



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Sensibilité des Populations D'*Aedes Aegypti* des Zones Héveicoles de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire) aux Organophosphorés, aux Pyréthrinoides et au *Bacillus Thuringiensis Israelensis***

***Traore Issouf***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie  
Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences

***Coulibaly Zanakoungo Ibrahima***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

***Konan Yao Lucien***

Institut National d'Hygiène Publique, Service de Paludologie, Côte d'Ivoire

***Allali Kouadio Bernard***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

***Yapi Ahoua***

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire

***Mireille Dosso***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p31](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p31)

Submitted: 16 January 2022

Accepted: 05 August 2022

Published: 31 August 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Issouf T., Ibrahima C.Z., Lucien K.Y., Bernard A.K., Ahoua Y. & Dosso M.(2022). *Sensibilité des Populations D'Aedes Aegypti des Zones Héveicoles de Dabou (Sud de la Côte D'ivoire) aux Organophosphorés, aux Pyréthrinoides et au Bacillus Thuringiensis Israelensis.*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 31.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p31>

## **Résumé**

L'expansion de l'hévéaculture entraîne une forte modification de l'environnement en Côte d'Ivoire. Aussi, plusieurs épidémies de dengue et de fièvre jaune dues *Aedes aegypti* ont récemment été observées en Côte d'Ivoire. Le profil de sensibilité aux insecticides d'*Aedes aegypti* dans ces zones d'agriculture de masse nécessitant une main d'œuvre importante est mal connu. Cette étude a établi le profil de sensibilité d'*Aedes aegypti* dans les zones de cultures d'hévéa de Dabou afin de mieux planifier les mesures de

lutte contre le vecteur majeur des d'arbovirus. Des larves d'*Aedes aegypti* ont été échantillonnées en janvier 2018 dans des plantations immatures et matures d'hévéa, ainsi que dans les villages environnants aux plantations d'hévéa dans le département de Dabou. Des tests larvicides (*Bacillus thuringiensis israelensis* et téméphos) et adulticides (chlorpyrifos-méthyl 0.8%, malathion 0,1% et Fenitrihion 0,1%, perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyhalothrine 0,05%) en tube sur les générations F1 ont été réalisés conformément aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les 3743 larves d'*Aedes aegypti* testées ont été toutes sensibles aux deux larvicides avec des  $LC_{50}$  comprises entre  $7.10^{-3}$  mg/L et  $9.10^{-3}$  mg/L pour le *Bacillus thuringiensis israelensis* et entre  $6,5.10^{-2}$  mg/L et  $1,2.10^{-1}$  mg/L pour le téméphos. Les  $LC_{95}$  respectives étaient comprises entre  $2,1.10^{-2}$  mg/L et  $2,4.10^{-2}$  mg/L et entre  $6,5.10^{-2}$  mg/L et  $1,2.10^{-1}$  mg/L. Aussi, 2400 *Aedes aegypti* adultes testés ont été tous sensibles aux organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl 0.8%, malathion 0,1% et fenitrihion 0,1%) avec des mortalités comprises entre 98% et 100% et aux pyréthriinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyhalothrine 0,05%) avec des mortalités de 100%. L'étude a montré que les populations immatures et adultes d'*Aedes aegypti* des plantations d'hévéa et les villages environnants de la zone d'étude étaient sensibles au *Bacillus thuringiensis israelensis*, aux organophosphorés et aux pyréthriinoïdes.

---

**Mots clés:** Arbovirus; *Aedes aegypti*; changement environnemental anthropique; larvicides; adulticides

## **Evaluation of the susceptibility of *Aedes aegypti* populations in rubber plantations and surrounding villages in Dabou, southern Côte d'Ivoire**

***Traore Issouf***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie  
Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences

***Coulibaly Zanakoungo Ibrahima***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

***Konan Yao Lucien***

Institut National d'Hygiène Publique, Service de Paludologie, Côte d'Ivoire

***Allali Kouadio Bernard***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

***Yapi Ahoua***

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire

***Mireille Dosso***

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

---

### **Abstract**

The expansion of rubber cultivation is leading to a strong modification of the environment in Côte d'Ivoire. As a result, several outbreaks of dengue and yellow fever caused by *Aedes aegypti* have recently been observed in Côte d'Ivoire. The insecticide susceptibility profile of *Aedes aegypti* in these labour-intensive mass farming areas is poorly known. This study established the susceptibility profile of *Aedes aegypti* in the rubber growing areas of Dabou in order to better plan control measures against the major arbovirus vector. *Aedes aegypti* larvae were sampled in January 2018 in immature and mature rubber plantations, as well as in the villages surrounding the rubber plantations in the Dabou department. Larvicidal (*Bacillus thuringiensis israelensis* and temephos) and adulticidal (chlorpyrifos-methyl 0.8%, malathion 0.1% and Fenitrothion 0.1%, permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05%, lambda-cyhalothrin 0.05%) tube tests on F1 generations were carried out in accordance with the World Health Organization (WHO) guidelines. All 3743 *Aedes aegypti* larvae tested were sensitive to both larvicides with LC<sub>50</sub> ranging from 7.10<sup>-3</sup> mg/L to 9.10<sup>-3</sup> mg/L for *Bacillus thuringiensis israelensis* and from 6.5.10<sup>-2</sup> mg/L to 1.2.10<sup>-1</sup> mg/L for temephos. The respective LC<sub>95</sub> were between 2.1.10<sup>-2</sup> mg/L and 2.4.10<sup>-2</sup> mg/L and between 6.5.10<sup>-2</sup> mg/L and 1.2.10<sup>-1</sup> mg/L. Also, 2400 adult *Aedes aegypti* tested were all sensitive to organophosphates (chlorpyrifos-methyl 0.8%, malathion 0.1% and fenitrothion 0.1%) with mortalities between 98% and 100% and to pyrethroids

(permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05%, lambda-cyhalothrin 0.05%) with mortalities of 100%. The study showed that immature and adult populations of *Aedes aegypti* in rubber plantations and surrounding villages in the study area were susceptible to *Bacillus thuringiensis israelensis*, organophosphates and pyrethroids.

