 – mars 2024) « Applicabilité et durabilité de la stratégie de piégeage de masse en milieu urbain contre *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti*, vecteurs des virus de la dengue, du chikungunya et de Zika ». Projet financé par l'Anses dans le cadre du programme national de recherche Environnement-Santé-Travail (PNR EST).

Tableau 8 : Avantages et inconvénients opérationnels de l'utilisation des pièges à femelles en recherche d'hôte comparativement aux pièges à femelles gravides

	Avantages	Inconvénients
Pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte	- taux de capture relativement élevé par rapport aux pièges à femelles gravides - espèces non cibles peu piégées en milieu urbain - bonne acceptabilité	- besoin d'une source d'électricité - fonctionnent souvent avec une source de CO₂ (bouteilles de butane, propane ou CO₂) - sécurité des bouteilles de gaz (transport, risque de vol, explosion en cas d'incendie...) - contraintes de stockage et de maintenance (approvisionnement en CO₂ et électricité) - délai d'intervention relativement long (transport, emplacement et protection des pièges en milieu urbain) - nécessité d'avoir une bonne couverture et de pénétrer dans l'espace privé - coût élevé (piège et consommables) - mauvaise odeur des attractants - mauvaise perception des bouteilles de gaz (risque d'explosion et bilan carbone) - espèces non cibles piégées en milieu rural ou naturel
Pièges à moustiques ciblant les femelles gravides	- autonomie : pas besoin d'alimentation électrique ni de CO₂ - facile à déployer en nombre - très bonne acceptabilité - outil de mobilisation sociale - peu coûteux à l'achat - maintenance légère (entretien en eau et qualité de l'eau), plus ou moins contraignante selon la taille des pièges et le contexte	- taux de capture relativement faible par rapport aux pièges à femelles en recherche d'hôte - efficacité dépendante du nombre de gîtes larvaires dans la zone d'intervention - risque de se transformer en gîtes larvaires productifs si mal entretenu - fragiles et faciles à voler dans l'espace public - nécessité d'avoir une bonne couverture et de pénétrer dans l'espace privé - impact sur la faune non cible possible (e.g. arthropodes, reptiles, amphibiens...)

4 Revue sur l'efficacité des pièges anti-moustiques utilisés en LAV

Les 21 articles scientifiques sélectionnés lors de la revue systématique (voir méthode au § 2.1) sont analysés dans le chapitre 4 ci-après.

4.1 Études utilisant des pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte

Trois études se sont intéressées à l'efficacité des pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte. Une première étude portant sur *Ae. aegypti* a été réalisée dans un contexte de faible circulation virale de la dengue (Degener *et al.* 2014) et deux autres portant sur *Ae. albopictus* ont été menées en l'absence de circulation virale (Englbrecht *et al.* 2015; Akhoundi *et al.* 2018).

4.1.1 Pièges à femelles en recherche d'hôte utilisés pour lutter contre *Aedes aegypti*

À Manaus (Brésil), un essai randomisé contrôlé par grappes « *Cluster Randomized controlled Trials* (CRCT) » a été conduit pour évaluer l'efficacité des pièges de type BG-Sentinel sans CO₂ pour réduire les populations d'*Ae. aegypti* (Degener *et al.* 2014). L'intervention s'est inscrite dans une perspective préventive, en situation de faible circulation virale de dengue (contexte inter-épidémique). Ce travail a été conduit en zone urbaine résidentielle pendant 17 mois (février 2009-juin 2010) comprenant ainsi au moins une saison humide (période de forte activité des moustiques) et une saison sèche (période d'activité plus faible pour les moustiques). Un suivi pré-interventionnel a été réalisé pendant environ 2 mois. Les clusters étaient constitués d'environ 100 à 150 foyers et l'intervention a atteint une couverture globale d'environ 60 % des foyers (1 piège/maison et une densité d'environ 26 pièges par hectare). Les pièges étaient installés préférentiellement à l'extérieur, dans l'espace péri-domestique (77,5 %) ; en l'absence de zones péri-domestiques couvertes, ils ont été installés à l'intérieur des maisons. Ces interventions (6 zones avec BG-Sentinel vs 6 zones témoins) ont été évaluées selon des critères entomologiques (nombre moyen de femelles adultes en recherche d'hôte capturées en 24h tous les 15 jours par 4 BG-Sentinel de surveillance / zone) et épidémiologiques (sérologie IgM anti-DENV post intervention). L'intervention avec BG-Sentinel a permis de réduire significativement (réduction de 54 %) le nombre moyen des femelles d'*Ae. aegypti* capturées / piège / 24h dans les zones équipées de pièges, durant la première saison humide uniquement (pas d'effet sur l'ensemble de la période d'observation de 17 mois). Selon les auteurs, l'absence d'effet au cours des autres périodes peut être en partie attribuée à des densités vectorielles faibles et une zone d'intervention limitée. L'enquête sérologique n'a pas révélé de différences significatives dans les infections de dengue entre les zones équipées de pièges et les zones témoins. Ceci peut être nuancé par le faible nombre d'individus séropositifs (DENV) détectés.

La conception de cette étude CRT est considérée comme bonne pour la partie entomologique, malgré des résultats hétérogènes selon les périodes d'étude. L'absence de sérologie avant intervention, combinée au contexte épidémiologique, limite la portée des conclusions sur les indicateurs épidémiologiques. Les pièges ont permis de réduire significativement la densité de

moustiques vecteurs durant la première saison des pluies, même avec une couverture de 60 %. La baisse de la couverture au cours des saisons ultérieures (36 % des foyers couverts à l'issue de l'expérimentation) peut également contribuer à expliquer l'absence d'effet du piégeage après la première saison des pluies.

4.1.2 Pièges à femelles en recherche d'hôte utilisés pour lutter contre *Aedes albopictus*

Englbrecht *et al.* (2015) ont réalisé une évaluation de l'efficacité des BG-Sentinel, utilisés sans CO₂ mais avec le BG-Lure, comme outils de contrôle des populations locales d'*Ae. albopictus* à Césène dans le nord de l'Italie. Un essai contrôlé a été réalisé dans lequel 3 sites d'intervention ont été appariés à 3 sites témoins comparables. Les sites d'intervention étaient : (i) une maison individuelle avec jardin équipée de 7 BG-Sentinel placés en extérieur, (ii) un cimetière équipé de 8 BG-Sentinel et (iii) une zone d'appartements dotée de 8 pièges BG-Sentinel placés en extérieur. Les pièges ont été espacés de 5 à 10 m avec une densité qui varie de 1 piège/150 m² à 1piège/350 m². Les populations de moustiques ont été suivies à la fois sur les sites d'intervention et sur les sites témoins à l'aide de captures hebdomadaires sur Homme (HLC : *human landing collections*) et de pièges pondoires pendant 16 semaines. Après 5 semaines d'intervention, le nombre d'*Ae. albopictus* capturés en 1,5 heures par HLC sur les sites d'interventions était significativement plus faible que celui mesuré sur les sites témoins. Sur la durée totale de l'étude, une réduction moyenne de 87% des *Ae. albopictus* collectés par HLC a été obtenue sur les sites d'intervention équipés des BG-Sentinel. Selon les auteurs, cette étude constitue une preuve solide que l'utilisation continue de plusieurs pièges BG-Sentinel pourrait réduire de manière significative la nuisance d'*Ae. albopictus* dans des environnements urbains.

Dans le sud de la France, Akhouni *et al.* (2018) ont étudié l'effet d'une barrière de pièges sur la pression de piqûres des moustiques *Ae. albopictus*. Trois maisons avec jardin, situées dans un quartier résidentiel de Bar-sur-Loup (Provence-Alpes-Côte d'Azur) ont été traitées avec un réseau de pièges à femelles en recherche d'hôtes « BioBelt anti-Moustiques ». Les pièges ont fonctionné au CO₂ et au BG-Lure pendant 3 mois pendant la haute saison d'activité d'*Ae. albopictus* (entre juillet et septembre 2016). La distance moyenne entre les pièges était de 5 m. Les trois propriétés ont reçu 9, 13 et 18 pièges, selon leur superficie. Le nombre de piqûres de moustiques observés en 30 min sur un Homme volontaire (ou pression de piqûres) dans les zones protégées des trois maisons équipées de pièges a été comparé à la pression de piqûre dans trois maisons témoins situées dans des environnements similaires. Dès la première semaine, un effet de la barrière de pièges est visible (réduction de la pression de piqûres de 50 % par rapport aux témoins). Après trois semaines de piégeage continu, la pression de piqûre a été considérablement réduite dans les maisons protégées par des pièges, par rapport aux maisons témoins, et après six semaines, la pression de piqûre a été réduite à presque zéro.

Cette étude est informative, car il s'agit d'un essai contrôlé (avec seulement 3 réplicats cependant), et présente l'avantage d'utiliser la pression de piqûre comme indicateur (*Human landing rate*), ce qui permet d'évaluer directement la nuisance (et donne une indication sur le risque de transmission en cas de circulation virale). Ainsi, cette étude met clairement en évidence, dans le contexte de la France hexagonale, l'effet d'un dispositif très optimisé (en termes de nombre de pièges, de disposition et du fait de l'addition et contrôle de CO₂) directement sur la diminution du taux de piqûre et ce, rapidement après son installation.

La localisation (Italie et France) et les conditions de ces deux études expérimentales permettent, dans une certaine mesure, de considérer les résultats obtenus comme pertinents pour le territoire de la France métropolitaine. Dans les deux cas, une réduction des populations d'*Ae. albopictus* a été obtenue en quelques semaines sur les sites d'intervention. Cependant, ces études ne sont pas des études RCT, dont les preuves sont considérées comme les plus solides, et ne permettent pas de conclure quant à l'efficacité des BG-Sentinel pour réduire le risque de transmission virale.

4.2 Études utilisant des pièges à moustiques ciblant les femelles gravides

4.2.1 Pièges à femelles gravides utilisés pour lutter contre *Aedes aegypti*

Autocidal Gravid Ovitrap – CDC-AGO

Parmi les 21 articles scientifiques sélectionnés lors de la revue systématique, 9 articles concernent des études menées à Porto Rico entre 2011 et 2016 pour lutter contre *Ae. aegypti* et réduire la transmission des arbovirus sur l'île. Ces études concernent l'évaluation de l'efficacité entomologique et épidémiologique des pièges pondoirs létaux (*Autocidal Gravid Ovitrap* - AGO) produits par le Centre pour le Contrôle et la Prévention des Maladies des États-Unis (CDC). Les pièges CDC-AGO attirent les femelles gravides et les capturent à l'aide d'une surface adhésive placée à l'entrée du piège (voir description au § 3.2).

Une première étude longitudinale menée à partir de 2011, présente une évaluation de l'efficacité des pièges CDC-AGO pour réduire les populations d'*Ae. aegypti* dans une zone urbaine (La Margarita, 327 maisons, 18 ha) en comparaison à un site témoin situé à 20 km (Villodas, 241 maisons, 11 ha) dans lequel aucun piège n'a été posé (Barrera, Amador, Acevedo, Caban, *et al.* 2014). Dans les deux sites, des interventions de lutte anti-vectorielle ont été menées (réduction des gîtes, sensibilisation et application de larvicides). Dans le seul site équipé de pièges, 81 % des maisons ont été équipées de trois pièges (de décembre 2011 à février 2012) puis quatre (de mars à octobre 2012) CDC-AGO (total compris entre 812 et 1 050 AGO à La Margarita). Des pièges CDC-AGO sentinelles (SAGO) additionnels et stationnaires et des pièges BG-Sentinel distribués de façon uniforme dans les 2 quartiers et relevés chaque semaine ont servi à objectiver les densités des populations locales d'*Ae. aegypti* (44 SAGO et 44 BG-Sentinel (2,4 pièges par ha) à La Margarita et 27 SAGO et 27 BG-Sentinel (2,5 pièges par ha) à Villodas). Les résultats de cette première étude entomologique ont révélé que le piégeage massif avait permis de réduire les femelles d'*Ae. aegypti* durant 11 mois d'observation entre décembre 2011 et octobre 2012 (de 53 % à 70 % pour les femelles capturées par les BG-Sentinel et les SAGO, respectivement) dans la zone équipée de pièges (La Margarita) comparativement à la zone témoin (Villodas).