---

**Keywords:** Arbovirus; *Aedes aegypti*; anthropogenic environmental change; larvicides; adulticides

## Introduction

Les épidémies d'arboviroses, notamment la fièvre jaune et la dengue sévissant en Afrique occidentale et Amérique du Sud ont attiré l'attention des responsables de santé publique d'une façon dramatique sur l'importance médicale que pouvait encore avoir *Aedes aegypti* en cette partie du monde. En Afrique de l'Ouest, les récentes épidémies de dengue, de fièvre jaune et Chikungunya ont été attribuées à *Aedes aegypti* (Fontenille, 2003), le vecteur le plus actif et le plus invasif sous les tropiques (Serrato et al. 2017 ; Ngugi et al. 2017). Au cours des deux dernières décennies, plusieurs cas de dengue et de fièvres jaunes ont été signalés dans différentes régions de Côte d'Ivoire (L'Azou et al. 2015 ; Brady et al. 2012), et l'espèce *Aedes aegypti* a été identifiée comme le principal vecteur (L'Azou et al. 2015 ; Bajjou et al. 2018). Suite à ces épidémies, plusieurs enquêtes entomologiques dans la ville d'Abidjan et l'intérieur du pays ont révélé la prédominance d'*Aedes aegypti* (Coulibaly 2015 ; Guindo 2012). Certaines études ont également mis en évidence l'augmentation de la circulation du virus de la fièvre jaune et de plusieurs sérotypes de dengue dans les populations humaines et dans les moustiques du genre *Aedes* (L'Azou et al., 2015). Aussi, une récente étude menée en Côte d'Ivoire par Konan et al.,(2021) a révélé que des populations d'*Aedes aegypti* étaient résistantes à des organophosphorés et des pyréthrinoïdes. Ces données ont montré que les risques d'épidémie de dengue et de fièvre jaune, et de résistance du vecteur *Aedes aegypti* restent élevés en Côte d'Ivoire, comme on a pu le constater récemment avec la double épidémie de dengue et de fièvre jaune à Abidjan en 2019.

De plus en plus d'études montrent que les modifications de l'environnement sont un facteur important des maladies à transmission vectorielle (Golding et al. 2015 ; Patz et al. 2004). Il s'agit notamment de changements environnementaux tels que la modification de l'habitat de la faune sauvage, la disponibilité des eaux de surface, les terres agricoles, l'urbanisation accompagnée de migrations humaines et le changement climatique. Ces changements peuvent augmenter le nombre de sites de reproduction des vecteurs, accroître la distribution des hôtes et des vecteurs, augmenter l'interaction des hôtes avec les vecteurs et modifier la biodiversité

(Patz et al. 2008 ; Rochlin et al. 2011 ; Golding et al. 2015 ; Parham et al. 2015). Les changements environnementaux peuvent également avoir un impact indirect sur la dynamique des maladies à transmission vectorielle. Par exemple, les insecticides et les herbicides sont souvent utilisés sur les terres agricoles. L'utilisation de ces produits chimiques augmente la pression sélective sur les populations locales de moustiques. Il en résulte un taux plus élevé de développement de la résistance. Une fois que la résistance aux insecticides est établie dans la population de vecteurs, il est plus difficile de contrôler les vecteurs en utilisant ces insecticides.

Tous ces résultats confirment l'impact amplificateur de certaines cultures telle que l'hévéa sur la population d'*Aedes*, notamment les vecteurs *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, et de ce fait, l'augmentation potentielle du risque de transmission des arbovirus dans les zones cultivées.

Au cours des deux dernières décennies, les zones forestières de Côte d'Ivoire ont connu des changements majeurs en faveur de l'expansion de la culture du caoutchouc. Les superficies plantées sont passées de 318 000 hectares en 2010 à 650 000 hectares en 2018 (APROMAC, 2019), soit une augmentation de plus de 40 000 hectares par an. Cette expansion de l'hévéaculture crée des conditions favorables à l'implantation et la multiplication des vecteurs d'arbovirus.

En l'absence de traitement spécifique et de vaccin contre la plupart des agents infectieux transmis par les culicidés, la lutte anti-vectorielle reste le moyen capital de prévention. Toutefois, pour réussir une lutte anti-vectorielle contre les culicidés, celle-ci doit être adaptée et ciblée contre le vecteur. En Côte d'Ivoire la lutte anti-vectorielle est basée sur l'élimination des gîtes larvaires (vieux pneus, canaris, pots de fleur, objets abandonnés...) et la lutte contre les moustiques adultes (pulvérisation intra et extra domiciliaire, dormir sous moustiquaire imprégnée d'insecticide, mettre des grilles anti moustiques aux portes et fenêtres des maisons). Cependant, on note une pénurie d'information sur la sensibilité du vecteur principal (*Aedes aegypti*) aux insecticides dans les zones cultivées, notamment les zones hévéicoles, où le risque potentiel de transmission d'arbovirus semble être élevé. Le choix de la zone d'étude a été motivée par le fait qu'elle soit totalement entourée de plantations d'hévéa et que l'hévéaculture soit l'activité prédominante de ces populations. Le choix des plantations d'hévéa à différent âge (mature et immature) est soutenu par le fait que les pesticides (herbicides) sont censés être utilisés dans les plantations d'hévéa matures et non dans les plantations immatures. De même, des insecticides peuvent être utilisés dans les villages entourés de plantations d'hévéa (Pulvérisation intra-domiciliaire et Moustiquaire Imprégnée). Ainsi, en fonction des sites, la sensibilité des populations d'*Aedes aegypti* pourrait être influencée différemment.

Cette étude est une contribution à la base de données sur la sensibilité aux insecticides des moustiques vecteurs d'arbovirus en zone rurale de Côte d'Ivoire. Elle a pour objective de déterminer le profil de sensibilité aux insecticides des populations d'*Aedes aegypti* dans les zones hévéicoles de Côte d'Ivoire.

## **1. Matériel et Méthodes**

### **1.1. Milieu d'étude**

Les travaux ont été réalisés dans le département de Dabou, situé à 5°18 de latitude Nord et 4°27 de longitude Ouest, avec une superficie de 2 257,8 km<sup>2</sup>. Dabou fait partie du domaine guinéen, caractérisé par la forêt dense humide. Il est situé à une quarantaine de kilomètres de la ville d'Abidjan, la capitale économique ivoirienne. La population de Dabou est estimée à plus de 884 300 âmes (I.N.S., 2015). Deux Sous-préfectures (Lopou et Toupah) sont rattachées à la ville de Dabou. La végétation est dominée par des plantations villageoises et industrielles d'hévéa. Quelques vieilles plantations de palmier à huile et de cacao sont présentes dans ce paysage dominé par l'hévéaculture. Le climat de la région de Dabou est de type subéquatorial, chaud et humide présentant une distribution bimodale marquée par quatre saisons : une grande saison des pluies d'avril à juillet et une petite saison des pluies de mi-septembre à novembre (Kouadio et al., 2003). Les deux saisons de pluies sont séparées par une grande saison sèche allant de décembre à mars et une petite saison sèche d'août à mi-septembre (Kouadio et al., 2003). Avec le dérèglement climatique, il n'est pas rare que des pluies viennent perturber la saison sèche. La moyenne pluviométrique annuelle se situe autour de 1 400 mm de pluie, avec des températures moyennes oscillant entre 25 et 26 °C (Kouadio et al., 2003). Les échantillons de moustiques testés provenaient du village de Kotokodji (5°26'193 Nord et 004°34'370 Ouest) et ses plantations d'hévéa environnantes.

### **1.2. Populations et souche de moustiques étudiées**

Les moustiques *Aedes aegypti* ont été échantillonnés au stade de larves ou de pupes dans trois habitats de la localité rurale de Kotokodji (Figure 1). Ces trois habitats ont été une plantation d'hévéa immature (jeunes plants d'hévéas non encore saignés, moins de 5 ans), une plantation d'hévéa mature (plants saignés depuis plus de 10 ans : arbres intensément taraudés) et un village entouré des plantations d'hévéas (kotokodji). Dans chacun des habitats échantillonnés, les stades immatures provenant de 5 à 10 gîtes larvaires ont été collectés, stockés dans des bocaux en plastiques et transférés à l'insectarium pour être élevés jusqu'au stade adulte. Après identification des adultes issus de la génération F<sub>0</sub>, les moustiques de l'espèce *Aedes aegypti* ont été regroupés par habitat et reproduits pour obtenir la génération F<sub>1</sub>. Les tests

biologiques ont été réalisés sur les larves de stade III-IV et les femelles adultes de 3 à 5 jours des *Aedes aegypti* de cette génération F1. Les élevages et les tests ont été réalisés dans les conditions d'insectarium (27°C +/- 2°C, humidité relative 80% +/- 10%). La souche de référence du Bénin (SBE).a été utilisée comme souche sensible de référence de l'étude.

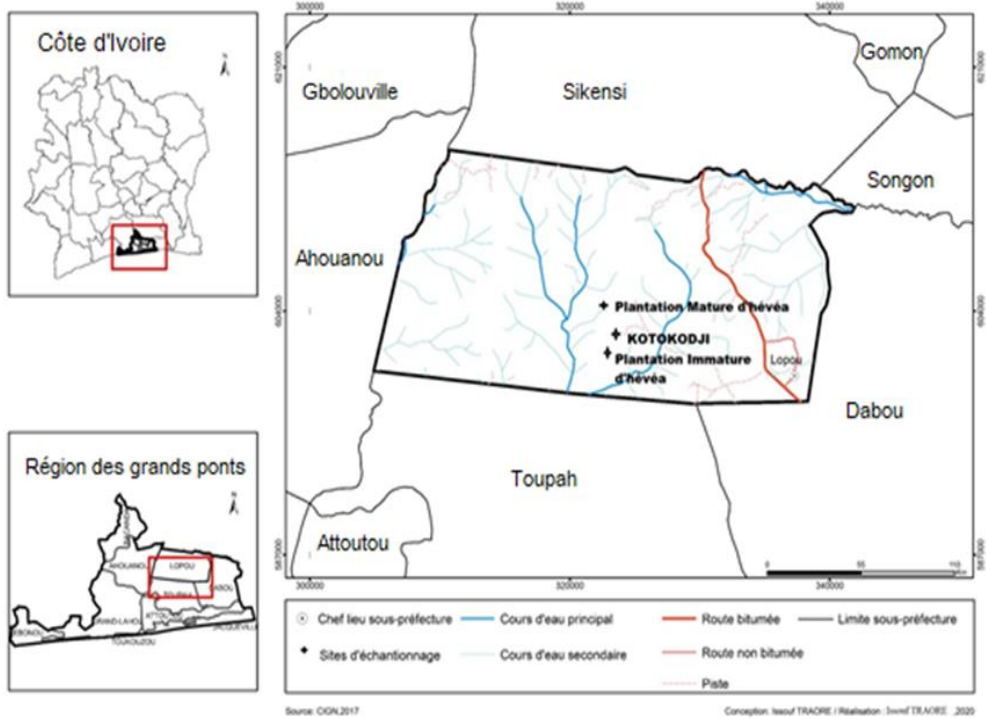


Figure 1 : Cartographie des sites d'échantillonnage

### 1.3. Tests larvicides

Le VectoBac WG (Valent Biosciences Corporation) constitué de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) et le Téméphos (Abate®) constitué d'un organophosphoré (97,3% : Sigma Aldrich-Pestanal°, Allemangne) ont été utilisés pour évaluer la sensibilité des larves selon le protocole de l'OMS, (2016). Une gamme de six (6) concentrations notamment 0,035 mg/L, 0,030 mg/L, 0,025 mg/L, 0,020 mg/L, 0,015 mg/L et 0,010 mg/L ont été utilisée pour le VectoBac. Quant au Téméphos, quatre concentrations dont 0.0625 mg/L, 0.0835 mg/L, 0.125 mg/L, 0.250 mg/L ont été les doses utilisées.

Pour chaque concentration, quatre lots de 25 larves de stade III et IV d'*Aedes aegypti* ont été placées dans des gobelets en plastique contenant 99 ml d'eau, et 1 ml de solution insecticide à la concentration requise a été ajouté. Chaque essai biologique par habitat comprenait un lot témoin qui recevait uniquement 1 ml d'éthanol pour le téméphos et 1 ml d'eau minérale pour le *Bti*. Les taux de mortalité ont été mesurés après des expositions de 24 heures

à l'insecticide. Les larves mortes ou moribondes ainsi que les nymphes ont été dénombrées.

#### **1.4. Tests adulticides**

Les tests se sont déroulés selon le protocole standard normalisé de l'OMS, (2016). Les paramètres à mesurer ont été les temps de Knock-down, ou temps nécessaire pour que 50 % (Tkd50) et 95 % (Tdk95) des moustiques soient assommés après une heure de contact avec un insecticide de concentration létale pour une souche sensible, et la mortalité observée 24 heures après l'exposition à l'insecticide. Trois populations d'*Aedes aegypti* ont été utilisées pour le test. Les échantillons ont été exposés à six d'insecticides, notamment des organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl 0,8%, malathion 0,1% et fenitrothion 0,1%) et des pyréthriinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyhalothrine 0,05%), fournis par University Sains Malaysia, Vector Control Research Unit (VCRU, USM).