Une seconde publication révèle que le piégeage a été poursuivi dans le site de La Margarita jusqu'en février 2014 et que des pièges ont également été installés à Villodas de février 2013 à février 2014 à raison de 3 CDC-AGO par maison comme à La Margarita (Total 793 AGO à La Margarita et 570 à Villodas) (Barrera, Amador, Acevedo, Hemme, *et al.* 2014). Les captures réalisées en 2011 et 2012 à Villodas ont donc pu être étudiées comme données de référence historique pour ce site. Deux sites témoins : Playa (269 maisons, 17 ha) et Arboleda (398 maisons, 21 ha) sont venus compléter le dispositif de cette seconde étude. Des pièges CDC-AGO sentinelles (SAGO), additionnels et stationnaires distribués de façon uniforme dans les

4 quartiers et relevés chaque semaine, ont servi à objectiver les densités des populations locales d'*Ae. aegypti* (44 SAGO à La Margarita, 27 à Villodas, 28 à Playa et 30 à Arboleda). Trois indicateurs entomologiques ont été explorés dans cette étude. Le premier indicateur avait pour objectif d'évaluer la réduction d'*Ae. aegypti* à Villodas après le déploiement du piégeage massif (comparaison 2013-2014 avec les données de référence de 2011-2012). Avec 85 % des maisons de Villodas équipées de pièges, le nombre moyen de femelles *Ae. aegypti* par piège SAGO par semaine a été réduit de 79 % comparativement aux données historiques relevées dans le même quartier en 2011-2012. Le second indicateur avait pour objectif d'évaluer la différence de réduction d'*Ae. aegypti* dans les sites de Villodas et de La Margarita en 2013-2014. Et ceci, sachant que l'intervention de piégeage massif avait débuté en 2011 à La Margarita alors qu'elle avait commencé en 2013 à Villodas. Les captures moyennes à Villodas étaient inférieures à celles mesurées à La Margarita au cours de la même période. Enfin, un dernier indicateur a montré que les nombres moyens de femelles d'*Ae. aegypti* capturées par piège et par semaine ont été 88 % plus élevés dans les deux sites témoins (Playa et Arboleda) par rapport aux deux sites équipés de pièges (La Margarita et Villodas).

Deux autres études sont venues compléter les résultats des 2 études entomologiques précédentes en étudiant les densités et les taux d'infection des virus de la dengue et du chikungunya chez *Ae. aegypti* en 2014 (Barrera *et al.* 2017), puis des virus de la dengue, du chikungunya et Zika en 2016 (Barrera, Amador, *et al.* 2019). Ces études ont été menées suite aux émergences consécutives du chikungunya en mai 2014 et du Zika en décembre 2015 à Porto Rico. Comme dans l'étude précédente, les deux sites avec pièges sont La Margarita et Villodas et les deux sites témoins sont Playa et Arboleda. Ainsi, les mêmes pièges CDC-AGO sentinelles (SAGO) servent à récolter les indicateurs entomologiques (nombre moyen de femelles capturées / piège / semaine) et virologiques (taux d'infection) chez *Ae. aegypti* dans les 4 quartiers pendant l'observation. Les résultats de ces études ont montré que les nombres moyens des femelles / piège / semaine et les taux d'infection des moustiques étaient beaucoup plus faibles dans les sites avec pièges que dans les sites témoins. En 2014, les résultats montrent une réduction en moyenne de 91 % des femelles capturées et une réduction de 90,9 % du taux d'infection par le CHIKV sur les sites avec pièges pendant les 7 mois de l'observation (juin-décembre 2014) ; aucun moustique infecté par le DENV n'a été récolté dans les 4 sites d'étude durant cette période (Barrera *et al.* 2017). En 2016, les résultats montrent (i) une réduction en moyenne de 90 % des femelles capturées sur les sites avec pièges ; (ii) 2 pools de moustiques infectés par le DENV dans les sites avec pièges contre 4 dans les sites témoins, (iii) 5 pools de moustiques infectés par le CHIKV dans les sites avec pièges contre 50 dans les sites témoins et (iii) 3 pools de moustiques infectés par le ZIKV dans les sites avec pièges contre 55 dans les sites témoins, pendant les 12 mois de l'observation (janvier-décembre 2016) (Barrera, Amador, *et al.* 2019).

Une cinquième étude épidémiologique préliminaire menée de novembre 2015 à février 2016 (Lorenzi *et al.* 2016), en parallèle à l'étude entomologique et virologique décrite précédemment (Barrera, Amador, *et al.* 2019) avait pour objectifs d'évaluer la séroprévalence en IgG anti-CHIKV après l'émergence du chikungunya à Porto Rico en mai 2014, parmi les résidents (28% de la population tiré de façon aléatoire) des communautés dans les sites équipés de pièges (La Margarita et Villodas) en comparaison aux sites témoins (Playa et Arboleda). On note que les auteurs considèrent ces données de séroprévalence comme de l'incidence étant donné l'émergence du CHIKV au sein d'une population naïve dans un contexte insulaire. Les résultats ont montré que la proportion d'anticorps IgG anti-CHIKV chez les participants des deux sites

équipés de pièges était deux fois moins élevée que celle des participants des communautés témoin durant les 4 mois de la période d'observation. Les résultats de la séroprévalence (en IgG et IgM anti-CHIKV) obtenue entre novembre 2015 et janvier 2016 ont fait l'objet d'une analyse statistique plus complète publiée en 2019 (Sharp *et al.* 2019). Après calcul des ratios de prévalence ajustés, il a été estimé que 26,1 % des 175 résidents des communautés équipées de pièges AGO avaient été infectés par le CHIKV alors que 43,8 % des 152 résidents non équipés de pièges avaient été infectés (Sharp *et al.* 2019). Cette différence de séroprévalence a notamment été observée dans un contexte entomologique où les densités d'*Ae. aegypti* étaient dix fois plus faibles dans les zones d'intervention équipées de pièges AGO que dans les zones témoins (voire aussi (Barrera, Amador, *et al.* 2019)).

Par ailleurs, une étude sur la faisabilité et l'acceptabilité à long terme de cette technique de piégeage massif a été réalisée dans les sites de La Margarita et Villodas entre 2013 et 2015 (Acevedo *et al.* 2016). Cette étude a révélé que depuis le déploiement initial des pièges CDC-AGO en décembre 2011 à La Margarita et en février 2013 à Villodas, la plupart des résidents ont gardé les pièges dans leurs propriétés et ont permis aux équipes de recherche de les entretenir tous les 2 mois. De la même manière, les SAGO destinés à récolter les indicateurs entomologiques (nombre moyen de femelles capturées / piège / semaine) et virologiques (taux d'infection) chez *Ae. aegypti* sont récoltés chaque semaine et entretenus tous les 2 mois par les équipes de recherche. La couverture des pièges ou le pourcentage de maisons avec 3 pièges CDC-AGO par maison à La Margarita a été de 85-87 % et de 83-87 % à Villodas. Le maintien de cette couverture importante dans ces deux sites sur plusieurs années consécutives témoigne de la faisabilité, l'acceptabilité et la durabilité de ce type de technique dans les conditions d'une étude de recherche expérimentale sur le long terme, soutenue et encadrée par des équipes formées et impliquées.

D'autres études ont également été menées à Porto Rico dans d'autres sites que La Margarita et Villodas. Une étude longitudinale menée à El Coco durant l'émergence de Zika de 2016 a montré que dans un contexte de lutte intégrée à base de sensibilisation et éducation communautaire, réduction des gîtes larvaires et lutte larvicide contre *Ae. aegypti*, l'utilisation massive des pièges CDC-AGO à raison de 3 pièges par maison et un taux de couverture des maisons supérieur à 80% permettait de réduire de 92,4 % le nombre de moustiques par pièges par semaine dans la zone équipée de pièges (Barrera *et al.* 2018). De plus, un essai randomisé par grappe et par étape « *cluster randomized stepped-wedge design* » a été mené en 2016 dans 8 sites pour évaluer l'efficacité de la combinaison de lutte intégrée (sensibilisation et éducation communautaire, réduction de gîtes larvaires et lutte larvicide) et piégeage massif à raison de 3 pièges CDC-AGO par maison et un taux de couverture des maisons supérieur à 80 % pour limiter la transmission du virus Zika lors de l'épidémie de 2016 dans la ville de Caguas (Barrera, Harris, *et al.* 2019). Cette nouvelle stratégie de lutte intégrée (lutte classique associée au piégeage massif) a été efficace pour réduire significativement les densités d'*Ae. aegypti* dans les zones équipées de pièges. Aucune réduction significative du nombre moyen de moustiques n'a été observée lorsque la couverture de contrôle par le piégeage massif (i.e. % de maisons couvertes par 3 CDC-AGO) était comprise entre 0 et 20 %, et les réductions devenaient significatives lorsque la couverture de contrôle augmentait entre 21 et 40 % (34,3 % de réduction), 41 et 60 % (42,4 % de réduction), 61 et 80 % (62 % de réduction), et > 80 % (81,5 % de réduction) (Barrera, Harris, *et al.* 2019). Cependant, la faible incidence du virus Zika n'a pas permis d'évaluer l'impact des interventions sur la transmission du virus au cours de l'étude (Barrera, Harris, *et al.* 2019). Ces résultats suggèrent que cette stratégie de

lutte doit être appliquée à plus de 80 % des maisons dans la zone équipée de pièges pour atteindre une réduction supérieure à 80 % des densités de moustiques.

La majorité des études réalisées à Porto Rico entre 2011 et 2016 sont des études expérimentales, avec des comparaisons entre sites avec mesures de contrôle et des sites témoins (mais ce ne sont pas des études randomisées de type CRT). Cependant, il est intéressant de noter que ces travaux utilisent des indicateurs entomologiques, virologiques et épidémiologiques, ce qui est rare pour des études d'efficacité de LAV contre les *Aedes* vecteurs d'arboviroses. Ainsi, les résultats obtenus sont en faveur de l'efficacité des piégeages massifs en combinaison avec la lutte intégrée classique (réduction des gîtes, sensibilisation et application de larvicides) pour réduire la densité d'*Ae. aegypti* et la transmission de CHIKV et ZIKV.

D'autre part, il est à souligner que ces études ont été menées dans le cadre de projets de recherche, menés par des équipes compétentes et impliquées. La question de la faisabilité et de la durabilité du protocole suivi se pose lors de la mise en œuvre opérationnelle par un opérateur de LAV, une municipalité ou la population elle-même. De plus, rien ne fait état des dispositifs de piégeage post programme de recherche, notamment dans les sites de La Margarita après 5 ans de projet (2011-2016) et Villodas (2013-2016) après 3 ans.

Pièges pondoirs létaux

Les études de Perich *et al.* (2003), au Brésil et Sithiprasasna *et al.* (2003), en Thaïlande, ont toutes deux eu recours à des pièges pondoirs létaux pour réduire les populations de femelles *Ae. aegypti* (et *Ae. albopictus* au Brésil), avec des protocoles comparables, dans des zones où la dengue est endémique.

Dans l'étude de Perich *et al.* (2003), 10 pièges/maison ont été installés pendant 12 semaines dans un groupe de maisons contenant 30 maisons (5 pièges à l'intérieur et 5 à l'extérieur de chaque maison), dans les villages de Branca et Nilopolis, dans l'état de Rio de Janeiro. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus dans 30 maisons témoins (sans pièges pondoirs) appartenant au voisinage (absence de zone tampon entre les maisons traitées et les maisons témoin).

Dans l'étude de Sithiprasasna *et al.* (2003), 10 pièges/bloc de 50 maisons (5 à l'intérieur et 5 à l'extérieur également) ont été installés pendant 30 semaines dans 3 villages du district de Chom Bung, dans la province de Ratchaburi. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus dans un bloc de 50 maisons témoins (sans pièges pondoirs) appartenant au même village mais séparées de 250 m de la zone avec pièges (zone tampon entre les maisons traitées et les maisons témoins).

Les deux études ont utilisé les mêmes pièges pondoirs létaux composés d'un petit gobelet en plastique noir de 473 mL appâté avec une infusion de foin à 10 % (p/v) et contenant une bande de ponte (*ovistrip*) de 11 x 2,5 cm traitée avec de la deltaméthrine (1 mg/bande). Aucune des deux études n'a mis en œuvre d'autres actions de lutte anti-vectorielle en parallèle (pulvérisation d'insecticide, traitement larvicide ou lutte mécanique contre les gîtes larvaires par exemple). Dans les deux études, les indicateurs entomologiques mesurés ont été : le nombre total de gîtes larvaires à l'intérieur et à l'extérieur des maisons (pour évaluer les interventions de contrôle larvaire), le pourcentage de gîtes positifs (avec larves et/ou pupes) et le nombre de femelles adultes à l'intérieur des maisons (récoltées avec un aspirateur).