Un effectif de 25 femelles non nourries âgées de 3 à 5 jours a été introduit dans un tube d'observation, tapissé d'un papier non imprégné d'insecticide. Pour chaque population et chaque insecticide, 4 réplicas (4 tubes de moustiques) ont été effectués. Par ailleurs, des tubes témoins (non exposés) ont été constitués pour chaque réplica. Après une heure d'observation, les moustiques ont été transférés dans un tube d'exposition tapissé d'un papier imprégné d'insecticide à la dose diagnostique. Pendant l'exposition d'une heure, les moustiques assommés (effet Knock Down= KD) ont été dénombrés toutes les 5 min pendant 20 min (5 -10 - 15 et 20 min), puis toutes les 10 min jusqu'à écoulement de l'heure (30 - 40 - 50 et 60 min). Après la période d'exposition, les moustiques ont été à nouveau transférés dans les tubes d'observation pour une durée de 24 heures. A la fin des 24 heures, le dénombrement des moustiques morts a été effectué.

#### **1.5. Analyses statistiques**

L'analyse et l'interprétation des résultats ont été faites selon la formule d'Abbott (1925) et les recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2017). Les données des tests de sensibilité ont été analysées à partir du logiciel de statistique XLSTAT version 2014. Pour chaque population de larves, les CL<sub>50</sub> et CL<sub>95</sub> (concentration létale pour 50 % et 95 % des larves) ainsi que les intervalles de confiance ont été estimées. Les temps d'abattement des moustiques (knock down times, KdT) à 50% (KdT<sub>50</sub>) et à 95% (KdT<sub>95</sub>) ont été déterminés. La Résistance Ratio (RR<sub>50</sub>) a été calculée en faisant le rapport des KdT<sub>50</sub> des différentes populations de moustiques avec le KdT<sub>50</sub> de la souche sensible.



## 2. Résultats

### 2.1. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti*

#### 2.1.1. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*)

Les résultats des bio-essais de 2171 larves d'*Aedes aegypti* vis-à-vis du *Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H14 (*Bti*) sont présentés dans le tableau I. Les valeurs de  $CL_{50}$  et  $CL_{95}$  ont été respectivement de  $7.10^{-3}$  mg/L et  $2,4.10^{-2}$  mg/L pour les échantillons d'*Aedes aegypti* de l'habitat village, de  $9.10^{-3}$  mg/L et  $2,1.10^{-2}$  mg/L pour ceux des Plantations matures et de  $9.10^{-3}$  mg/L et  $2,2.10^{-2}$  mg/L pour ceux issus des plantations immatures. Les valeurs  $RR_{50}$  et  $RR_{95}$  (Résistance Ratio) calculées par rapport à la souche sensible « SBE » ont été de 1,40 ; de 1,80 et de 1,80 pour la  $RR_{50}$  et de 1,85 ; de 1,62 et de 1,69 pour la  $RR_{95}$  respectivement dans les villages, les plantations matures et les plantations immatures d'hévéa. Ces valeurs sont inférieures à 2 ce qui indiquent que toutes les populations d'*Aedes aegypti* testées sont sensibles au *Bacillus thuringiensis israelensis*. L'analyse des résultats a montré que les valeurs  $RR_{50}$  et  $RR_{95}$  ne sont pas significativement différentes d'un habitat à un autre ( $CL_{50}$  :  $F=4,5$   $p=0,316$  ;  $CL_{95}$  :  $F=31,2$   $P=0,123$ ).

#### 2.1.2. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au Théméphos

La sensibilité de 1572 larves d'*Aedes aegypti* vis-vis du Théméphos est exposée dans le tableau II. Les valeurs de  $LC_{50}$  et  $LC_{95}$  ont été respectivement  $1,7.10^{-2}$  mg/L et  $6,5.10^{-2}$  mg/L pour les larves provenant des villages, de  $1,9.10^{-2}$  mg/L et  $1,22.10^{-1}$  mg/L pour celles des plantations matures et de  $2,10.10^{-2}$  mg/ml et de  $1,21.10^{-1}$  mg/ml pour celles des plantations immatures. Les valeurs  $RR_{50}$  ont été 1,55 ; 1,73 et 1,91 et celles des  $RR_{95}$  étaient de 0,98 ; 1,85 et 1,83 respectivement dans les villages, les plantations matures et les plantations immatures. Ces valeurs indiquent que les populations larvaires d'*Aedes aegypti* provenant des trois types d'habitats ont été sensible vis-à-vis du téméphos. L'analyse statistique a montré que les différences entre les  $LC_{50}$  des populations pré-imagos d'*Aedes aegypti* des différents habitats ne sont pas significatives ( $F=13,5$  ;  $P=0,189$ ), par contre les  $LC_{95}$  sont significativement différentes ( $F=3136,5$  ;  $P=0,013$ ). Ainsi, la population issue du village qui a la plus petite valeur  $CL_{95}$  serait plus sensible au téméphos que les populations des plantations immatures et des plantations matures.

**Tableau I:** Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* aux *Bacillus thuringensis israelensis (Bti)*

Souches	LC <sub>50</sub> (mg/L) (IC 95)	LC <sub>95</sub> (mg/L) (IC 95)	RR <sub>50</sub>	RR <sub>95</sub>	N
<b>Sensible SBE</b>	0,005 (0,002 - 0,007)	0,013 (0,011 - 0,016)	-	-	374
<b>Village</b>	0,007 (0,006 - 0,009)	0,024 (0,021 - 0,029)	1,40	1,85	601
<b>Plantation Mature</b>	0,009 (0,006 - 0,013)	0,021 (0,020 - 0,022)	1,80	1,62	601
<b>Plantation Immature</b>	0,009 (0,007 - 0,015)	0,022 (0,021 - 0,032)	1,80	1,69	595

**Tableau II:** Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au Théméphos

Souches	LC <sub>50</sub> (mg/L) (IC 95)	LC <sub>95</sub> (mg/L) (IC 95)	RR <sub>50</sub>	RR <sub>95</sub>	N
<b>Sensible SBE</b>	0,011 (0,001 - 0,030)	0,066 (0,006 - 0,089)			371
<b>Village</b>	0,017 (0,001 - 0,038)	0,065 (0,010 - 0,077)	1,55	0,98	401
<b>Plantation Mature</b>	0,019 (0,016 - 0,040)	0,122 (0,102 - 0,174)	1,73	1,85	403
<b>Plantation Immature</b>	0,021 (0,020 - 0,053)	0,121 (0,104 - 0,161)	1,91	1,83	398

## 2.2. Sensibilité des populations adultes d'*Aedes aegypti*

### 2.2.1. Mortalité des populations adultes d'*Aedes aegypti*

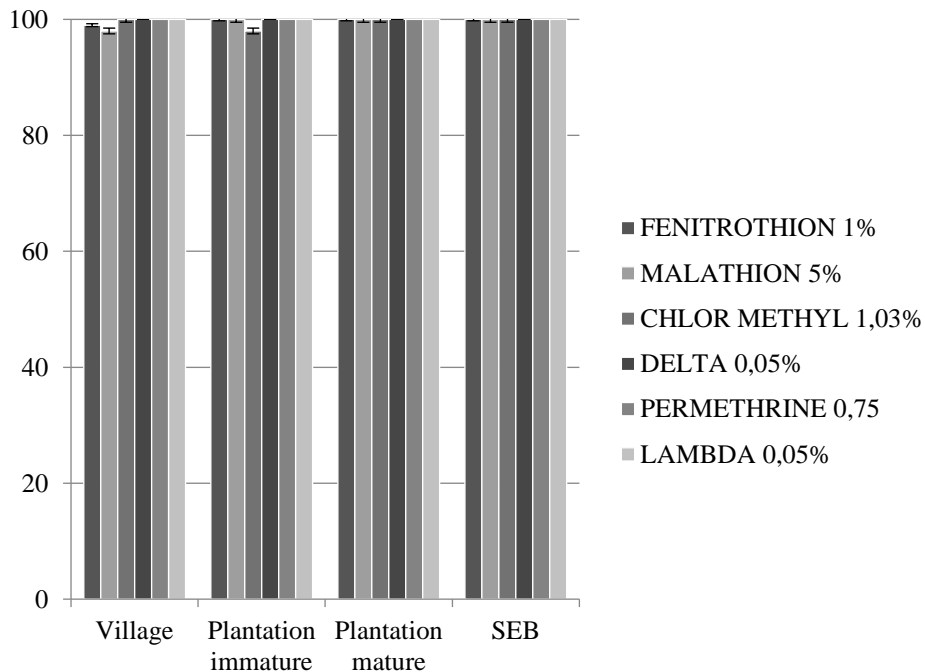
La souche de référence sensible d'*Aedes aegypti* " SBE " utilisée pour cette étude, a présenté une mortalité de 100% aux organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl 1,03%, malathion 5% et Fenitrihion 0,1%) et aux pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyhalothrine 0,05) (Figure 2).

Mille sept cent soixante-deux *Aedes aegypti* issues des plantations immatures d'hévéa, des plantations matures d'hévéa et des villages entourés de plantations d'hévéa ont fait preuve de sensibilité vis-à-vis des organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl 0,8%, malathion 0,1% et fenitrihion 0,1%) et des pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyhalothrine 0,05%) avec des taux de mortalité compris entre 98% et 100%.

### 2.2.2. Effet Knockdown des pyréthrinoïdes vis-à-vis des populations adultes d'*Aedes aegypti*

Les valeurs des différents temps d'abattement et des résistances ratio des échantillons provenant des villages, des plantations immatures et matures d'hévéa sont consignées dans le tableau III. Ces valeurs indiquent que les populations d'*Aedes aegypti* des trois habitats sont sensibles aux pyréthrinoïdes. L'analyse des résultats montre que les temps d'abattement sont significativement différents d'un d'insecticide à un autre (kdT<sub>50</sub> : F=14,4 P < 0,0001 ; KdT<sub>95</sub> : F=31,2 P < 0,0001). Parmi ces pyréthrinoïdes, les populations d'*Aedes aegypti* des villages ont été plus sensibles à la perméthrine, alors que celles des plantations immatures et matures d'hévéa étaient plus sensibles à la deltaméthrine. Cette sensibilité aux pyréthrinoïdes est confirmée par des

résistances ratio (RR<sub>50</sub> et RR<sub>95</sub>) calculée par rapport à la souche sensible *Aedes aegypti* " SEB " comprises entre 1,1 à 2,5 pour les RR<sub>50</sub> et entre 1,0 et 2,2 pour les RR<sub>95</sub>.



**Figure 2.** Mortalité observée après exposition des populations d'*Aedes aegypti* des villages entourés, des plantations immatures et matures d'hévéa

**Tableau III.** Temps d'abattements ou knock-down times (kdT50 et kdT95) d'*Aedes aegypti* aux insecticides

Populations	Insecticides	KdT <sub>50</sub> (IC à 95%)	KdT <sub>95</sub> (IC à 95%)	RR <sub>50</sub>	RR <sub>95</sub>	N
Sensible SEB	Permethrine 0,75%	9,8 (9,2 - 10,4)	17,3 (15,9 - 19,3)	-	-	100
	Deltaméthrine 0,05%	12,8 (12,1 - 13,5)	21,2 (19,6 - 23,4)	-	-	101
	Lambdacyalothrine 0,05%	21,9 (20,8 - 23,0)	39,3 (36,4 - 43,2)	-	-	99
Sauvage village	Permethrine 0,75%	25,1 (24,1 - 26,1)	36,1 (34,0 - 39,0)	2,5	2	99
	Deltaméthrine 0,05%	32,3 (31,0 - 33,6)	47,2 (44,7 - 50,7)	2,5	2,2	92
	Lambdacyalothrine 0,05%	26,6 (25,5 - 27,8)	39,3 (37 - 42;4)	1,2	1	94
Sauvage plantation immature	Permethrine 0,75%	19,5 (18,8 - 20,4)	28,6 (26,8 - 31,3)	1,9	1,6	99
	Deltaméthrine 0,05%	17 (16,0 - 17,9)	31,5 (29 - 34,8)	1,3	1,5	99
	Lambdacyalothrine 0,05%	28,8 (27,5 - 30,2)	47,5 (44,5 - 51,4)	1,3	1,2	97
Sauvage plantation mature	Permethrine 0,75%	20,9 (20,1 - 21,7)	29,4 (27,6 - 32)	2,1	1,7	99
	Deltaméthrine 0,05%	19,1(18,3 - 20,4)	28,3(26,4 - 31,1)	1,5	1,3	101
	Lambdacyalothrine 0,05%	29,5 (28,3 - 30,8)	44,6(42,1 - 47,9)	1,4	1,1	101