Au final, les déploiements de pièges pondoirs létaux ont entraîné une réduction de plus de 40 % de l'abondance des femelles adultes (*i.e.* estimée par le nombre de femelles aspirées dans les maisons) dans au moins un site, 49 % à 80 % de réduction des gîtes positifs pour

Ae. aegypti et une réduction de 56 % à 97 % du nombre moyen de pupes par maison (seulement 8 *Ae. albopictus* ont été collectés à Nilopolis et 14 à Branca sur les 4 mois de piégeage, c'est pourquoi les résultats sur *Ae. albopictus* ne sont pas présentés dans l'article de Perich *et al.* (2003)). Malgré ces succès, l'impact des pièges pondoires létaux observé sur la réduction de l'abondance des femelles adultes était faible en particulier dans l'étude de Sithiprasasna *et al.* (2003). Les auteurs ont attribué le faible impact observé à la possible migration d'*Ae. aegypti* à partir des zones adjacentes, à la perte de létalité de la bande de ponte au cours du temps (due notamment à la présence de champignons) et à la concurrence des sites de ponte alternatifs dans le milieu naturel. Sur la base de leurs résultats, Perich *et al.* (2003) et Sithiprasasna *et al.* (2003) ont néanmoins conclu que les pièges pondoires létaux pouvaient être un élément efficace d'une stratégie de lutte contre la dengue, en particulier lorsqu'ils sont associés à des interventions de contrôle larvaire.

Par ailleurs, deux études similaires combinant l'utilisation de pièges pondoires létaux (support de ponte (*ovistrip*) imprégné de perméthrine) avec d'autres méthodes de LAV ont été menées en Thaïlande de l'Est (province de Chachoengsao) pour réduire la population d'*Ae. aegypti* (Kittayapong *et al.* 2006; Kittayapong *et al.* 2008). Ces deux études ont été réalisées sur des surfaces d'études similaires en zone urbaine dans un rayon de 100 m autour des foyers de cas de dengue localisés à l'aide d'outils de géolocalisation.

Kittayapong *et al.* (2006) ont combiné plusieurs actions pour réduire les populations d'*Ae. aegypti* : (i) la suppression des gîtes larvaires avant la saison des pluies, (ii) le ramassage des ordures pendant la saison des pluies, (iii) la mise en place de couvercles moustiquaires sur les jarres d'eau domestiques, (iv) le traitement des gîtes larvaires (non supprimables) au *Bacillus thuringiensis israeliensis* (Bti) produit localement, (v) l'ensemencement de copépodes larvivores (*Mesocyclops thermocyclopoides*) dans les réservoirs d'eau permanent, (vi) le placement des pièges pondoires létaux avec insecticides (2 à 5 pièges/maison ; 406 pièges au total). Suite à ces actions, une réduction significative des vecteurs (49,6 % des pièges pondoires létaux contenant des œufs *Ae. aegypti* au début de l'intervention contre 10,4 % après intervention) et des cas confirmés de fièvre hémorragique de la dengue dans les zones d'intervention par rapport aux zones témoins a été observée (322 cas de dengue/100 000 habitants dans la zone non traitée vs zéro cas dans la zone traitée durant l'année qui a suivi l'intervention).

Par la suite, Kittayapong *et al.* (2008) ont combiné dans les mêmes zones d'étude les mêmes interventions entomologiques que celles décrites dans l'étude précédente (Kittayapong *et al.* 2006) évaluées à l'aide de critères sérologiques (séroprévalence en IgM et IgG anti-DENV dans six écoles locales ; avec une population d'environ 1 800 élèves) et cliniques. Les résultats de cette étude ont montré une réduction significative après les interventions : (i) des densités d'*Ae. aegypti* (35 % des réservoirs contenant des larves d'*Ae. aegypti* avant intervention vs 1 % après intervention et réduction à zéro des moustiques capturés sur Homme dans la zone d'intervention), (ii) du nombre d'enfants séropositifs en IgM-IgG anti-DENV (13,5 % avant intervention vs 0 % après intervention) et (iii) du nombre de cas cliniques de dengue (265 cas avant intervention vs zéro cas après intervention).

L'action spécifique des pièges pondoires létaux utilisés dans cette stratégie de LAV combinant plusieurs actions n'a pas été évaluée. Cependant, ces deux études mettent en évidence l'intérêt de mettre en place une stratégie adaptée de lutte anti-vectorielle intégrée. L'utilisation de l'indicateur « nombre d'enfants avec une sérologie positive en IgM-IgG anti-DENV » est particulièrement pertinente pour renseigner sur l'efficacité de la stratégie de LAV, sachant que

la population locale adulte a déjà été exposée au virus, la population locale jeune est considérée « naïve » (non exposée préalablement au virus).

En Colombie, Ocampo *et al.* (2009) ont étudié l'utilisation de pièges pondoires létaux (avec une bande imprégnée de deltaméthrine (0,1 mg/bande)) associée ou non à l'utilisation de larvicide en briquettes de *Bacillus thuringiensis israeliensis* (Bti) comme méthodes de contrôle d'*Ae. aegypti*. L'étude a été menée dans quatre quartiers similaires (zone tampon autour de chaque site) dans la ville de Cali, avec trois quartiers traités (pièges pondoires létaux, Bti et pièges pondoires létaux + Bti) et un quartier témoin. Les pièges pondoires létaux ont été déployés avec une densité de 10 pièges/maison (5 en intérieur et 5 en extérieur). Dans tous les quartiers y compris le quartier témoin, une mobilisation sociale et une participation des populations dans l'élimination des gîtes larvaires a été réalisée. Les indices entomologiques (le pourcentage des maisons avec larves et/ou pupes, le nombre moyen de pupes par maison et le nombre des maisons infestées par des moustiques adultes à l'intérieur) mesurés dans cette étude ont permis de mettre en évidence une baisse de l'abondance d'*Ae. aegypti* après les interventions mais d'une manière similaire sur les quatre quartiers étudiés. L'absence de différences significatives entre les quartiers traités et le quartier témoin, suggère que les activités éducatives associées aux visites périodiques des maisons ont produit des réductions similaires d'*Ae. aegypti* immatures et adultes.

Les résultats obtenus dans cette étude ne permettent pas de connaître la part de l'efficacité attribuable aux pièges pondoires létaux dans la réduction des populations d'*Ae. aegypti* mais ils confirment qu'une stratégie intégrée offre de meilleurs résultats que l'utilisation exclusive de l'un des outils disponibles dans la LAV.

En Australie (Cairns), une série d'interventions basées sur du piégeage massif d'*Ae. aegypti* a été évaluée selon des critères entomologiques (Rapley *et al.* 2009) et d'acceptabilité par la population (Ritchie *et al.* 2009) en zone urbaine résidentielle avec une couverture d'environ 70 % des foyers dans la zone contrôlée. Ces interventions, dont la durée était comprise entre 4 et 8 semaines ont eu lieu hors contexte épidémique. Les deux premières interventions correspondaient à un essai contrôlé (réalisé en saison sèche et en saison humide) composé de trois conditions : (1) une combinaison de pièges pondoires létaux (bande de 13,5 cm x 5 cm imprégnée de bifenthrine), de pièges BG-Sentinel avec attractant chimique complété par un contrôle des gîtes larvaires (4 pièges pondoires létaux et 1 BG-Sentinel avec BG-Lure / maison, placés en extérieur avec des couvertures de 71 % et 18 % respectivement), (2) réduction des gîtes larvaires uniquement et (3) témoin sans intervention (Rapley *et al.* 2009). La troisième intervention était un essai contrôlé réalisé en saison humide et destiné à évaluer l'efficacité entomologique de pièges pondoires létaux « biodégradables » (Rapley *et al.* 2009). La densité des moustiques a été estimée en se basant sur le nombre d'adultes capturés par des BG-Sentinel ou par des pièges collants et/ou le nombre d'œufs récoltés par des pièges pondoires pour la surveillance (Rapley *et al.* 2009). Enfin, la quatrième et dernière intervention a consisté en une étude transversale, réalisée à la fois en saison sèche et en saison humide, et ciblait l'acceptabilité par la population de pièges pondoires létaux et de pièges létaux « biodégradables » (Ritchie *et al.* 2009).

Les interventions associant les pièges pondoires létaux et les pièges BG-Sentinel ont permis de réduire d'une manière significative les populations de femelles adultes en saison humide uniquement, comparativement aux autres conditions (témoin et contrôle larvaire uniquement). Pendant la saison sèche, aucune diminution significative des populations de femelles adultes n'a pu être attribuée aux interventions. L'utilisation, en saison humide, de pièges pondoires létaux « biodégradables » uniquement a permis de diminuer significativement la densité de

femelles en recherche d'hôte (capturées par BG-Sentinel) mais l'effet sur la densité des femelles gravides suivies par des pièges pondoires pour la surveillance n'a pas été significatif (Rapley *et al.* 2009). Les zones équipées de pièges et les zones témoins étant adjacentes, on ne peut pas exclure des migrations de moustiques de l'une à l'autre. Quel que soit le type de piège pondoir létal, l'acceptabilité par la population a été considérée positive pour la période testée (Ritchie *et al.* 2009), qui reste néanmoins limitée (4 semaines).

Les interventions conduites en Australie suggèrent donc un intérêt à cibler les différents stades physiologiques des femelles par une combinaison de pièges à femelles gravides et de pièges à femelles en recherche d'hôte. Les auteurs insistent sur la nécessité de considérer le risque que les pièges pondoires déployés de manière massive ne deviennent pas des gîtes larvaires productifs au bout d'un certain temps.

Pièges pondoires collants (« sticky traps »)

À Manaus (Brésil), l'efficacité de pièges pondoires collants, les MosquiTRAP® pour réduire les populations d'*Ae. aegypti* a été évaluée dans un contexte de circulation virale faible de la dengue (Degener *et al.* 2015). Un essai randomisé contrôlé par grappes « *Cluster Randomized Trials* (CRT) » a été réalisé en zone urbaine résidentielle pendant 17 mois (février 2009-juin 2010). Un suivi pré-interventionnel a aussi été réalisé pendant environ 2 mois. Les clusters (3 interventions et 3 témoins) étaient constitués d'environ 100 à 150 foyers avec 3 pièges par foyer dans les zones d'intervention et une couverture d'environ 50 %. Les pièges ont été installés préférentiellement à l'extérieur, dans l'espace péri-domestique. En l'absence de zones péri-domestiques couvertes, ils ont été installés à l'intérieur des maisons. L'évaluation de ces interventions a été réalisée selon des critères entomologiques (nombre moyen de femelles adultes en recherche d'hôte capturées en 24h tous les 15 jours par 4 BG-Sentinel de surveillance / zone) et épidémiologique (sérologie IgM anti-DENV post intervention). L'utilisation des MosquiTRAP® n'a pas permis la réduction de l'abondance d'*Ae. aegypti* ni la réduction des cas de dengue dans la zone équipée de pièges. Le faible taux de couverture (environ 50 %) ainsi que la faible circulation virale peuvent sans doute en partie expliquer cet échec.

4.2.2 Pièges à femelles gravides utilisés pour lutter contre *Aedes albopictus*

Une intervention basée sur la participation citoyenne et visant à réduire la nuisance d'*Ae. albopictus* a été réalisée à University Park aux États-Unis (Johnson *et al.* 2018). Les résidents de la ville ont été encouragés à acheter deux pièges BG-GAT par maison et à en assurer l'entretien durant l'intervention. Quatre cent trente-neuf quartiers de la ville ont été équipés de pièges BG-GAT, avec des couvertures variables selon les quartiers et sans zone témoin. Les résultats de cette étude ont montré que dans les quartiers où plus de 80 % des maisons étaient équipées de BG-GAT, les nombres de femelles d'*Ae. albopictus* capturées par des BG-Sentinel de surveillance (sans CO₂, avec BG-Lure) étaient significativement plus faibles que ceux mesurés dans les quartiers où la couverture en BG-GAT était inférieure ou égale à 80 % (Johnson *et al.* 2018). Néanmoins, en l'absence de zone témoin, il n'est pas possible de faire la part entre l'intervention réalisée et d'autres facteurs (micro-climatiques notamment) dans la réduction des populations de moustiques observée dans l'étude. De plus, il est possible que les gens qui ont accepté d'acheter des pièges BG-GAT soient davantage sensibilisés aux enjeux liés à la lutte contre les moustiques et se mobilisent davantage au quotidien pour réduire les densités de moustiques que les autres personnes (élimination des gîtes

larvaires...). Il est donc difficile d'évaluer la part de ces autres gestes dans la réduction observée des populations de moustiques (en raison du biais de confusion).