### 3. Discussion

L'hévéaculture est un secteur dynamique en pleine expansion en Côte d'Ivoire avec 650 000 hectares de superficies plantées (Association des Professionnels du Caoutchouc Naturel de Côte d'Ivoire (APROMAC), 2019)). Cependant, ces plantations s'avèrent être des habitats favorables pour le développement des stades larvaires des moustiques et pour le maintien des moustiques adultes, notamment le vecteur *Aedes aegypti* (Tangena et al., 2017). *Aedes aegypti* a été le vecteur majeur des arbovirus responsables des récentes crises d'épidémies de dengue et de fièvre jaune survenues en la Côte d'Ivoire (Fofana et al., 2019). Le contrôle de ce vecteur dans ce nouvel écosystème est essentiel pour y prévenir la transmission de ces maladies. Or, le manque de données sur la sensibilité des moustiques aux insecticides est un facteur limitant du succès des programmes de lutte anti-vectorielle. Ainsi, cette étude a été menée dans le but de déterminer le profil de sensibilité des populations larvaires et adultes de ce vecteur dans les zones hévéicoles de Dabou vis-à-vis de deux larvicides (*Bacillus thuringiensis israelensis* et le Téméphos) et de six adulticides usuels (chlorpyrifos-méthyl, malathion; Fenitrothion, perméthrine, deltaméthrine et lambdacyhalothrine).

Les résultats de ces travaux montrent que les échantillons d'*Aedes aegypti* des plantations d'hévéa (matures et immatures) et des villages environnants sont sensibles au *Bti* et au téméphos. Aucune perte de sensibilité au *Bti* n'a encore été rapportée à ce jour chez *Aedes Aegypti* en Afrique de l'Ouest (Kamgang et al., 2011). Par ailleurs, des résistances au *Bti* ont été rapportées chez *Culex pipiens* aux USA (Paul et al., 2005) et une suspicion de résistance pour *Aedes rusticus* en France (Paris et al., 2011). Le téméphos représente le larvicide le plus utilisé à travers le monde pour le contrôle d'*Aedes aegypti*. Des résistances à cet organophosphoré ont été rapportées à de nombreuses reprises en Asie (Chareonviriyahpap et al. 1999 ; Paeporn et al. 2004 ; Polson et al. 2001 ; Chen et al. 2005 ; Tantely et al. 2016) et en Amérique du Sud ((Macoris et al. 2003 ; Albrieu Llinás et al. 2010 ; Melo-Santos et al. 2010)) chez *Ae. aegypti*, et en Malaisie (Nazni et al. 2000) et en Thaïlande (Ponlawat et al., 2005) chez *Ae. Albopictus*. En Côte d'Ivoire, le traitement spécifique des gîtes larvaires des *Aedes aegypti* par les larvicides est extrêmement limité voire inexistant ce qui peut expliquer les bons niveaux de sensibilité observés au cours de cette étude. Au-delà de ces résistances au téméphos remarquées sous d'autres continents, ces travaux ainsi que ceux Kamgang et al. (2020) ont démontrés que des populations d'*Aedes aegypti* de nombreuses zones d'Afrique restent encore sensibles au téméphos.

Les populations adultes d'*Aedes aegypti* des différents habitats de l'étude se sont avérées sensibles aux pyréthriinoïdes (perméthrine, deltaméthrine et lambdacyhalothrine) et organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl, malathion et fenitrothion) après une heure de contact avec les papiers

imprégnés d'insecticide. Les valeurs des  $RR_{50}$  et  $RR_{95}$  ont été inférieures 2,6 pour ces deux familles d'insecticides à l'égard des populations sauvages d'*Aedes aegypti* des différents habitats. Selon Valles et al. (1997), une population est considérée résistante si le  $RR_{50}$  est  $> 10$ . Ainsi, ces résultats suggèrent une bonne sensibilité à ces deux familles d'insecticides pour les populations d'*Aedes aegypti* des plantations d'hévéa et des villages environnants. Aussi, cette sensibilité est confirmée par les taux de mortalités compris entre 98% et 100% pour les populations issues des plantations d'hévéa (immatures et matures) et des villages. Ceci pourrait s'expliquer d'une part par le fait que ces zones rurales échappent aux nombreuses campagnes de démoustication à base de pyréthriinoïdes susceptibles d'induire des résistances. Et d'autre part, par le fait que la culture de l'hévéa nécessite peu d'intrant chimique susceptible d'induire des résistances. Bien que de nombreuses résistances aux pyréthriinoïdes et organophosphorés aient été rapportées sur des populations d'*Aedes aegypti* (Anges et al. 2018 ; Ruaux 2018 ; Goindin 2016;), les populations d'*Aedes aegypti* testées dans cette étude n'ont montré aucune résistance. En effet, des travaux réalisés en Côte d'Ivoire en zone urbaine (Konan et al., 2021) et au Bénin en zone rurale (Anges et al., 2018) ont mis en évidence la résistance d'*Aedes aegypti* aux pyréthriinoïdes et aux organophosphorés. Cette résistance observée au Bénin serait due, à l'utilisation non contrôlée de pesticides chimiques de la part des paysans pour lutter contre les ravageurs des cultures de maïs (Yadouleton et al., 2018). Quant à la résistance en zone urbaine, elle a été attribuée aux polluants déversés dans les eaux de surface par les industrielles et les ménages et à l'utilisation non contrôlée des insecticides à usage domestique. La sensibilité obtenue dans cette étude pourrait s'expliquer par le fait que l'hévéaculture dans cette zone nécessite peu de pesticides agricoles et qu'elle échappe pour l'instant aux facteurs responsables de la résistance dans les zones urbaines. La mesure du temps d'abattement (kd) permet la hiérarchisation de la résistance par rapport aux insecticides et aux sites d'étude (Chandre et al., 1999). En considérant les insecticides, on a observé que les populations d'*Aedes aegypti* présentaient un niveau de sensibilité plus élevé aux pyréthriinoïdes qu'aux organophosphorés. De plus, bien que les temps de kd des pyréthriinoïdes testés ne diffèrent pas significativement selon les habitats, les temps de kd les plus faibles des populations d'*Aedes aegypti* des villages ont été observés vis-à-vis de la perméthrine tandis que ceux des plantations d'hévéa (mature et immature) étaient dus à la deltaméthrine. Cette observation permet d'affirmer que la deltaméthrine est l'insecticide le mieux indiqué pour une éventuelle lutte anti-vectorielle dans ces plantations d'hévéa, car elle conserve encore une efficacité en terme d'effet Kd et létal vis-à-vis de ce vecteur.

L'ensemble de ces résultats, aussi bien au niveau des larvicides que des adulticides, démontre que cette zone où le risque de transmission d'arbovirus semble être élevé ne connaît pas de phénomène de résistance pour l'instant. Ainsi, ces données sont un atout pour le succès de la lutte contre le vecteur majeur d'arbovirus dans ces zones hévéciales.

## Conclusion

Les résultats des tests de sensibilité ont permis d'établir le profil de sensibilité des populations larvaires et adultes d'*Aedes aegypti* des plantations hévées (matures et immatures) et leurs villages environnant dans la sous-préfecture de Lopou. Ainsi, ces résultats ont montré que les populations larvaires d'*Aedes aegypti* étaient sensibles au *Bacillus thuringiensis israelensis* et au Théméphos. De même, les populations adultes se sont avérées sensibles à l'égard des pyréthriinoïdes (perméthrine, deltaméthrine et lambdacyhalothrine) et des organophosphorés (chlorpyrifos-méthyl, malathion; Fenitrothion). Ces résultats sont un atout majeur pour le contrôle de vecteur dans les hévéciales de Dabou.

## References:

1. Albrieu L. G., Seccacini, E., Gardenal, C. N., & Licastro, S. (2010). *Current resistance status to temephos in Aedes aegypti from different regions of Argentina*. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 105(1), 113–116. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762010000100019>
2. Anges, Y., Jean-Robert, K., Christophe, C., Ramziyath, A., Carine, T., Achaz, A., Roland, T., & Lamine, B.-M. (2018). *Sensibilité des populations d' Aedes Aegypti vis-à-vis des organochlorés, pyréthriinoïdes et des carbamates dans la commune de Natitingou au Nord-Est du Bénin*. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(33), 134. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p134>
3. Association des Professionnels du Caoutchouc Naturel de Côte d'Ivoire (APROMAC). (2019). *No Title*. Koaci.Com. <https://www.goafricaonline.com/en/ci/71004%0A>
4. Bajjou, T., Akhouad, Y., Hilali, F., Elkochri, S., Laraqui, A., Touil, N., Lahlou Amine, I., Mahassine, F., & Sekhsokh, Y. (2018). *Dengue fever in Morocco: result of surveillance during the year 2017 and first imported cases*. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 6(3), 1029. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20180633>
5. Brady, O. J., Gething, P. W., Bhatt, S., Messina, J. P., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Moyes, C. L., Farlow, A. W., Scott, T. W., & Hay, S. I. (2012). *Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001760>

6. Chandre, F., Manguin, S., & Brengues, C. (1999). *Pyrethroid cross-resistance spectrum among populations of Anopheles*. April.
7. Chareonviriyahpap, T., Aum-aung, B., & Ratanatham, S. (1999). *Insecticide resistance in vectors*. In Southeast Asian J Trop Med Public Health (Vol. 30, Issue March). <http://www.thaiscience.info/Journals/Article/TMPH/10716614.pdf>
8. Chen, C. D., Nazni, W. A., Lee, H. L., & Sofian-Azirun, M. (2005). *Susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus to temephos in four study sites in Kuala Lumpur City Center and Selangor State, Malaysia*. Tropical Biomedicine, 22(2), 207–216.
9. Coulibaly, Z. I. (2015). *Evaluation du risque entomologique d'émergence du virus chikungunya dans le district d'abidjan (cote d'ivoire) de 2008 a 2010*. Thèse Doc. Univ. Nangui Abrogoua : 156 p.
10. Fofana, D., Beugré, J. M. V., Yao-Acapovi, G. L., & Lendzele, S. S. (2019). *Risk of dengue transmission in cocody (Abidjan, ivory coast)*. Journal of Parasitology Research, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4914137>
11. Fontenille, D. (2003). *Rapport Sur Le Controle Des Vecteurs Des Virus Dengue Dans Les Aeroports Et Aeronefs*. 33(0).
12. Goindin, D. (2016). *Etude des résistances aux insecticides et des réponses biologiques aux changements climatiques du moustique Aedes aegypti, vecteur de la Dengue, du Chikungunya et du Zika en Guadeloupe*. 228.
13. Golding, N., Nunn, M. A., & Purse, B. V. (2015). *Identifying biotic interactions which drive the spatial distribution of a mosquito community*. Parasites & Vectors, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0915-1>
14. Guindo, C. N. E. (2012). *Biologie,écologie et sensibilité aux insecticides de populations naturelle de formes larvaires marron et blanche de Aedes (stegomyia) aegypti LINNAEUS (1762), vecteur majeur de la fièvre jaune, en différents sites de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.
15. Institut National de statistique (I.N.S). (2015). *Result of the general population and housing census of Côte d'Ivoire in 2014*. WWW.ins.ci.
16. Kamgang, B., Marcombe, S., Chandre, F., Nchoutpouen, E., Nwane, P., Etang, J., Corbel, V., & Paupy, C. (2011). *Insecticide susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus in Central Africa*. Parasites and Vectors, 4(1), 79. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-79>
17. Kamgang, B., Wilson-Bahun, T. A., Yougang, A. P., Lenga, A., & Wondji, C. S. (2020). *Contrasting resistance patterns to type I and II pyrethroids in two major arbovirus vectors Aedes aegypti and Aedes*