4.3 Discussion et conclusion sur l'efficacité des pièges

Parmi les 21 articles scientifiques sélectionnés lors de la revue systématique menée sur l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre les moustiques *Aedes* vecteurs d'arboviroses, dix-sept études utilisent des pièges ciblant les femelles gravides, trois utilisent des pièges ciblant les femelles en recherche d'hôte, et une seule étude utilise une combinaison de pièges à femelles gravides et de pièges à femelles en recherche d'hôte (Tableau 9). Parmi les 21 articles considérés, trois d'entre eux ont pour cible entomologique *Ae. albopictus* (un en Italie, un en France et un aux États-Unis). Tous les autres concernent la lutte contre *Ae. aegypti* (Tableau 9).

Tableau 9 : Typologie des articles sélectionnés et étudiés dans le cadre de la revue systématique sur l'efficacité des pièges anti-moustiques utilisés en LAV

Cible entomologique	Contexte épidémiologique	Études utilisant des pièges à moustiques ciblant les femelles en recherche d'hôte	Études utilisant des pièges ciblant les femelles gravides (pièges pondoires létaux)	Études utilisant une combinaison de pièges à femelles gravides et de pièges à femelles en recherche d'hôte
<i>Aedes aegypti</i>	Circulation virale	/	- Barrera et al. 2018 - Barrera, Harris et al. 2019	/
	Faible circulation virale (zones endémiques)	- Degener et al. 2014	- Barrera, Amador, Acevedo, Caban et al. 2014 - Barrera, Amador, Acevedo, Hemme et al. 2014 - Barrera et al. 2017 - Barrera, Amador, et al. 2019 - Lorenzi et al. 2016 - Sharp et al. 2019 - Acevedo et al. 2016 - Perich et al. 2003 - Sithiprasasna et al. 2003 - Ocampo et al. 2009 - Degener et al. 2015 - Kittayapong et al. 2006 - Kittayapong et al. 2008	/
	Absence de circulation virale	/	- Ritchie et al. 2009	- Rapley et al. 2009
<i>Aedes albopictus</i>	Circulation virale	/	/	/
	Faible circulation virale (zones endémiques)	/	/	/
	Absence de circulation virale	- Englbrecht et al. 2015 - Akhoundi et al. 2018	- Johnson et al. 2018	/

La majorité de ces études a été réalisée dans des zones endémiques pour les virus de la dengue et/ou du chikungunya et/ou du Zika (Australie, Brésil, Colombie, Porto Rico, Thaïlande) et ont eu recours à des pièges (très majoritairement des pièges pondoires létiaux) de manière préventive (pour réduire les populations de moustiques et l'apparition de cas de dengue) et non réactive (autour de cas).

Compte-tenu des données disponibles dans la littérature scientifique, les experts du GT « Pièges-LAV » de l'Anses considèrent que, **dans un contexte d'utilisation préventive, les pièges pondoires létiaux** peuvent être efficaces pour réduire les populations de moustiques *Aedes* s'ils sont déployés avec (i) une densité de 1 à 3 pièges/maison minimum (selon les pièges, la taille des jardins et la végétation) ; (ii) une couverture (% des maisons traitées) supérieure à 60-80 % selon les contextes et (iii) une durée de piégeage dépassant les 3 semaines.

À noter néanmoins qu'il existe davantage de preuves relatives à l'efficacité des pièges utilisés dans le cadre de la lutte contre *Ae. aegypti* que contre *Ae. albopictus* et que les études disponibles ne permettent généralement pas de démontrer l'efficacité imputable aux pièges létiaux seuls (de nombreux facteurs entrent en considération : les conditions météorologiques, la période de l'année...).

De plus, l'utilisation des pièges pondoires létiaux est d'autant plus efficace qu'elle est combinée avec d'autres actions dans le cadre d'une stratégie de LAV intégrée, en particulier des interventions de contrôle larvaire (*i.e.* nettoyage avant la saison des pluies, ramassage des ordures pendant la saison des pluies, couvertures des réservoirs d'eau, traitements larvicides des eaux stagnantes non supprimables au Bti...).

Parmi toutes les études considérées, les travaux de l'équipe de Barrera, qui a mené une campagne de piégeage entre 2011 et 2016 à Porto Rico, apportent des résultats virologiques chez le vecteur en complément d'études sérologiques chez l'Homme. Les résultats de Lorenzi *et al.* (2016) et de Sharp *et al.* (2019) ont mis en évidence une diminution de la transmission du CHIKV dans les zones avec les pièges pondoires létiaux. Cependant, il s'agit d'une grande étude expérimentale (longitudinale, sur plusieurs années) et des études complémentaires avec des essais randomisés contrôlés par grappes (incluant des indicateurs épidémiologiques) sont nécessaires pour conclure sur l'efficacité des pièges pondoires létiaux pour réduire le risque de transmission virale.

D'après les quelques données disponibles dans la littérature scientifique, **les pièges à femelles en recherche d'hôte**, sont également efficaces pour réduire les populations de moustiques *Aedes* et ce, quelques semaines après leur installation. Les travaux d'Akhoundi *et al.* (2018), réalisés avec un dispositif de pièges très optimisé (« BioBelt Anti-Moustiques ») et ceux d'Englbrecht *et al.* (2015) utilisant des BG-Sentinel sans CO₂ montrent que l'utilisation continue de plusieurs pièges à femelles en recherche d'hôte peut réduire de manière significative la densité d'*Ae. albopictus* et le taux de piqûre dans des environnements urbains (en quelques semaines). Cependant, il existe peu d'études sur le sujet et aucune d'entre elles ne fournit de données quant à l'efficacité des interventions avec pièges à femelles en recherche d'hôte sur des indicateurs épidémiologiques pour la dengue, le chikungunya ou Zika.

La seule étude disponible mettant en œuvre une combinaison de pièges pondoires létiaux et de pièges à femelles en recherche d'hôte suggère un intérêt à cibler les différents stades physiologiques des femelles par une combinaison de ces deux types de pièges.

Compte tenu de l'absence de données disponibles sur une **utilisation réactive** (dans le cadre de la LAV) des pièges autour de cas, les experts du GT « Pièges-LAV » de l'Anses considèrent qu'il n'est pas possible de conclure quant à l'efficacité des pièges à moustiques (ciblant les femelles gravides et/ou en recherche d'hôte) pour réduire le risque de transmission virale.

5 Conclusions du groupe de travail

Il existe de nombreux types de pièges ciblant différents stades de développement physiologique des moustiques (œufs, larves, femelles en recherche d'hôte, femelles gravides, adultes en recherche de repas sucré, adultes en recherche de partenaire sexuel...). Ces pièges à moustiques sont utilisés dans différents contextes et pour des usages variés (surveillance, lutte contre la nuisance, prévention du risque de transmission vectorielle, évaluation de l'efficacité des interventions de la LAV, contrôle des populations de vecteur...).

Le présent rapport d'expertise s'est focalisé plus particulièrement sur les types de pièges utilisés par les opérateurs français en charge des traitements de lutte anti-vectorielle autour des cas d'arboviroses, afin de lutter contre le risque de transmission vectorielle. Seuls les pièges ciblant les femelles moustiques du genre *Aedes* (femelles en recherche d'hôte ou femelles gravides) ont donc été pris en considération (car les autres stades ne sont pas impliqués directement dans la transmission virale).

En l'état actuel des connaissances disponibles, la revue de la littérature a permis de souligner l'intérêt des pièges pondoires létaux et des pièges à femelles en recherche d'hôte pour réduire les populations de moustiques *Aedes* dans un cadre préventif et comme outil de mobilisation sociale. Leur efficacité apparaît d'autant plus importante que leur utilisation s'intègre dans une stratégie globale de LAV intégrée, et est associée notamment à des interventions de mobilisation sociale et de contrôle larvaire (réduction des gîtes, traitement larvicide au Bti...).

Parmi les opérateurs français (DOM, France hexagonale et Corse), nombre d'entre eux utilisent des pièges à titre préventif ou comme levier de mobilisation sociale, mais aussi dans le cadre de la LAV, le plus souvent en complément des traitements adulticides habituels, lorsque ceux-ci ne peuvent être réalisés que partiellement. Si les données opérationnelles indiquent un certain effet du piégeage massif rapidement après l'installation des pièges, il n'en reste pas moins que les preuves scientifiques ne sont pas suffisantes à ce jour pour quantifier l'efficacité du piégeage vis-à-vis de la réduction du risque de transmission virale.

Aussi, il apparaît à présent nécessaire d'évaluer les méthodes de piégeage à des fins de lutte anti-vectorielle en termes de coût-efficacité et de faisabilité suivant un protocole scientifique d'évaluation rigoureux, afin de cadrer les conditions de leur déploiement opérationnel.

6 Recommandations

Recommandations à destination des gestionnaires de risques

Considérant d'une part :

- le déficit de connaissances quant à l'efficacité des pièges à stopper la transmission des virus ;
- que les pièges actifs commencent à piéger des femelles en recherche d'hôte dès leur installation, mais qu'il n'est pas possible de connaître le temps nécessaire pour atteindre un risque vectoriel acceptable ;
- que la maintenance et le suivi du réseau de pièges impactent fortement son efficacité et que les pièges pondoires en particulier, s'ils ne sont pas correctement entretenus peuvent devenir des gîtes productifs en moustiques adultes ;
- les contraintes matérielles (risque de bris ou de vol) et logistiques (stockage, mise en œuvre, transport, approvisionnement en CO₂ et en énergie le cas échéant...) et donc les moyens humains nécessaires à l'installation et à l'entretien des pièges ;
- l'absence d'études coûts bénéfices sur les différentes actions de LAV (notamment pour comparer les traitements insecticides et les pièges) ;
- les problèmes¹⁴ de sécurité liés notamment au risque d'explosion lors du transport et de la manipulation de bouteilles de gaz ;
- les impacts possibles des pièges sur la faune non-cible, notamment dans les zones rurales ou naturelles riches en biodiversité ;

Considérant également, d'autre part :

- qu'en matière de santé, « il vaut mieux prévenir que guérir » ;
- les données disponibles mettant, selon les contextes et les études, en évidence une certaine efficacité des pièges utilisés en préventif ;
- la bonne acceptabilité des pièges ;
- que les pièges en général (et en particulier les pièges à femelles gravides, de par leur simplicité d'utilisation) peuvent constituer un levier pour impliquer les populations dans la LAV (mobilisation sociale) ;
- que les pièges constituent un outil de lutte contre les moustiques parmi d'autres, dont l'efficacité est d'autant plus importante qu'ils sont utilisés en combinaison avec d'autres outils, notamment ceux visant la réduction des gîtes larvaires ;
- qu'en situation de circulation virale (avérée ou suspectée) et en l'absence de possibilité de réaliser complètement un traitement adulticide, il est nécessaire de recourir à des techniques de lutte alternatives ou complémentaires aux insecticides ;
- l'intérêt des pièges en cas de résistance des moustiques vecteurs aux insecticides ou d'échec opérationnel avéré de la lutte classique ;

¹⁴ Voir document « Les bouteilles de gaz - Identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation » (INRS 2020).

les experts du GT « Pièges-LAV » considèrent que les pièges peuvent constituer une solution de lutte alternative dans certaines situations (détaillées ci-après pour la prévention et le contrôle) et recommandent :

- de considérer ce recours aux pièges (pondoirs létaux et/ou à femelles en recherche d'hôte) dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée, en combinaison avec d'autres outils, notamment les actions visant la réduction des gîtes larvaires ;
- de privilégier l'utilisation de pièges ayant fait l'objet d'une évaluation indépendante et rigoureuse de leur efficacité ;
- de surveiller les effets non-intentionnels des pièges sur la faune non-cible dans les zones d'intérêt écologique où il n'est pas possible de traiter aux insecticides (Natura 2000...) ;
- de respecter les consignes spécifiques liées au transport¹⁵, à la manipulation et au stockage de gaz inflammables, ainsi qu'un ensemble de bonnes pratiques et d'assurer la formation sécurité de tous les agents amenés à manipuler et à transporter des bouteilles de gaz.

Dans une perspective de prévention

- d'encourager en priorité l'utilisation des pièges (pièges pondoires et/ou à femelles en recherche d'hôte en fonction du contexte) à titre préventif pour réduire les fortes densités de populations de moustiques (ce qui limite le risque vectoriel *in fine*), et d'en assurer la maintenance et un suivi régulier, afin de mettre en place la combinaison la plus adaptée au contexte, en particulier :
 - o sur les sites sensibles dont on sait qu'ils ne pourront pas faire l'objet d'un traitement de LAV (hôpitaux, insectarium...) et dans certaines zones d'exclusion situées dans des régions épidémiques ou endémiques (en milieu urbain notamment) ;
 - o dans des zones à forte densité culicidienne ;
- d'utiliser les pièges comme outil de lutte collective dans le cadre de programmes de mobilisation sociale, en complément de l'incitation de la population à la destruction des gîtes larvaires et d'impliquer les populations dans le suivi et la maintenance des pièges situés dans l'espace privé ;
- de prévoir, le cas échéant, pour un usage dans l'espace public, d'utiliser un mobilier urbain adapté pour déployer un réseau de pièges tout en les protégeant (pour éviter le bris et le vol).

Dans une perspective de contrôle (autour de cas)

- d'établir, en lien avec des opérateurs et des équipes de recherche, et de mettre en œuvre un protocole rigoureux pour évaluer l'efficacité des pièges dans un contexte de circulation virale, afin de cadrer les conditions du déploiement opérationnel des pièges autour de cas ;

¹⁵ En Europe, le transport de matières dangereuses par la route est encadré par la réglementation ADR (accord sur le transport de marchandises dangereuses par route). Celle-ci est relativement contraignante et prévoit des exemptions et dérogations, totales ou partielles, pour faciliter notamment le transport par les entreprises de petites quantités destinées à leur usage propre. Dans la majorité des cas, les transports effectués par les opérateurs de LAV entrent dans ces régimes d'exemption. Les entreprises ne sont alors pas soumises à l'ADR. Toutefois, elles doivent respecter des consignes spécifiques, ainsi qu'un ensemble de bonnes pratiques.

- dans l'attente des résultats d'une telle étude, de n'utiliser les pièges dans le cadre de la LAV (en cas de circulation virale) que dans les situations particulières ne permettant pas un recours satisfaisant aux insecticides (en s'inspirant des propositions en Annexe 4) :
 - o présence d'une zone d'exclusion légale (en milieu urbain notamment),
 - o impossibilité d'accéder à la zone à traiter.

Et en complément des méthodes conventionnelles.

Recommandations à destination de la recherche

Considérant :

- le déficit de connaissances en matière d'efficacité des pièges utilisés pour contrôler les populations d'*Aedes* (notamment *Aedes albopictus*) ;
- l'intérêt d'intégrer les impacts non intentionnels (impacts sur la faune non-cible) dans tout projet d'évaluation de l'efficacité des pièges et le besoin de données concernant les insectes non-cible capturés par les pièges ;
- les recommandations de l'OMS (WHO 2018) en matière d'évaluation de l'efficacité des pièges ;

les experts du GT « Pièges-LAV » recommandent de construire des preuves scientifiques sur l'efficacité des pièges et d'étudier leurs impacts, et pour cela :

- de mettre en œuvre les préconisations de l'OMS en termes de protocoles d'évaluation de l'efficacité des pièges, afin de pouvoir comparer les différentes études et notamment de privilégier les indicateurs épidémiologiques dans les zones de circulation épidémique ou, à défaut, l'indicateur « densité de femelles adultes » pour évaluer l'efficacité des pièges ;
- d'étudier l'efficacité des pièges en conditions de déploiement opérationnel (en fonction du maillage, de la disposition...) pour déterminer les conditions de déploiement optimales en fonction des différents contextes rencontrés dans les territoires de la France et selon différents scénarios épidémiologiques¹⁶ ;
- d'évaluer les impacts des pièges sur la faune non-cible (arthropodes, amphibiens, reptiles...) dans différents contextes et de tester l'efficacité des différentes mesures proposées pour améliorer leur spécificité ;
- de préparer une base de données ouverte et partagée permettant de travailler sur l'efficacité des pièges (et des autres techniques de LAV) ;
- de maintenir une veille de la littérature scientifique sur les études consacrées à l'efficacité des pièges à moustiques mis sur le marché pour identifier les produits disponibles les plus efficaces en fonction du contexte ;
- de poursuivre et développer les recherches sur l'efficacité des attractants, y compris les attractants d'oviposition et ceux à utiliser en alternative possible au CO₂ ;
- de prôner une démarche intégrée lors de l'évaluation de l'efficacité des pièges, prenant en compte notamment la durabilité et les aspects liés à l'acceptabilité sociale de ce type d'outils ;
- de réaliser des études de type coût-efficacité et coût-bénéfice des différentes méthodes de LAV (pièges, lutte chimique...) ;

¹⁶ Tels que ceux définis dans l'article de Roiz *et al.* (2018).

- d'évaluer l'efficacité des pièges à moustiques commercialisés, y compris ceux n'ayant pas fait l'objet de la présente expertise (pièges lumineux à destination des particuliers...).

Recommandations en matière de réglementation

Considérant :

- le statut de biocide du CO₂ et des substances attractantes (acide lactique et autre mimétique de la sueur) qui doivent respecter le Règlement (UE) 528/2012 entré en vigueur le 1^{er} septembre 2013 (dit « BPR ») ;
- que le CO₂ en bouteille, l'acide lactique et l'oct-1-èn-3-ol sont inscrits à l'annexe 1 du BPR et que les produits attractants utilisant ces substances doivent faire l'objet d'une autorisation de mise sur le marché dès à présent ;
- qu'à partir de juillet 2022 (fin du régime transitoire) où le CO₂ produit par combustion de butane/propane *in situ* va officiellement être introduit dans l'annexe I, seuls le CO₂ en bouteille et celui produit par combustion de butane/propane *in situ* pourront être autorisés,
- qu'à ce jour, il n'y a pas eu de demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour des systèmes de piégeage de moustiques adultes utilisant une source de CO₂ ;
- que les levures et la carboglace permettent de produire du CO₂, mais que ces sources de CO₂ n'ont pas été évaluées et ne peuvent pas faire l'objet d'une demande d'AMM simplifiée à l'heure actuelle et qu'en tant que matériel vivant, les levures doivent être soumises au Protocole de Nagoya ;
- que certains fabricants utilisent l'efficacité présumée de leur(s) piège(s) dans la lutte contre les moustiques comme argument de vente ;

les experts du GT « Pièges-LAV » recommandent :

- qu'un rappel de la réglementation soit fait par les autorités (DGPR) aux fabricants de pièges utilisant du CO₂ (voir Annexe 5), afin qu'ils se conforment au règlement BPR et déposent des demandes d'AMM ;
- que tous les dispositifs qui utilisent une source de CO₂ autorisée (bouteille ou génération à partir de butane/propane) soient évalués afin de disposer d'éléments d'objectivation sur l'efficacité des pièges mis sur le marché ;
- d'interdire les allégations « de santé » (du « type zéro nuisance », « maison sans moustique »...) lorsque les pièges n'ont pas apporté la preuve de leur efficacité ;
- d'évaluer l'efficacité des levures comme source de CO₂ ;
- d'évaluer les besoins opérationnels en carboglace et levures comme sources de CO₂ en tant que produits biocides utilisés pour attirer des arthropodes hématophages, et d'inciter le cas échéant les industriels à se conformer à la réglementation en vigueur pour pouvoir utiliser ces sources alternatives de CO₂ (et demander un recours communautaire si nécessaire).

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail : le 09 juillet 2021 et par le CES « Substances et produits biocides » : le 22 juillet 2021

7 Bibliographie

7.1 Publications

- Acevedo, V., M. Amador, G. Félix et R. Barrera. 2016. "Operational Aspects of the Centers for Disease Control and Prevention Autocidal Gravid Ovitrap." *J Am Mosq Control Assoc* 32 (3): 254-257. <https://doi.org/10.2987/15-6525.1>.
- Akhoundi, M., F. Jourdain, F. Chandre, P. Delaunay et D. Roiz. 2018. "Effectiveness of a field trap barrier system for controlling *Aedes albopictus*: A "removal trapping" strategy." *Parasites Vectors* 11 (1): 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2691-1>.
- Barrera, R., V. Acevedo, G. E. Felix, R. R. Hemme, J. Vazquez, J. L. Munoz et M. Amador. 2017. "Impact of Autocidal Gravid Ovitrap on Chikungunya Virus Incidence in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Areas With and Without Traps." *J Med Entomol* 54 (2): 387-395. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw187>.
- Barrera, R., M. Amador, V. Acevedo, M. Beltran et J. L. Muñoz. 2019. "A comparison of mosquito densities, weather and infection rates of *Aedes aegypti* during the first epidemics of Chikungunya (2014) and Zika (2016) in areas with and without vector control in Puerto Rico." *Med Vet Entomol* 33 (1): 68-77. <https://doi.org/10.1111/mve.12338>.
- Barrera, R., M. Amador, V. Acevedo, B. Caban, G. Felix et A. J. Mackay. 2014. "Use of the CDC autocidal gravid ovitrap to control and prevent outbreaks of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)." *J Med Entomol* 51 (1): 145-154. <https://doi.org/10.1603/ME13096>.
- Barrera, R., M. Amador, V. Acevedo, R. R. Hemme et G. Félix. 2014. "Sustained, area-wide control of *Aedes aegypti* using CDC autocidal gravid ovitraps." *Am J Trop Med Hyg* 91 (6): 1269-1276. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.14-0426>.
- Barrera, R., M. Amador, J. Munoz et V. Acevedo. 2018. "Integrated vector control of *Aedes aegypti* mosquitoes around target houses." *Parasites Vectors* 11 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2596-4>.
- Barrera, R., A. Harris, R. R. Hemme, G. Felix, N. Nazario, J. L. Muñoz-Jordan, D. Rodriguez, J. Miranda, E. Soto, S. Martinez, K. Ryff, C. Perez, V. Acevedo, M. Amador et S. H. Waterman. 2019. "Citywide Control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) during the 2016 Zika Epidemic by Integrating Community Awareness, Education, Source Reduction, Larvicides, and Mass Mosquito Trapping." *J Med Entomol* 56 (4): 1033-1046. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz009>.
- Bazin, M. et C. R. Williams. 2018. "Mosquito traps for urban surveillance: collection efficacy and potential for use by citizen scientists." *J Vector Ecol* 43 (1): 98-103. <https://doi.org/10.1111/jvec.12288>.
- Bhatt, S., P. W. Gething, O. J. Brady, J. P. Messina, A. W. Farlow, C. L. Moyes, J. M. Drake, J. S. Brownstein, A. G. Hoen, O. Sankoh, M. F. Myers, D. B. George, T. Jaenisch, G. R. Wint, C. P. Simmons, T. W. Scott, J. J. Farrar et S. I. Hay. 2013. "The global distribution and burden of dengue." *Nature* 496 (7446): 504-507. <https://doi.org/10.1038/nature12060>.
- Campbell, C. B. 2003. "Evaluation of five mosquito traps and a horse for west Nile vectors on a north Florida Equine Facility " Master Thesis, University of Florida.
- Chadee, D. D. et S. A. Ritchie. 2010. "Efficacy of sticky and standard ovitraps for *Aedes aegypti* in Trinidad, West Indies." *J Vector Ecol* 35 (2): 395-400. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2010.00098.x>.