- albopictus in the Republic of the Congo, Central Africa. Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-0637-2>
18. Konan, L. Y., Oumbouke, W. A., Silué, U. G., Coulibaly, I. Z., Ziogba, J. C. T., N'Guessan, R. K., Coulibaly, D., Bénié, J. B. V., & Lenhart, A. (2021). *Insecticide Resistance Patterns and Mechanisms in Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Populations across Abidjan, Côte d'Ivoire Reveal Emergent Pyrethroid Resistance*. *Journal of Medical Entomology*, 58(4), 1808–1816. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab045>
  19. Kouadio, Y. K., Ochou, D. A., & Servain, J. (2003). *Tropical Atlantic and rainfall variability in Côte d'Ivoire*. *Geophysical Research Letters*, 30(5), 3–6. <https://doi.org/10.1029/2002GL015290>
  20. L'Azou, M., Succo, T., Kamagaté, M., Ouattara, A., Gilbertnair, E., Adjogoua, E., & Luxemburger, C. (2015). *Dengue: Etiology of acute febrile illness in Abidjan, Côte d'Ivoire, in 2011-2012*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109(11), 717–722. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trv076>
  21. Macoris, M. D. L. G., Andrighetti, M. T. M., Takaku, L., Glasser, C. M., Garbeloto, V. C., & Bracco, J. E. (2003). *Resistance of Aedes aegypti from the State of São Paulo, Brazil, to Organophosphates Insecticides*. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(5), 703–708. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000500020>
  22. Melo-Santos, M. A. V., Varjal-Melo, J. J. M., Araújo, A. P., Gomes, T. C. S., Paiva, M. H. S., Regis, L. N., Furtado, A. F., Magalhaes, T., Macoris, M. L. G., Andrighetti, M. T. M., & Ayres, C. F. J. (2010). *Resistance to the organophosphate temephos: Mechanisms, evolution and reversion in an Aedes aegypti laboratory strain from Brazil*. *Acta Tropica*, 113(2), 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.10.015>
  23. Nazni, W. A., Kamaludin, M. Y, Lee, H. L, T. Rogayah, T. A. R, Sa'diyah, I. (2000). *Oxidase activity in relation to insecticide resistance in vectors of public health importance*. *Tropical Biomedicine*, Vol.17 No.(ref.17), pp.69-79.
  24. Ngugi, H. N., Mutuku, F. M., Ndenga, B. A., Musunzaji, P. S., Mbakaya, J. O., Aswani, P., Irungu, L. W., Mukoko, D., Vulule, J., Kitron, U., & LaBeaud, A. D. (2017). *Characterization and productivity profiles of Aedes aegypti (L.) breeding habitats across rural and urban landscapes in western and coastal Kenya*. *Parasites and Vectors*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2271-9>
  25. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2016). *Surveillance et gestion de la résistance aux insecticides dans les populations de moustiques Aedes*. Who, 16(10665), 7.



- <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204588>
26. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2017). *Stratégie mondiale pour l'élimination des épidémies de fièvre jaune*.
  27. Paeporn, P., Komalamisra, N., & Eshita, Y. (2004). *Temephos resistance in two forms of aedes aegypti and its significance for the resistance mechanism*. The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health · January 2004
  28. Parham, P. E., Waldock, J., Christophides, G. K., Hemming, D., Agosto, F., Evans, K. J., Fefferman, N., Gaff, H., Gumel, A., Ladeau, S., Lenhart, S., Mickens, R. E., Naumova, E. N., Ostfeld, R. S., Ready, P. D., Thomas, M. B., Velasco-Hernandez, J., & Michael, E. (2015). *Climate, environmental and socio-economic change: Weighing up the balance in vector-borne disease transmission*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 370(1665), 1–17. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0551>
  29. Paris, M., Tetreau, G., Laurent, F., Lelu, M., Despres, L., & David, J. P. (2011). *Persistence of Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) in the environment induces resistance to multiple Bti toxins in mosquitoes*. Pest Management Science, 67(1), 122–128. <https://doi.org/10.1002/ps.2046>
  30. Patz, J. A., Daszak, P., Tabor, G. M., Aguirre, A. A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N. D., Kilpatrick, A. M., Fofopoulos, J., Molyneux, D., Bradley, D. J., Amerasinghe, F. P., Ashford, R. W., Barthelemy, D., Bos, R., Bradley, D. J., Buck, A., Butler, C., Chivian, E. S., ... Zakarov, V. (2004). *Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence*. Environmental Health Perspectives, 112(10), 1092–1098. <https://doi.org/10.1289/ehp.6877>
  31. Patz, J. A., Olson, S. H., Uejio, C. K., & Gibbs, H. K. (2008). *Disease Emergence from Global Climate and Land Use Change*. Medical Clinics of North America, 92(6), 1473–1491. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2008.07.007>
  32. Paul, A., Harrington, L. C., Zhang, L., & Scott, J. G. (2005). *Insecticide resistance in Culex pipiens from New York*. Journal of the American Mosquito Control Association, 21(3), 305–309. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[305:IRICPF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[305:IRICPF]2.0.CO;2)
  33. Polson, K. a, Curtis, C., Seng, C. M., Olson, J. G., & Rawlins, S. C. (2001). *Susceptibility of Two Cambodian Populations of Aedes aegypti Mosquito Larvae to Temephos During 2001*. Dengue Bulletin, 25, 79–84.
  34. Ponlawat, A., Scott, J. G., & Harrington, L. C. (2005). *Insecticide susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus across Thailand*.

- Journal of Medical Entomology, 42(5), 821–825.  
<https://doi.org/10.1093/jmedent/42.5.821>
35. Rochlin, I., Turbow, D., Gomez, F., Ninivaggi, D. V., & Campbell, S. R. (2011). *Predictive mapping of human risk for west nile virus (WNV) based on environmental and socioeconomic factors*. PLoS ONE, 6(8).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023280>
36. Ruaux, N. (2018). *Résistances et méthodes alternatives*. anses-01802740
37. Serrato, I. M., Caicedo, P. A., Orobio, Y., Lowenberger, C., & Ocampo, C. B. (2017). *Vector competence and innate immune responses to dengue virus infection in selected laboratory and field-collected Stegomyia aegypti (= Aedes aegypti)*. Medical and Veterinary Entomology, 31(3), 312–319.  
<https://doi.org/10.1111/mve.12237>
38. Tangena, J.-A. A., Thammavong, P., Wilson, A. L., Brey, P. T., & Lindsay, S. W. (2017). *Risk and Control of Mosquito-Borne Diseases in Southeast Asian Rubber Plantations*. Trends in Parasitology, 32(5), 402–415. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.01.009>
39. Tantely, M. L., Le Goff, G., Boyer, S., Fontenille, D. (2016). *An updated checklist of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Madagascar*. Parasite, 23(), 20–. doi:10.1051/parasite/2016018
40. Valles, S. M., Koehler, P. G., & Brenner, R. J. (1997). *Antagonism of Fipronil Toxicity by Piperonyl Butoxide and S,S,S-Tributyl Phosphorotrithioate in the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae)*. Journal of Economic Entomology, 90(5), 1254–1258.  
<https://doi.org/10.1093/jee/90.5.1254>
41. Yadouleton, A., Tchiboza, C., Azondekon, R., Ahissou, F., Houndeton, G., Sidick, A., Gbaguidi, F., & Akogbeto, M. (2018). *Pyrethroid resistance in Aedes aegypti populations in southern Benin, West Africa*. International Journal of Mosquito Research, 5(3), 17–20.