- Cooperband, M. F. et R. T. Cardé. 2006. "Orientation of *Culex* mosquitoes to carbon dioxide-baited traps: flight manoeuvres and trapping efficiency." *Med Vet Entomol* 20 (1): 11-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2006.00613.x>.
- Degener, C. M., T. M. F. De Ázara, R. A. Roque, S. Rösner, E. S. O. Rocha, E. G. Kroon, C. T. Codeço, A. A. Nobre, J. J. Ohly, M. Geier et Á E. Eiras. 2015. "Mass trapping with mosquiTRAPs does not reduce *Aedes aegypti* abundance." *Mem Inst Oswaldo Cruz* 110 (4): 517-527. <https://doi.org/10.1590/0074-02760140374>.
- Degener, C. M., Á E. Eiras, T. M. F. Ázara, R. A. Roque, S. Rösner, C. T. Codeço, A. A. Nobre, E. S. O. Rocha, E. G. Kroon, J. J. Ohly et M. Geier. 2014. "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* 51 (2): 408-420. <https://doi.org/10.1603/ME13107>.
- Degener, C. M., M. Geier, D. Kline, J. Urban, S. Willis, K. Ramirez, E. R. Cloherty et S. W. Gordon. 2019. "Field trials to evaluate the effectiveness of the biogentst-sweetscent lure in combination with several commercial mosquito traps and to assess the effectiveness of the biogents-mosquitaire trap with and without carbon dioxide." *J Am Mosq Control Assoc* 35 (1): 32-39. <https://doi.org/10.2987/18-6790.1>.
- Diagne, C., B. Leroy, A. C. Vaissière, R. E. Gozlan, D. Roiz, I. Jarić, J. M. Salles, C. J. A. Bradshaw et F. Courchamp. 2021. "High and rising economic costs of biological invasions worldwide." *Nature* 592 (7855): 571-576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>.
- Dormont, L., M. Mulatier, D. Carrasco et A. Cohuet. 2021. "Mosquito Attractants." *J Chem Ecol* 47 (4): 351-393. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01261-2>.
- Eiras, A. E., T. S. Buhagiar et S. A. Ritchie. 2014. "Development of the gravid *Aedes* trap for the capture of adult female container-exploiting mosquitoes (Diptera: Culicidae)." *J Med Entomol* 51 (1): 200-209. <https://doi.org/10.1603/me13104>.
- Englbrecht, C., S. Gordon, C. Venturelli, A. Rose et M. Geier. 2015. "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* 31 (1): 16-25. <https://doi.org/10.2987/14-6444.1>.
- Fofana, D. 2020. *Efficacité des bornes anti-moustiques Qista dans les conditions d'utilisation de terrain à Dabou*. Institut National d'Hygiène Publique - Abidjan (Côte d'Ivoire), 14 p.
- Habchi-Hanriot, N., J. S. Dehecq, G. Dupuy et L. Vincent. 2020. *Evaluation de l'effet d'un dispositif de piégeage massif sur la densité de Aedes albopictus sur la commune du Port*. Agence régionale de santé (La Réunion), 33 p.
- INRS. 2020. *Les bouteilles de gaz - Identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation*. Institut National de Recherche et de Sécurité, 48 p.
- Johnson, B. J., D. Brosch, A. Christiansen, E. Wells, M. Wells, A. F. Bhandoola, A. Milne, S. Garrison et D. M. Fonseca. 2018. "Neighbors help neighbors control urban mosquitoes." *Sci Rep* 8 (1): 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34161-9>.
- Johnson, B. J., S. A. Ritchie et D. M. Fonseca. 2017. "The state of the art of lethal oviposition trap-based mass interventions for arboviral control." *Insects* 8 (1): 1-16. <https://doi.org/10.3390/insects8010005>.
- Kittayapong, P., U. Chansang, C. Chansang et A. Bhumiratana. 2006. "Community participation and appropriate technologies for dengue vector control at transmission foci in Thailand." *J Am Mosq Control Assoc* 22 (3): 538-546. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)22\[538:CPAATF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)22[538:CPAATF]2.0.CO;2).
- Kittayapong, P., S. Yoksan, U. Chansang, C. Chansang et A. Bhumiratana. 2008. "Suppression of dengue transmission by application of integrated vector control

- strategies at sero-positive GIS-based foci." *Am J Trop Med Hyg* 78 (1): 70-76. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2008.78.70>.
- Krockel, U., A. Rose, A. E. Eiras et M. Geier. 2006. "New tools for surveillance of adult yellow fever mosquitoes: comparison of trap catches with human landing rates in an urban environment." *J Am Mosq Control Assoc* 22 (2): 229-38. [https://doi.org/10.2987/8756-971x\(2006\)22\[229:Ntfsoa\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.2987/8756-971x(2006)22[229:Ntfsoa]2.0.Co;2).
- Li, C. X., Y. D. Dong, X. L. Zhang, C. Chen, S. P. Song, B. Deng, T. Y. Zhao et R. D. Xue. 2010. "Evaluation of octenol and Lurex™ as baits in mosquito Magnet® pro traps to collect vector mosquitoes in China." *J Am Mosq Control Assoc* 26 (4): 449-451. <https://doi.org/10.2987/10-6006.1>.
- Lorenzi, O. D., C. Major, V. Acevedo, J. Perez-Padilla, A. Rivera, B. J. Biggerstaff, J. Munoz-Jordan, S. Waterman, R. Barrera et T. M. Sharp. 2016. "Reduced incidence of Chikungunya virus infection in communities with ongoing *Aedes aegypti* mosquito trap intervention studies — Salinas and Guayama, Puerto Rico, November 2015–february 2016." *Morb Mortal Wkly Rep* 65 (18): 479-480. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6518e3>.
- Mackay, A. J., M. Amador et R. Barrera. 2013. "An improved autocidal gravid ovitrap for the control and surveillance of *Aedes aegypti*." *Parasites Vectors* 6 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-225>.
- Mayer, S. V., R. B. Tesh et N. Vasilakis. 2017. "The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikungunya and zika fevers." *Acta Trop* 166: 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.11.020>.
- Ocampo, C. B., C. González, C. A. Morales, M. Pérez, D. Wesson et C. S. Apperson. 2009. "Evaluation of community-based strategies for *Aedes aegypti* control inside houses." *Biomedica* 29 (2): 282-297. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v29i2.30>.
- Paupy, C., H. Delatte, L. Bagny, V. Corbel et D. Fontenille. 2009. "*Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light." *Microbes Infect* 11 (14-15): 1177-85. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.05.005>.
- Perich, M. J., A. Kardec, I. A. Braga, I. F. Portal, R. Burge, B. C. Zeichner, W. A. Brogdon et R. A. Wirtz. 2003. "Field evaluation of a lethal ovitrap against dengue vectors in Brazil." *Med Vet Entomol* 17 (2): 205-210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00427.x>.
- Poulin, B. 2015. *Bilan de l'expérimentation des pièges BAM au Sambuc en 2015*. (Tour du Valat), 4 p.
- Rapley, L. P., P. H. Johnson, C. R. Williams, R. M. Silcock, M. Larkman, S. A. Long, R. C. Russell et S. A. Ritchie. 2009. "A lethal ovitrap-based mass trapping scheme for dengue control in Australia: II. Impact on populations of the mosquito *Aedes aegypti*." *Med Vet Entomol* 23 (4): 303-316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00834.x>.
- Ritchie, S. A., T. S. Buhagiar, M. Townsend, A. Hoffmann, A. F. V. D. Hurk, J. L. McMahon et A. E. Eiras. 2014. "Field validation of the Gravid *Aedes* Trap (GAT) for collection of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)." *J Med Entomol* 51 (1): 210-219. <https://doi.org/10.1603/ME13105>.
- Ritchie, S. A., L. P. Rapley, C. Williams, P. H. Johnson, M. Larkman, R. M. Silcock, S. A. Long et R. C. Russell. 2009. "A lethal ovitrap-based mass trapping scheme for dengue control in Australia: I. Public acceptability and performance of lethal ovitraps." *Med Vet Entomol* 23 (4): 295-302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00833.x>.
- Roiz, D., A. L. Wilson, T. W. Scott, D. M. Fonseca, F. Jourdain, P. Müller, R. Velayudhan et V. Corbel. 2018. "Integrated *Aedes* management for the control of *Aedes*-borne diseases." *PLOS Negl Trop Dis* 12 (12): 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006845>.

- Sharp, T. M., O. Lorenzi, B. Torres-Velásquez, V. Acevedo, J. Pérez-Padilla, A. Rivera, J. Muñoz-Jordán, H. S. Margolis, S. H. Waterman, B. J. Biggerstaff, G. Paz-Bailey et R. Barrera. 2019. "Autocidal gravid ovitraps protect humans from chikungunya virus infection by reducing *Aedes aegypti* mosquito populations." *PLOS Negl Trop Dis* 13 (7): 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007538>.
- Sithiprasasna, R., P. Mahapibul, C. Noigamol, M. J. Perich, B. C. Zeichner, B. Burge, S. L. W. Norris, J. W. Jones, S. S. Schleich et R. E. Coleman. 2003. "Field evaluation of a lethal ovitrap for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand." *J Med Entomol* 40 (4): 455-462. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-40.4.455>.
- WHO. 2017. *Global vector control response 2017–2030*. World Health Organization, 64 p.
- WHO. 2018. *Efficacy-testing of traps for control of aedes spp. mosquito vectors*. World Health Organization (Geneva). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/275801>.
- Wooding, M., Y. Naudé, E. Rohwer et M. Bouwer. 2020. "Controlling mosquitoes with semiochemicals: A review." *Parasites Vectors* 13 (1): 1-20. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3960-3>.

7.2 Normes

AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

7.3 Législation et réglementation

Le ministère des solidarités et de la santé. Le décret n° 2019-258 du 29 mars 2019 relatif à la prévention des maladies vectorielles. Journal officiel, n°0077, texte n° 4, du 31 mars 2019.

Le ministère de la transition écologique et solidaire, le ministère des solidarités et de la santé et le ministère de l'intérieur. Arrêté du 23 juillet 2019 relatif aux modalités de mise en œuvre des missions de surveillance entomologique, d'intervention autour des détections et de prospection, traitement et travaux autour des lieux fréquentés par les cas humains de maladies transmises par les moustiques vecteurs. Journal officiel, n°0174, texte n° 27, du 28 juillet 2019.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



Direction générale de
la santé

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ
Sous-direction de la veille et de la sécurité sanitaire
Bureau des risques infectieux émergents et des vigilances
Dossier suivi par : Albert GODAL
Tél.: 01 40 56 65 06
albert.godal@sante.gouv.fr
N° :D-20-019182

Paris, le – 9 NOV. 2020

Le Directeur général de la santé

A

Monsieur Roger GENET
Directeur général de l'Agence
Nationale de Sécurité Sanitaire de
l'Alimentation, de
l'Environnement et du Travail

OBJET : Saisine sur l'utilisation de la technique de piégeage de moustiques adultes dans le cadre de la lutte antivectorielle

Depuis le 1^{er} janvier 2020, les ARS sont chargées de la lutte antivectorielle, notamment des interventions autour du domicile et des lieux de passage des cas confirmés de dengue et autres arboviroses transmises par les *Aedes* urbains (chikungunya et Zika). Les interventions de lutte antivectorielle autour de ces cas doivent être réalisées conformément aux dispositions décrites dans l'annexe 3 de l'arrêté du 23 juillet 2019 relatif à la lutte antivectorielle.

Au cours des échanges avec les ARS, il est apparu que dans certains cas particuliers (notamment en présence de zones d'exclusion de traitements biocides), des pièges à moustiques adultes avaient été utilisés en alternative aux traitements insecticides habituels (dont le but principal est de diminuer la densité de femelles porteuses du virus et donc susceptibles de piquer et d'infecter de nouvelles personnes). Les raisons invoquées sont de différentes natures et pour des cas spécifiques, tels que : zones d'exclusion du fait de la présence rapprochée d'un cours d'eau, présence de ruchers ou de cultures biologiques, ou encore opposition aux traitements biocides par les riverains ou enfin présence d'infrastructures dédiées à l'élevage d'insectes...

Des études¹ ont montré une bonne efficacité pour réduire le taux de piqûres de moustiques au bout de quelques semaines avec des dispositifs de piégeage spécifiques et hyper-optimisés. Cependant, le délai nécessaire à la réduction du taux de piqûre ne paraît pas compatible avec l'urgence et la nécessité d'interrompre une chaîne de transmission en neutralisant des femelles de moustiques porteuses du virus et qui sont réputées infectantes à partir de quelques jours (7

¹ Par exemple, Akoundi *et al.* (2018) ont montré qu'un système de piégeage hyper-optimisé notamment en terme de nombre, de disposition de pièges et du fait de l'addition de CO2 pouvait avoir une bonne efficacité pour réduire le taux de piqûre après 6 semaines de fonctionnement du dispositif (Mohammad Akhouni, Frédéric Jourdain, Fabrice Chandre, Pascal Delaunay, David Roiz, « *Effectiveness of a field trap barrier system for controlling Aedes albopictus : a "removal trapping" strategy*, Parasites & Vectors, volume 11, Article 101, 2018).

jours pour le virus de la dengue, 4 jours pour le virus du chikungunya) après un repas de sang effectué sur un sujet virémique.

Or, l'utilisation des pièges pour la lutte périfocale dans un contexte de risque de transmission d'arboviroses par des moustiques vecteurs infectés, n'est pas prévue par l'arrêté suscité et risque de se généraliser. Afin d'encadrer une telle utilisation, je souhaite que celle-ci fasse l'objet d'une évaluation scientifique.

Pour cela, je vous demande :

- 1) de recenser les différents pièges commercialisés (BG sentinels, Mosquito magnet, Gat, Sticky traps...), décrire les différents pièges utilisés pour les moustiques *Aedes* (*Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*) en extérieur et documenter leur utilisation (stratégie de piégeage) par les opérateurs en remplacement des traitements adulticides autour du domicile et des lieux de passage des cas ;
- 2) d'évaluer l'efficacité des différentes techniques de piégeage (avec ou sans CO₂...) pour réduire la densité de moustiques *Aedes* adultes (et les délais nécessaires) à partir des données disponibles dans la littérature scientifique, des dossiers d'autorisation de mise sur le marché lorsque les pièges sont soumis à AMM ainsi que, le cas échéant, des données expérimentales collectées par les opérateurs ;
- 3) de donner un avis sur la pertinence d'utiliser des pièges pour de la lutte périfocale dans le cadre de la LAV intégrée et, le cas échéant, de préciser les situations le justifiant.

Afin de pouvoir encadrer cette pratique au plus vite, je souhaite pouvoir disposer de votre avis pour le 1^{er} mai 2021.

Mes services se tiennent à votre disposition pour toute question complémentaire.

Jérôme SALOMON



Annexe 2 : Tableau d'extraction des données

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Barrera, Amador, Acevedo, Caban <i>et al.</i> 2014	Endemic circulation	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (La Margarita and Villodas)	Controlled trial	48 weeks / Baseline : oct-dec 2011 Vector control + AGO traps installation : dec 2011 Follow-up of <i>Ae. aegypti</i> density : dec 2011-oct 2012	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	18 ha = 327 buildings	3 traps / house 81% (812 traps for the study area)	Number of female or male <i>Ae. aegypti</i> per BG or SAGO trap per week	Significant reductions in the captures of female <i>Ae. aegypti</i> (53–70%) in the intervention area
Barrera, Amador, Acevedo, Hemme <i>et al.</i> 2014	Endemic circulation	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (La Margarita, Villodas, Playa and Arboleda)	Controlled trial	Margarita : 117 weeks / dec 2011 - feb 2014 Villodas: 56 weeks / feb 2013-2014	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	La Margarita: 18 ha = 327 buildings Villodas: 11 ha = 241 buildings	3 traps / house 85%	Number of female or male <i>Ae. aegypti</i> per SAGO trap per week	<i>Research hypothesis 1 :</i> stated that the density of <i>Ae. aegypti</i> in Villodas would be significantly reduced after trap deployment --> reduction of 79% in the number of female <i>Ae. aegypti</i> per trap per week after placing the AGO intervention traps in Villodas <i>Research hypothesis 2:</i> stated that the density of <i>Ae. aegypti</i> in Villodas after placing the traps was similar to that observed in La Margarita where AGO intervention traps had been in place since December 2011 --> average captures in Villodas (IA-II) after placing the AGO control traps were lower than in La Margarita during the same time period. the densities of <i>Ae. aegypti</i> in both localities seemed to have converged to similar values during the last weeks of observations <i>Research hypothesis 3:</i> stated that <i>Ae. aegypti</i> density in areas with AGO intervention traps (Villodas and La Margarita) was significantly lower than in the reference areas (Playa and Arboleda) --> areas with AGO intervention traps had 88% fewer mosquitoes than nearby reference areas

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Lorenzi <i>et al.</i> 2016	Circulation of CHIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (Salinas and Guayama)	Observational retrospective study	2012-2016 / Seroprevalence surveys : nov 2015-feb 2016	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	2 nonintervention communities + 2 intervention communities	3 traps / house 85% of home	Prevalence of anti-CHIKV IgM among residents (28% randomly sampled) of nonintervention and intervention communities	After adjustment for sample design, the proportion of chikungunya virus IgG antibody among participants from the two intervention communities was one half that of participants from intervention communities (risk ratio = 0.52, 95% confidence interval = 0.38–0.71)
Acevedo <i>et al.</i> 2016	Endemic circulation	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (Salinas and Guayama)	Operational aspects	2013-2015	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	2 nonintervention communities + 2 intervention communities	3 traps / house 85% of home	no	Since AGO traps were initially deployed in December 2011 in La Margarita and in February 2013 in Villodas, most residents have kept the traps in their properties and allowed us to service them every 2 months. Trap coverage or percentage of houses with 3 AGO traps per house in La Margarita has been 85–87% and in Villodas, 83–87%. We interpret such high levels of trap retention over time as an expression of acceptance by the community
Barrera <i>et al.</i> 2017	Circulation of CHIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (Salinas and Guayama)	Operational aspects	7 months / jun-dec 2014	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	2 nonintervention communities + 2 intervention communities	3 traps / house 85% of home	Prevalence of CHIKV RNA among gravid females of <i>Aedes aegypti</i> trapped weekly in sentinel AGO traps in nonintervention and intervention communities	1334 pools of female <i>Ae. aegypti</i> (23,329 individuals) were processed by RT-PCR to identify CHIKV and DENV RNA. Density of <i>Ae. aegypti</i> females was 10.5 times lower (91%) in the two areas with AGO control traps during the study. Ten times (90.9%) more CHIKV positive pools were identified in the non-intervention areas (50/55 pools) than in intervention areas (5/55). We found a significant linear relationship between the number of positive pools and both density of <i>Ae. aegypti</i> and vector index (average number of expected infected mosquitoes/trap/week). Temporal and spatial patterns of positive CHIKV pools suggested limited virus circulation in areas with AGO traps

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Barrera <i>et al.</i> 2018	Circulation of ZIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (El Coco - Salinas)	Longitudinal study with "semi cross design"	7 months / jun-dec 2016	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	1 non-intervention community + 1 intervention community	2 AGO traps and one sentinel AGO traps / home / 85%	<i>Aedes</i> density reduction & prevalence of ZIKV RNA among gravid females of <i>Ae. aegypti</i> trapped weekly in sentinel AGO traps	Density at the target house in the treatment area changed from 27.7 mosquitoes/trap/week before IVC to 2.1 after IVC (92.4% reduction), whereas after treating the original control area (cross-over) density changed from 22.4 to 3.5 (84.3% reduction). Vector reductions were sustained in both areas after IVC. Zika virus was detected in <i>Ae. aegypti</i> , but the low incidence of the virus precluded assessing the impact of IVC on Zika transmission during the study.
Barrera, Amador, <i>et al.</i> 2019	Circulation of DENV, CHIKV, ZIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (La Margarita, Villodas, Playa, Arboleda)	observational (with untreated areas vs treated areas)	Every week during January-December in 2014 and 2016	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	La Margarita (treated site): 18ha=327 structures Villodas (treated site) : 11ha=241 structures Arboleda (Untreated site): 398 houses La Playa (Untreated site): 269 houses	3 traps / house La Margarita : over 80% Villodas: over 80%	Analysis by Generalized estimated equations (GEEs) of density of <i>Ae. aegypti</i> females/trap/week and GLMs (generalised Linear Models) with normal distribution for infection rates	The mass-trapping with AGO clearly reduced <i>Ae. aegypti</i> densities and mosquito infection rates for CHIK, ZIKA and DEN. Mosquito densities in untreated sites were 5.5–9.5 times greater than in treated sites. Mosquito infection rates were much more lower in Treated sites than in Untreated sites: 50% reduction for Dengue, 90% reduction for CHIKV, and 95% reduction for ZIKAV. (4 in treated vs 2 in untreated for dengue, 50 vs 5 for chikungunya, and 55 vs 3 for Zika).
Barrera, Harris <i>et al.</i> 2019	Circulation of DENV, CHIKV, ZIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (Caguas)	Randomized stepped-wedge design, all the areas are treated at different moments	11 months / Every week during October 2016 to August 2017	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	23,1 Km ² (61,511 inhabitants and 25,363 buildings)	Three AGO traps or more are placed per home and in public areas separated by 50 m / over 80% in most clusters	Analysis by GLM with negative binomial distribution and randomized design and GEEs	The IVM was effective to reduce mosquito densities to 82.3%. With no significant mosquito reduction of the average number of mosquitoes when control coverage was 0 – 20%, and significant reductions ($\alpha < 0.001$) when control coverage increased to 21 – 40% (34.3% reduction), 41 – 60% (42.4%), 61–80% (62%), and >80% (81.5%). Therefore, IVM treatment must achieve 60% to reduce mosquito densities.

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Sharp <i>et al.</i> 2019	Circulation of CHIKV	<i>Ae. aegypti</i>	Puerto Rico / (Salinas and Guayama)	observational retrospective study	Evaluation of AGO traps has been ongoing since 2012 Surveys were conducted during November 16, 2015 and January 16, 2016	AGO (U.S. Centers for Disease Control and Prevention Dengue Branch; CDC-DB) / Hay / Sticky glue board	La Margarita (treated site): 18ha=327 structures Villodas (treated site) : 11ha=241 structures	3 traps AGO / home La Margarita : 88% (281 structures) Villodas : 84% (201 structures)	Prevalence of CHIKV infection among residents anti-CHIKV IgM and IgG ELISA	Among 175 and 152 residents of communities with and without AGO traps, respectively, an estimated 26.1% and 43.8% had been infected with CHIKV. Protection from CHIKV infection was strongest among residents who reported spending many or all weekly daytime hours in their community: 10.3% seropositive in communities with AGO traps vs. 48.7% in communities without. The monthly number of CHIKV infected mosquitos and symptomatic residents were diminished in communities with AGO traps compared to those without. AGO traps are an effective tool that protects humans from infection with a virus transmitted by <i>Ae. aegypti</i> mosquitos.
Perich <i>et al.</i> 2003	Endemic with dengue	<i>Ae. Aegypti</i> + <i>Ae. albopictus</i>	Brazil / (Areia Branca and Nilopolis - State of Rio de Janeiro)	Controlled trial	4 months / February to May 2001	Lethal Ovitrap (LO) / deltamethrin	The intervention was applied to a group of 30 houses and compared to 30 houses without LOs in the same neighbourhood.	10 LOs/house -	Percentage of containers positive for larvae and/or pupae; Total pupae/house; Total adult females/house collected by aspirator indoors	Post-intervention densities of <i>Ae. aegypti</i> were significantly reduced for most comparators ($P<0.01$), as shown by fewer positive containers (4–5 vs. 10–18) and pupae/house (0.3–0.7 vs. 8–10) at LO-treated vs. untreated houses, 3months post-treatment at both municipalities. Numbers of adult <i>Ae. aegypti</i> females indoors were consistently reduced in LO-treated houses at Areia Branca (3.6 vs. 6.8/house 3 months postintervention) but not at Nilopolis (3/house, attributed to immigration). These results demonstrate sustained impact of LOs on dengue vector population densities in housing conditions of Brazilian municipalities.
Sithiprasanna <i>et al.</i> 2003	Endemic with dengue	<i>Ae. aegypti</i>	Thaïlande (Chom Bung District, Ratchaburi Province)	Controlled trial	from 7 April to 29 October in 1999 and from 24 May to 15 December in 2000	Lethal Ovitrap (U.S. patent number 5,983,557, 11 November 1999)/ / deltamethrin	Group of 50 houses	10 LOs/group of 50 houses -	1) the total number of containers (excluding LOs) in and around each house 2) the number of these containers with water 3) the total number of these containers with immature (larvae and/or pupae) mosquitoes 4) the number of adult mosquitoes in each house. (Adult mosquitoes were collected for 10 min within each house using hand-held aspirators)	Although it remains to be determined how significant a role the LO could play in an integrated control program, the results of our study provide evidence that the LO can reduce <i>Ae. aegypti</i> populations.

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Ocampo <i>et al.</i> 2009	Endemic with dengue	<i>Ae. aegypti</i>	Colombia / (Cali)	Controlled trial	4 months/ (April-July, 2005)	Lethal Oviposition trap (U.S. patent N° 5,983,557) / / /	40 houses per block in an area of 100 m ²	10 LOs / house 5 LOs were placed inside the house and 5 were located in open areas	Abundance of <i>Ae. aegypti</i> larvae, pupae and adults	The lack of significant differences among the interventions, and between treated and control blocks suggested that educational activities together with periodic visits to the houses produced similar reductions of immature and adult <i>Aedes aegypti</i> .
Degener <i>et al.</i> 2015	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Brazil / (Manaus)	Cluster Randomized Controlled Trial	17 months (15 months + two months of baseline monitoring) / 2 rainy seasons + 1 dry season	MosquiTRAP (Ecovec Ltd, Brazil) / / Sticky	104-150 houses per cluster (mean = 129 houses, total: 775 houses)	3 MQTs per household 51.1% (206 from 403 houses)	Mean number of female <i>Ae. aegypti</i> caught with BG-Sentinel monitoring traps DENV IgM-seropositivity	Entomological monitoring indicated that MQT mass trapping did not reduce adult <i>Ae. aegypti</i> abundance. The serological survey indicated that recent dengue infections were equally frequent in the intervention and the control arm.
Degener <i>et al.</i> 2014	Endemic circulation	<i>Ae. aegypti</i>	Brazil / (Manaus)	Cluster Randomized Controlled Trial, pairwise T+/C	73 weeks / Rainy season 2008-2009, Dry season 2009, Rainy season 2009-2010	BG-Sentinel (Biogents, Regensburg, Germany)/ / /	103-151 households (no data for surface in Ha)	26 / ha 60,5%	Mean nb. of female <i>Ae. aegypti</i> caught with BGS monitoring traps Physiological status: Parous%	Entomological monitoring indicated that mass trapping with BGS traps significantly reduced the abundance of adult female <i>Ae. aegypti</i> during the first five rainy months ((reduction of 54% before/after). Comparaison intervention/ control: The effect of treatment was significant, from Week 1 until Week 22; In the subsequent dry season there were no notable differences between mass trapping and control areas. For the entire postintervention, no significant difference between intervention and control arms. Frequencies of parous and nulliparous <i>Ae. aegypti</i> in intervention and control arm did not differ during baseline monitoring, during the dry season and during the second rainy season. In the first rainy season, there was a significant difference between frequencies of nulliparous females in the intervention arm, relative to the control arm.
Degener <i>et al.</i> 2014	Endemic circulation	<i>Ae. aegypti</i>	Brazil / (Manaus)	Cluster Randomized Controlled Trial, pairwise T+/C	73 weeks / Rainy season 2010	BG-Sentinel (Biogents, Regensburg, Germany)/ / /	103-151 households (no data for surface in Ha)	26 / ha 60,5%	Serologic survey: % positive DENV IgM	The serological survey revealed that in participating houses of mass trapping areas recent dengue infections (IgM) were less common than in control areas, although this effect was not statistically significant.

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Rapley <i>et al.</i> 2009	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Australia / (Cairns)	Controlled trial (i) standard lethal ovitrap (SLOs) + BG-sentinel traps and larval control (ii) larval control alone (iii) untreated control	8 weeks / dry season (June to July 2006)	BG-Sentinel (Biogents, Regensburg, Germany) / BG-Lure / / + standard lethal ovitrap / / /	200-m radius of a hypothetical dengue case house (72 houses)	4 SLOs per house (total 206) and 1 BG per house (total 15) / SLOs : 75% (54/72) BG : 21% (15/72)	Adult <i>Ae. aegypti</i> captured during 2 consecutive days each week (15 BGS traps) ; Number of eggs per week per 10 ovitraps	No significant decrease in collection size of female <i>Ae. aegypti</i> could be attributed to the treatments.
Rapley <i>et al.</i> 2009	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Australia / (Cairns)	Controlled trial (i) standard lethal ovitrap (SLOs) + BG-sentinel traps and larval control (ii) larval control alone (iii) untreated control	8 weeks / wet season (March to April 2007)	BG-Sentinel (Biogents, Regensburg, Germany) / BG-Lure / / + standard lethal ovitrap / / /	200-m radius of a hypothetical dengue case house (90 houses)	4 SLOs per house (total 243) and 1 BG per house (total 16) / SLOs : 71% (64/90) BG : 18 % (16/90)	Adult <i>Ae. aegypti</i> captured during 2 consecutive days each week (15 BGS traps) ; Adult <i>Ae. aegypti</i> captured per 20 sticky ovitraps (SOs) per week	The mean number of female <i>Ae. aegypti</i> collected after 4 weeks with SOs and BGSs was significantly less than the control
Rapley <i>et al.</i> 2009	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Australia / (Cairns)	Controlled trial	8 weeks / wet season, (19 February – 20 March 2008)	Biodegradable lethal ovitrap (BLO) / / /	179 houses (69+61+49)	3.2 BLO per house (total 552)/ 93% (166/179 ; 96%, 89%, 94%)	Adult <i>Ae. aegypti</i> captured during 2 consecutive days (15 BGS traps) Adult <i>Ae. aegypti</i> captured per 20 sticky ovitraps (SOs) per week	Collections of <i>Ae. aegypti</i> in the treatment areas were significantly less than in the control area for BGSs but not SOs. An influx of relatively large numbers of young females may have confounded the measurement of changes in populations of older females in these studies.

page 60 / 64

Référence	Contexte	Espèce ciblée	Pays / (Ville)	Protocole expérimental	Durée totale de l'étude / Période de l'année	Piège utilisé (fabricant) / Attractant / Killer agent	Surface de la zone d'intervention	Nombre de pièges / Couverture (% des maisons traitées)	Indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité	Conclusion de l'article
Kittayapong <i>et al.</i> 2006	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Thailand / (Plaeng Yao District, Chachoengsa o Province)	Controlled trial	8 months / /	Lethal Ovitrap (500-ml capacity) / / Permethrin	100-m radius of dengue case houses	2–5 lethal ovitraps were placed in each house (total 406 traps)	Percentages of positive ovitraps with <i>Ae. aegypti</i> eggs	The percentage of ovitraps that contained <i>Aedes</i> eggs when traps were first placed among natural breeding sites (66.3%) decreased from 49.6% after the first application to 10.4% at the termination of the study
Kittayapong <i>et al.</i> 2008	Endemic circulation of DENV	<i>Ae. aegypti</i>	Thailand / (Plaeng Yao District, Chachoengsa o Province)	Controlled trial	8 months / April to Octobre	Lethal Ovitrap/ / permethrin	100-m radius of dengue case houses	5 to 10 Lethal Ovitrap /house	Number of containers that were either positive or negative for <i>Aedes</i> larvae Weekly mosquito landing collections serological survey for dengue infection (IgG–IgM positive cases)	Reduction in the number of the <i>Aedes</i> -positive containers in the treated areas (35% to 0%). The number of <i>Aedes</i> mosquitoes in the treated areas, especially inside the dengue foci, was significantly reduced after implementation of the vector control intervention program. The proportion of IgG–IgM positive students in the treated areas was reduced from 13.46% to 0% whereas those from untreated areas increased from 9.43% to 19.15%
Johnson <i>et al.</i> 2018	absence of viral circulation	<i>Ae. albopictus</i>	United States/ (University Park, Maryland)	observational (no control areas)	2017 with preliminary trials in 2016/ Late June to October 2017	BG - GAT (Biogents, Regensburg, Germany)/ / Canola Oil	Around 1300 Ha	2 GAT per house, one in the backyard and other in the frontyard / Different couvertures	Number of adults <i>Ae. albopictus</i>	There is a significant difference in the reduction of the number of <i>Ae. albopictus</i> in BGS on the blocks where the coverage is more than 80%

Annexe 3 : Questions à destination des opérateurs auditionnés

Contexte d'intervention :

- Dans quelles circonstances avez-vous décidé d'utiliser le piégeage massif et quels sont vos critères pour choisir l'intervention par piégeage ?
- Est-ce que le piégeage est utilisé en complément des protocoles établis pour la lutte anti-vectorielle ou en substitution ?
- Avez-vous utilisé les pièges dans un contexte de transmission virale ? ou en prévention ?
- Quelles sont les contraintes logistiques/opérationnelles liées à l'utilisation des pièges par rapport à une pulvérisation d'insecticides ?

Types de pièges :

- Quels types de pièges utilisez-vous pour un piégeage massif ? Pourquoi avez-vous choisi ceux-là ? Quelles différences y a-t-il selon les marques et les types de pièges ?

Protocole de piégeage :

- Quel est votre protocole d'intervention pour réaliser du piégeage en situation d'urgence (nombre de pièges, durée de piégeage, surface d'intervention, positionnement des pièges...) ?
- Quels sont les résultats que vous avez obtenus ?
- Comment évaluez-vous l'acceptabilité des populations au moment de l'intervention ?
- Sur quelles bases (références scientifiques, résultats opérationnels) vous appuyez-vous pour établir votre protocole ?
- Avez-vous des projets de recherche (réalisés ou en cours) pour améliorer la stratégie de piégeage ?

Efficacité des pièges :

- Avez-vous testé l'efficacité intrinsèque de différents types de piège ? si oui, avez-vous des données ? Lesquelles ? sont-elles publiées ou communicables ?
- Quel est votre protocole pour évaluer l'efficacité des pièges ? Quels sont les indicateurs suivis pour l'évaluer ?
- Quelles sont les différences d'efficacité entre les pièges pour adultes et les pièges pondoires ?
- Existe-t-il des différences d'efficacité en fonction des espèces de moustiques ? Lesquelles ?
- Quels sont vos besoins en termes d'expertise pour vous aider à élaborer un protocole de piégeage et/ou pour tester l'efficacité des pièges ?

Annexe 4 : Propositions à destination des opérateurs pour établir un protocole d'intervention avec pièges autour de cas s'il n'est pas possible de traiter avec adulecticides

Délais d'intervention : comme pour les autres modalités d'intervention, les délais d'installation des pièges doivent être les plus courts possible (ce paramètre étant déterminant quant à l'efficacité globale de l'intervention).

Combinaison de pièges :

- pour lutter contre *Ae. albopictus*, utiliser des pièges à femelles en recherche d'hôte (avec CO₂) en extérieur, en combinaison avec un déploiement massif de pièges à femelles gravides en extérieur ;
- pour lutter contre *Ae. aegypti*, utiliser des pièges à femelles en recherche d'hôte (avec attractant mais sans CO₂) à l'intérieur et à l'extérieur (avec CO₂), en combinaison avec des pièges à femelles gravides à l'extérieur.

Couverture : la couverture doit être aussi dense et large que possible, incluant *a minima* la zone d'exclusion, et si possible le périmètre rapproché (*i.e.* 50 m de rayon) :

- une densité supérieure à 1 piège/maison (selon les pièges, la taille des jardins et la végétation) ;
- une couverture (% des maisons traitées) supérieure à 80 % (WHO 2018) (car la réduction de densité de moustiques est d'autant plus importante que la couverture est grande).

Durée de piégeage : la durée de piégeage doit être de 45 jours minimum après la date de début des signes du dernier cas humain déclaré (cette durée correspond à la durée moyenne de deux cycles de transmission du virus depuis le repas infectant du moustique *Aedes* jusqu'à la fin de la virémie chez l'Homme).

Remarques : ces propositions doivent être testées dans le cadre d'une étude pilote associant opérateurs et équipes de recherche.

Annexe 5 : Liste de fabricants et/ou distributeurs de pièges à moustiques adultes utilisant du CO₂

Fabricant et/ou distributeurs	Pièges
ACTIVA S.r.l. (www.no-flyzone.net)	Activa Acti Power Trap MT 250 Plus
American Biophysics Corporation (North Kingstown, RI), currently owned by Woodstream Corporation, Lititz, PA, USA	Mosquito Magnet Liberty™ trap Mosquito Magnet® Liberty Plus Mosquito Magnet™ Professional trap Mosquito Magnet Patriot Mosquito Magnet-X (MM-X) Counterflow geometry trap (CFG) American Biophysics Corporation Standard professional light (ABC-PRO)
Biogents, Regensburg, Germany	BG-Bowl trap BG-Eisenhans de Luxe trap BG-MosquitaireCO ₂ BG-Mosquitito (BGM) BG-Sentinel 2 prototype (BGS2P) BG-Sentinel prototype (BGSP) BG-Sentinel trap (BGS) BG-Suna trap
BioQuip, Rancho Dominguez, CA, USA	CDC miniature light trap Encephalitis Vector Surveillance light trap
BioSensory, Inc., Willimantic, CT, USA	Dragonfly Biting Insect Trap 500-cc
Blue Rhinot, Winston Salem, NC, USA	Skeeter-Vac SV3100
Clarke Mosquito Control, Inc., Roselle, IL, USA	CDC light trap
Coleman Co., Inc., Wichita, KS, USA	Mosquito Deleto™
Dynamic Solutions Worldwide LLC, Milwaukee, WI, USA	Dynatrap DT2000XL
E-TND Co., Hanam, Gyeonggi-do of South Korea	Mos-Hole traps
HBM Distribution SAS, France	BioBelt Anti-Moustiques
ISCA Technologies, Riverside, CA, USA	Zumba Trap
John W. Hock, Gainesville, Florida, USA	CDC Fay-Prince CDC light trap CDC Omni-directional Fay-Prince (ODFP) CDC miniature light trap CDC Wilton trap (CDC-WT)
Koolatron, Ontario, Canada	Bite Shield Protector
Megacatch, Memphis, TN 38115, USA	ULTRA Mosquito Trap
Qista, Sénas, France	Techno Bam traps
Seoul Viosys Co., Ltd., Seoul, South Korea	MosClean UV LED

Remarque: Liste non exhaustive réalisée à partir des fabricants et/ou distributeurs de pièges utilisant une source de CO₂ et utilisés pour de la surveillance ou pour du contrôle.



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr