

# Évaluation des facteurs de risque entomologique de transmission de la maladie arbovirale sur le territoire français des îles Wallis et Futuna

Elodie Calvez, Nicolas Pocquet, Atoloto Malau, Sosiasi Kilama, Alefosio Taugamoa, Didier Labrousse, Philippe Boussès, Anna-Bella Failloux, Myrielle Dupont-Rouzeyrol, Françoise Mathieu-Daudé

Publié: 13 mai 2020 • <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250>

## Abstrait

### Contexte

Le territoire français d'outre-mer des îles Wallis et Futuna a été touché par plusieurs épidémies de dengue. *Aedes polynesiensis* est le principal moustique vecteur décrit sur ce territoire. D'autres espèces d'*Aedes* ont été signalées, mais des données entomologiques récentes manquent pour déduire la présence d'autres vecteurs potentiels d'arbovirus et évaluer les facteurs de risque entomologiques de transmission des maladies arbovirales.

### Méthodologie / Principaux résultats

Une étude prospective entomologique a été menée sur les trois îles principales du territoire pour déterminer la présence et la répartition d'*Aedes* spp. Des larves, des pupes et des moustiques adultes ont été collectés à partir de 54 points d'échantillonnage dans différents environnements, avec un échantillon final de 3747 stades immatures et 606 adultes. Les principaux sites de reproduction identifiés ont été décrits. *Ae. polynesiensis* a été trouvé dans chaque site échantillonné dans des habitats péri-domestiques et sauvages. *Ae. aegypti* n'a été trouvé sur l'île de Wallis que dans des environnements péri-domestiques de distribution limitée. Deux autres espèces d'*Aedes* endémiques du Pacifique ont été enregistrées, *Aedes oceanicus* et *Aedes futunae*. Pour évaluer la capacité de l'*Ae* local *. polynesiensis* pour transmettre le virus du chikungunya (CHIKV), deux populations de terrain ont été analysées pour la compétence vectorielle en utilisant une exposition orale expérimentale de femelles au CHIKV et des tests d'infection, de dissémination et de transmission. Les résultats ont montré que les deux populations d'*Ae. polynesiensis* étaient compétents pour le CHIKV (30% 7 jours après l'infection).

### Conclusions / importance

Cette étude a montré la distribution omniprésente et l'abondance d'*Ae. polynesiensis* sur les trois îles et a démontré que les populations locales étaient capables de transmettre le CHIKV. Combiné avec la présence et l'expansion d'*Ae. aegypti* sur l'île principale de Wallis, ces données mettent en évidence le risque de transmission des maladies arbovirales sur le territoire de Wallis et Futuna et fournissent des informations pertinentes pour les programmes de surveillance entomologique et de lutte antivectorielle.

## Résumé de l'auteur

Le territoire français d'outre-mer des îles Wallis et Futuna, situé dans le Pacifique Sud, a été touché par plusieurs épidémies de dengue, mais n'a pas été confronté à des flambées de Zika ou de chikungunya, contrairement aux autres îles voisines. La présence quasi exclusive du moustique *Aedes polynesiensis* dans les îles de Wallis et Futuna a confirmé le rôle joué par ce moustique en tant que vecteur de la dengue. Un *Ae* local *. polynesiensis* a récemment montré que la population était capable de transmettre le virus Zika dans des conditions expérimentales, mais sa sensibilité au virus chikungunya était encore inconnue et des données récentes sur la présence d'autres vecteurs potentiels d'arbovirus faisaient défaut. Par conséquent, nous avons étudié les facteurs de risque entomologiques de transmission des maladies arbovirales aux îles Wallis et Futuna. Nous avons signalé l'occurrence et la distribution de différentes espèces d'*Aedes*, en particulier la présence abondante d'*Ae. polynesiensis* à travers le territoire et la propagation d'*Ae. aegypti* dans l'île de Wallis. Nos résultats ont démontré la capacité d'*Ae* local *. polynesiensis* populations à transmettre le virus chikungunya. Ces résultats mettent en évidence le risque de transmission des arbovirus dans les îles Wallis et Futuna et fournissent des données pertinentes pour guider les stratégies de prévention et de lutte antivectorielle sur le territoire.

**Citation:** Calvez E, Pocquet N, Malau A, Kilama S, Taugamoa A, Labrousse D, et al. (2020) Évaluation des facteurs de risque entomologique de transmission de la maladie arbovirale sur le territoire français des îles Wallis et Futuna. *PLoS Negl Trop Dis* 14 (5): e0008250. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250>

**Editeur:** Paulo FP Pimenta, Fundação Oswaldo Cruz, BRÉSIL

**Reçu:** 10 septembre 2019; **Accepté:** 24 mars 2020; **Publié:** 13 mai 2020

**Copyright:** © 2020 Calvez et al. Il s'agit d'un article en libre accès distribué sous les termes de la [licence d'attribution Creative Commons](#), qui permet une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support, à condition que l'auteur et la source d'origine soient crédités.

**Disponibilité des données:** Toutes les données pertinentes se trouvent dans le manuscrit et ses fichiers d'informations complémentaires.

**Financement:** Ce travail a été financé par le Ministère français des Outre-mer, DGOM (HC / DAIRCL / 2180-310) (FMD) et en partie soutenu par les Actions Concertées Inter Pasteuriennes (projet ZikAe, ACIP A-15-2014) (ABF et MDR). Les bailleurs de fonds n'ont joué aucun rôle dans la conception de l'étude, la collecte et l'analyse des données, la décision de

## introduction

Les maladies à transmission vectorielle (VBD) sont répandues dans le monde, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales. On assiste actuellement à l'émergence ou à la diffusion de certains d'entre eux dans un contexte d'évolution démographique et sociétale, ainsi que des changements environnementaux et climatiques [ 1 - 4 ]. La VBD, en particulier les maladies arbovirales, représente un problème de santé publique important dans les pays et territoires insulaires du Pacifique (PICT). En effet, des flambées d'arbovirus sont enregistrées dans la région du Pacifique Sud depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle [ 5 ] et les États et Territoires insulaires océaniques sont régulièrement affectés par des épidémies de dengue causées par les quatre sérotypes du virus de la dengue [ 6 - 8 ]. Un nombre croissant d'épidémies ont affecté ces îles au cours de la dernière décennie, certaines dues à l'émergence ou à la réémergence d'arbovirus dans cette région [ 9 , 10 ]. Les premiers cas de transmission autochtone du virus chikungunya (CHIKV) ont été détectés en Nouvelle-Calédonie en 2011 [ 11 ]. Des foyers supplémentaires ont été décrits entre 2012 et 2014 en Papouasie-Nouvelle-Guinée, dans l'État de Yap (États fédéraux de Micronésie), aux Tonga, aux Samoa, aux Samoa américaines et aux Tokélaou [ 12 , 13 ]. En 2013, le virus Zika a été détecté en Polynésie française et s'est propagé très rapidement à d'autres îles du Pacifique: Nouvelle-Calédonie, Îles Cook, Île de Pâques, puis Tonga, Samoa, Îles Marshall, Fidji, jusqu'à atteindre d'autres parties du monde, Amérique latine et les Caraïbes [ 9 , 14 , 15 ].

La transmission de ces arbovirus est assurée par des moustiques du genre *Aedes*, sous-genre *Stegomyia* [ 1 , 16 , 17 ]. *Ae. aegypti* est le principal vecteur d'arbovirus répandu dans la région du Pacifique Sud [ 8 ]. L'espèce envahissante *Ae. albopictus* est maintenant établi dans certaines îles du Pacifique comme les îles Salomon, avec une aire de répartition étendue jusqu'aux Fidji et aux Tonga [ 18 ]. D'autres espèces endémiques telles que *Ae. hensilli* ou *Ae. polynesiensis* sont également des vecteurs incriminés de transmission des arbovirus dans certains pays et territoires insulaires océaniques [ 19 - 21 ].

Le territoire des îles Wallis et Futuna est une collectivité française d'outre-mer du Pacifique Sud (coordonnées 13 ° 18 ' sud, 176 ° 12 ' ouest) située entre Fidji au sud-ouest et Samoa à l'est ( [figure 1A](#) ). Le territoire est composé de deux groupes d'îles volcaniques distantes de 230 km. L'île Wallis au nord-est est composée d'une île principale et de son lagon et îlots environnants, et les îles Hoorn dans le sud-ouest sont composées des îles Futuna et Alofi séparées par un canal de 2 km de large (pour plus de commodité, ces îles seront citées comme Wallis, Futuna et Alofi, respectivement) ( [figure 1B](#) ). La superficie totale des terres est d'environ 142 kilomètres carrés et la population est d'environ 12 000 habitants, dont près de 70% vivent à Wallis et le reste de la population à Futuna [ 22 ]. L'île d'Alofi est inhabitée mais ses terres sont utilisées pour l'agriculture de subsistance traditionnelle et sont donc régulièrement visitées par les habitants de Futuna. Le climat de Wallis et Futuna est tropical à équatorial, chaud et humide tout au long de l'année, avec une saison plus chaude et plus humide de novembre à avril.



**Fig 1. Territoire des îles Wallis et Futuna.**

(A) Localisation du territoire des îles Wallis et Futuna dans le Pacifique Sud représenté par la tache rouge. (B) Carte de Wallis et Futuna montrant les trois îles principales: Wallis (78 km<sup>2</sup>) au nord-est, Futuna (46 km<sup>2</sup>) et Alofi (18 km<sup>2</sup>) au sud-ouest. Cartes open source de USGS LandsatLook ( <https://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> ) annotées avec Adobe Photoshop 8.0.1.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.g001>

La collectivité de Wallis et Futuna a été touchée par une épidémie de dengue à grande échelle en 2002–2003 avec environ 3 000 cas signalés dans les deux îles [ 6 , 23 ]. Une enquête entomologique réalisée à cette époque a mis en évidence la présence quasi exclusive d' *Ae. polynesiensis* sur le territoire des îles. *Ae. aegypti* n'a été repéré qu'une seule fois sur l'île de Wallis (dans un jardin) et n'a pas été détecté sur Futuna [ 24 ]. *Ae. polynesiensis* est le principal vecteur de la filariose lymphatique dans le Pacifique Sud, une maladie parasitaire causée par la *Wuchereria bancrofti* pathogène, mais il est également considéré comme un vecteur secondaire de la dengue [ 6 , 8 , 25 ]. Ces observations sur Wallis et Futuna ont confirmé le rôle joué par *Ae. polynesiensis* comme vecteur de la dengue dans ces îles. Le territoire n'a pas été touché par les épidémies de dengue survenues plus tard en Nouvelle-Calédonie (2008–2009 et 2012–2013), malgré plusieurs cas importés [ 26 ]. De plus, elle n'a connu aucun cas autochtone de chikungunya ou de Zika, malgré les nombreux échanges avec d'autres territoires, en particulier la Nouvelle-Calédonie et les Fidji qui ont subi des flambées causées par ces arbovirus depuis 2011 [ 8 ]. Cependant, Wallis et Futuna a récemment connu une épidémie de dengue (2017–2018) avec 209 cas autochtones, 197 cas à Wallis et 12 à Futuna (dont 8 cas importés de Wallis) [ 27 ]. Si ce vecteur est un vecteur moins efficace que *Ae. aegypti* pour les virus de la dengue reste une question, et ces observations

soulignent l'importance d'améliorer nos connaissances sur la compétence de cette espèce de moustique pour les arbovirus. Un travail expérimental récent a révélé une faible compétence vectorielle de *Ae. polynesiensis* de Wallis pour le virus Zika (ZIKV) [ 28 ], mais la capacité de ce moustique à transmettre le CHIKV dans ces îles est inconnue.

Une enquête entomologique de terrain a été menée dans les îles du territoire de Wallis et Futuna afin de caractériser et cartographier les différentes espèces de moustiques *Aedes*, vecteurs confirmés ou potentiels d'arbovirus. L'objectif du présent travail était d'acquérir de nouvelles données entomologiques couvrant les trois îles de Wallis et Futuna pour i) vérifier la présence d'espèces *Aedes* précédemment enregistrées sur les îles, ii) suivre une éventuelle dissémination de ces espèces dans les îles et entre îles, et iii) contrôler la colonisation éventuelle du territoire par de nouvelles espèces *Aedes*. De plus, nous avons étudié la compétence vectorielle de l'*Ae* local *. polynesiensis* populations pour CHIKV afin de déterminer le risque de transmission du chikungunya sur le territoire.

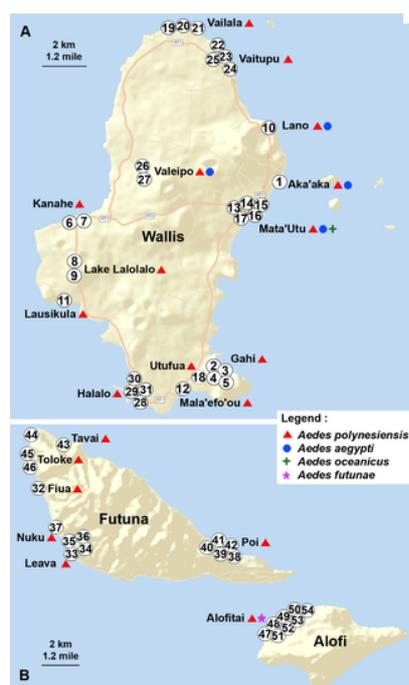
## Méthodes

### Déclaration d'éthique

Les animaux étaient hébergés dans les animaleries de l'Institut Pasteur accréditées par le ministère de l'Agriculture pour la réalisation d'expériences sur des animaux vivants. Les travaux sur les animaux ont été réalisés dans le respect de la réglementation française et européenne sur le soin et la protection des animaux de laboratoire (Directive CE 2010/63, loi 2013–118 du 6 février 2013). Toutes les expériences ont été approuvées par le Comité d'éthique # 89 et enregistrées sous la référence APAFIS # 6573-2016061412077987 v2.

### Sites d'étude

Les trois îles de Wallis, Futuna et Alofi ont été visitées pour des prospections sur le terrain. Les travaux de prospection ont été menés durant les mois de mars et avril 2016 à la fin de la saison chaude et humide lorsque les moustiques étaient les plus abondants. L'environnement de Wallis et Futuna étant de type rural et semi-rural et non urbain, une étude transversale a été menée dans 20 localités correspondant aux villages et zones sauvages sélectionnés pour couvrir les trois îles. Dans ces localités, 54 points d'échantillonnage, distants d'au moins 100 mètres, ont été prospectés pour les stades immatures et adultes ( Fig 2 , numéros 1 à 54). Ces points d'échantillonnage ont été sélectionnés pour représenter tous les différents environnements des îles, des habitats péri-domestiques aux habitats sauvages.



**Fig 2. Localisation géographique des sites d'échantillonnage des moustiques et répartition des *Aedes* spp à Wallis et Futuna.**

Les nombres représentent les 54 points d'échantillonnage sur (A) l'île de Wallis, (B) les îles de Futuna et Alofi. La présence des différentes espèces d'*Aedes* est représentée par un panneau à côté du nom de la localité selon la légende sur la carte. Cartes open source de USGS LandsatLook ( <https://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> ) annotées avec Adobe Photoshop 8.0.1.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.g002>

### Collection de moustiques

Les travaux de prospection se sont concentrés sur *Aedes* spp. mais *Culex* spp. les moustiques étaient également collectés lorsque ces deux genres partageaient les mêmes sites de reproduction ou étaient capturés dans les mêmes pièges. Les stades immatures de moustiques (larves et pupes) ont été collectés lors de la prospection des sites de reproduction dans les 54 points de prélèvement des îles de Wallis, Futuna et Alofi. Les sites de prospection étaient soit péri-domestiques, à proximité immédiate ou à proximité d'habitations ou de lieux de vie sociale (jardins, églises, *fales*-habitation polynésienne traditionnelle avec des côtés ouverts et un toit en pandanus), mais aussi des sites sauvages dans des zones reculées (forêt). Sur l'île d'Alofi, qui n'a pas d'habitants permanents, la zone choisie pour la prospection était proche du littoral nord-ouest de l'île, là où les bateaux débarquent de Futuna (zone d'Alofitai).

Les captures de moustiques adultes ont été réalisées grâce à des pièges BG-Sentinel avec l'attractif olfactif BG-Lure (Biogents, Allemagne) installés sur des terrasses abritées pendant 24 heures. Les moustiques adultes ont également été capturés à l'aide d'une ventouse sous vide pendant la journée dans des endroits péri-domestiques (principalement des jardins) et dans des zones plus sauvages, comme dans les forêts entourant le lac Lalolalo à Wallis ou près de la plage d'Alofitai à Alofi.

#### Identification des moustiques

Les individus collectés, larves et adultes, ont été identifiés au microscope binoculaire dans les laboratoires du *Service Territorial de l'Environnement* des localités de Mata'Ututu et Leava. Les nymphes et les larves ont été gardées jusqu'à l'émergence pour permettre l'identification des adultes. Certaines larves ont été conservées dans de l'alcool et montées plus tard entre les lames et les lamelles pour identification sous microscopes optiques.

#### Compétence vectorielle

Populations de moustiques.

Deux populations d' *Ae. polynesiensis* de Wallis ont été étudiées: WKANA de la localité de Kanahe et WLALO de la région du lac Lalolalo. Les œufs de la génération F1 ont été expédiés à l'Institut Pasteur de Paris, France (Arbovirus et Insectes vecteurs) pour réaliser les études de compétence vectorielle. Les adultes émergents ont été maintenus à 28 ° C, 80% d'humidité avec un cycle lumière: obscurité de 16 h: 8 h et nourris à *volonté* avec une solution de saccharose à 10%. Les femelles ont été nourries de sang plusieurs fois sur des souris anesthésiées pour obtenir la génération F3 de moustiques utilisés pour les tests d'infection.

Souches virales et infections buccales par les moustiques.

Cinq à sept femelles ont été nourries âgé d'un jour (F3) avec repas de sang infectieux indépendants contenant CHIKV à un titre de 10<sup>7</sup> pfu / ml. La souche CHIKV, isolée en 2011 chez un patient de Nouvelle-Calédonie (NC / 2011-568) [ 11 ], appartient au génotype asiatique et héberge une alanine en position 226 dans la glycoprotéine d'enveloppe E1 (GenBank HE806461) [ 11]. Le repas de sang infectieux était composé d'une suspension de virus (1: 3) et d'érythrocytes de lapin lavés obtenus directement à partir d'un lapin (lapin blanc de Nouvelle-Zélande, Charles River) (2: 3) supplémenté avec 5 mM d'adénosine triphosphate. Les moustiques femelles ont été autorisés à prendre le repas de sang infectieux à travers une capsule (système Hemotek) recouverte d'une enveloppe d'intestin de porc (obtenue à partir d'un intestin de porc acheté dans le commerce) comme membrane. Après le repas de sang, les femelles complètement engorgées ont été transférées dans de nouveaux conteneurs et maintenues à 28 ° C, 80% d'humidité, sous un cycle lumière: obscurité de 12 h: 12 h et nourries avec une solution de saccharose à 10% en accès libre.

Analyses d'infection, de diffusion et de transmission.

Pour les deux populations de moustiques, 26 à 31 femelles, pour les populations WLALO et WKANA, respectivement, ont été analysées 7 jours après l'infection (dpi) et enregistrées comme infectées ou non infectées. Pour chaque moustique, différentes parties du corps ont été titrées pour déterminer séquentiellement différents taux: l'abdomen et le thorax pour déterminer le taux d'infection (nombre de corps infectés / nombre de moustiques testés), la tête pour déterminer le taux de dissémination (nombre de têtes infectées / nombre de corps infectés) et la salive pour déterminer le taux de transmission (nombre de salive infectée / nombre de têtes infectées). L'efficacité de la transmission a été obtenue en divisant le nombre de moustiques avec de la salive infectée par le nombre total de moustiques testés, comme décrit précédemment [ 28 , 29]. Pour chaque prélèvement de salive, les femelles ont été anesthésiées par exposition au froid et leurs pattes et ailes ont été enlevées. Le proboscis a ensuite été inséré dans une pointe de filtre ART (Molecular BioProducts) contenant 5 µl de FBS pendant 20 minutes de salivation. Le corps et la tête ont été individuellement broyés dans 250 µl de milieu DMEM supplémenté avec 2% de FBS. La lyse a été effectuée pendant 30 s à 6 000 tr / min et les échantillons ont été centrifugés à 10 000 g pendant 10 min à 4 ° C. Les surnageants ont été stockés à -80 ° C avant analyse. Pour le titrage viral, des échantillons broyés dilués en série ont été inoculés sur des cellules Vero E6 (lignée cellulaire de rein de singe vert africain obtenu de l'American Type Culture Collection, ATCC CRL-1586) dans des plaques à 96 puits, incubées pendant 7 jours à 37 ° C et coloré avec une solution de cristal violet (0,2% dans 10% de formaldéhyde et 20% d'éthanol). La présence de particules virales a été déterminée par la présence d'un effet cytopathique (CPE). Les salives collectées ont été conservées à -80 ° C. Pour la détection et le titrage du CHIKV, des échantillons de salive ont été inoculés sur des cellules Vero dans des plaques à 6 puits sous une couche d'agarose et incubés pendant 7 jours à 37 ° C. La présence de particules infectieuses a été évaluée par la détection de plaques, et les titres ont été exprimés en unité formant plaque (UFP) / mL / salive.

Analyses statistiques.

Des analyses statistiques ont été réalisées avec R v. 3.3.1 [ 30 ]. Les variables qualitatives ont été comparées en utilisant le test exact de Fisher et les variables quantitatives par un test non paramétrique (test de Wilcoxon). Les différences statistiques ont été considérées comme significatives pour les valeurs  $p \leq 0,05$ .

## Résultats

#### Nombre et types de sites de reproduction identifiés

Dans les 20 localités et les 54 points de prélèvement prospectés sur les trois îles de Wallis, Futuna et Alofi ( Fig 2 ), 27 captures de moustiques adultes ont été réalisées et un total de 96 sites de reproduction positifs ont été identifiés ( Tableau 1 ).

Île	Nombre de localités	Nombre de points d'échantillonnage	Nombre d'événements de capture d'ailes	Nombre de sites de reproduction
Wallis	13	35	21	26
Futuna	4	13	7	10
Alofi	3	6	9	15
Total	20	54	37	51

**Tableau 1. Nombre de localités prospectées, points d'échantillonnage, événements de capture d'ailes et sites de reproduction identifiés pour chacune des trois îles du territoire de Wallis et Futuna.**

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.t001>

Les 96 contenants producteurs de moustiques ont été classés en huit catégories ( tableau 2 ). 33% des sites de reproduction ont été trouvés dans la catégorie des fruits de noix de coco. Ces noix de coco étaient principalement des demi-coquilles à pulpe extraite, laissées dans les jardins ou sur la plage, mais quelques-unes d'entre elles étaient des fruits entiers craquelés par des

rongeurs. Cette catégorie était présente et prédominante sur les trois îles. Les bols, les plats et les boîtes étaient également des sites de reproduction communs (18%) présents dans les trois îles et très représentés à Wallis. Les pneus usagés (18%) et les seaux et barils (13%) étaient également des conteneurs productifs trouvés sur les deux îles habitées de Wallis et Futuna. Certains sites de reproduction naturels ont été trouvés sur l'île d'Alofi, tels que des trous d'arbres naturels et des noix de coco rongées par des rongeurs, mais des sites de reproduction artificiels ont également été trouvés sur cette île comme quelques boîtes en plastique et des demi-coquilles de noix de coco laissées par l'homme, ou des trous faits par les humains dans les troncs de cocotiers.

Number of breeding sites	Coconut fronds and shells	Bowl, dishes, boxes	Type of breeding site						
			Tyre	Bucket, barrel	Plastic pots, containers	Tree holes	Car tracks	Stem	
Wallis	15	15	7	9	8	1	1	1	
Futuna	20	9	2	10	1	0	0	2	
Alofi	15	0	2	0	0	0	1	0	
Total	50	24	11	19	9	0	2	3	
%	100	48	22	38	18	0	4	6	

**Tableau 2. Répartition des différents types de gîtes de reproduction échantillonnés sur les îles de Wallis, Futuna et Alofi.**  
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.t002>

**Identification des stades et des espèces de moustiques collectés dans les différentes îles**

Le matériel collecté a été étudié pour le nombre et la distribution des stades immatures et des adultes, et pour l'identification des espèces ( [tableau 3](#) ). Quatre *aegypti* ont été trouvés espèces sur les îles: *Aedes (Stegomyia) polynesiensis* Marks 1951, *aegypti (Stegomyia) aegypti* Linnaeus 1762, *aegypti (Stegomyia) futunae* Belkin 1962, *aegypti (Finlaya) oceanicus* Belkin 1962. La présence de deux *Culex* espèces, *Culex (Culex) quinquefasciatus* Say 1823 et *Culex (Culex) annulirostris* Skuse 1889 ont également été enregistrés. La répartition géographique des quatre espèces *Aedes* est indiquée sur la [figure 2](#).

	Aedes polynesiensis			Aedes aegypti			Aedes futunae			Aedes oceanicus			Culex quinquefasciatus			Culex annulirostris		
	L	P	A	L	P	A	L	P	A	L	P	A	L	P	A	L	P	A
Wallis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Futuna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alofi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tableau 3. Nombre et répartition des stades immatures et des adultes des espèces *Aedes* et *Culex* identifiées .**  
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.t003>

*Ae . polynesiensis* a été l'espèce la plus échantillonnée et présente dans l'ensemble des 54 sites prospectés, avec 3 656 stades immatures (3 159 larves et 497 pupes) et 575 adultes collectés. L'espèce a été trouvée en grande abondance dans des sites sauvages, comme les abords du lac Lalolalo à Wallis et le long de la côte sur l'île d'Alofi.

La *Ae . L'espèce aegypti* n'a été trouvée que dans l'île de Wallis, dans 5 points d'échantillonnage correspondant à 4 localités, dont Mata'Utu, le village le plus habité de l'île ( [Fig 2](#) ). Les larves et les adultes ont été collectés dans les jardins des maisons situées aux abords de la jetée dans la localité de Mata'Utu, à Aka'aka, et en tas de pneus à la décharge de Valeipo. Adulte *Ae . des* moustiques *aegypti* ont également été capturés dans un jardin de la localité de Lano. Un total de 90 stades immatures et 29 adultes *Ae . aegypti* ont été identifiés.

La *Ae . L'espèce indigène futunae* n'a été trouvée que sur l'île d'Alofi. Une larve pourrait être identifiée sans ambiguïté suite à des observations au microscope. Deux adultes de l'espèce *Ae . oceanicus* ont été trouvés dans la localité de Mata'Utu sur l'île de Wallis, piégés dans des pièges BG-sentinel. Les espèces *Culex* ont été trouvées uniquement dans les îles de Wallis et Futuna, et n'ont pas été détectées à Alofi, avec *Cx . quinquefasciatus* étant beaucoup plus abondant dans les échantillons prélevés que *Cx . annulirostris* .

Des détails sur la localisation des différentes espèces d' *Aedes* et de *Culex* collectées dans les 54 points d'échantillonnage des trois îles de Wallis et Futuna sont fournis dans le [tableau S1](#) .

**Compétence de vecteur pour le virus chikungunya**

Pour évaluer la capacité d' *Ae . polynesiensis* de Wallis pour transmettre le CHIKV, nous avons infecté deux populations locales de moustiques avec une souche de CHIKV isolée lors de l'épidémie de chikungunya de 2011 en Nouvelle-Calédonie. Cette souche virale a été choisie car la population de Wallis et Futuna a de nombreux échanges avec la Nouvelle-Calédonie et donc le risque d'introduction du CHIKV à partir de ce territoire est élevé. Les résultats ont montré que, pour les deux populations étudiées (WKANA et WLALO), plus de 80% des moustiques femelles étaient infectées par le CHIKV (84% et 85%, respectivement), plus de 75% des femelles portaient des virus dans leur tête (77% et 77%, respectivement) et les taux de transmission étaient d'environ 45% (45% et 47%, respectivement). L'efficacité de la transmission était d'environ 30% pour les deux populations, 29% (9/31) pour WKANA et 31% (8/26) pour WLALO. Aucune différence significative n'a été trouvée entre ces deux populations (test exact de Fisher,  $p > 0,05$ ) ( [figure 3A](#) ). Nous avons quantifié le nombre de particules infectieuses de CHIKV dans la salive. Les charges virales des deux populations étaient homogènes, des valeurs médianes de 1,76 et 2,04 PFU / ml / salive pour les populations WKANA et WLALO, respectivement, et aucune différence significative n'a été trouvée (test de Wilcoxon,  $p > 0,05$ ) ( [Fig 3B](#) ).

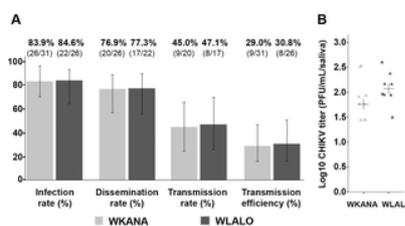


Fig 3. Infections expérimentales de moustiques *Aedes polynesiensis* de Wallis avec CHIKV.

(A) Taux d'infection, taux de diffusion, taux de transmission et efficacité de transmission à 7 dpi pour les deux populations WKANA et WLALO. La valeur en pourcentage et le nombre de femelles positives sont indiqués au-dessus de chaque graphique. (B) Le titre de salive infectieuse est exprimé en PFU / mL / salive pour chacune des 9 ou 8 femelles (pour les populations WKANA et WLALO, respectivement) dont la salive a été testée positive. La croix indique la valeur médiane. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.g003>

## Discussion

Les travaux de prospection dans les trois îles du territoire de Wallis et Futuna ont porté sur les espèces de moustiques susceptibles de transmettre les trois principales maladies arbovirales (dengue, Zika, chikungunya). Les travaux ont permis de collecter et d'identifier quatre espèces du genre *Aedes* : *Ae. polynesiensis*, *Ae. aegypti*, *Ae. futunae* et *Ae. oceanicus*. Dans les zones péri-domestiques, les gîtes larvaires se trouvaient majoritairement dans des conteneurs utilisés par les humains, comme des coques de noix de coco, des bols, des plats et des boîtes en plastique, des pneus usagés, des seaux et des barils, etc. comme des trous dans les troncs des cocotiers ou des noix de coco percées. Certains des sites de reproduction, principalement des barils et des pneus usagés, étaient souvent très productifs avec plus de 200 stades immatures chacun. Les sites de reproduction étaient parfois partagés par deux espèces différentes de moustiques. Les associations étaient *Ae. polynesiensis* / *Ae. aegypti* à Wallis, *Ae. polynesiensis* / *Ae. futunae* dans Alofi et *Ae. polynesiensis* / *Culex* spp. à Wallis et à Futuna.

*Ae. polynesiensis* est la principale espèce d'*Aedes* sur le territoire des îles Wallis et Futuna. Il était présent dans tous les sites prospectés, souvent en abondance. Cette espèce, considérée comme vecteur secondaire des virus de la dengue, est cependant capable de supporter une épidémie de dengue, comme le montre l'épidémie de 2002–2003 enregistrée dans les îles de Wallis et Futuna [31, 32]. L'absence d'*Ae. aegypti* sur Futuna confirme le rôle unique d'*Ae. polynesiensis* comme vecteur de la dengue dans cette île (265 cas lors de l'épidémie de 2002-2003 et 4 cas autochtones confirmés en 2018) [23, 27].

*Ae. aegypti*, principal vecteur d'arbovirus dans la région du Pacifique, n'a pas été trouvé dans les îles de Futuna et Alofi. Il a cependant été échantillonné dans quatre sites de Wallis. La présence d'*Ae. aegypti* à Wallis a déjà été signalé lors des deux dernières enquêtes entomologiques en 2003 et 2007 [24, 31]. À ce moment-là, *Ae. aegypti* a été échantillonné dans un seul jardin à proximité du quai de la localité de Mata'Ututu, et aucune extension d'*Ae. aegypti* a été observée sur le territoire quelques années plus tard en 2007 [31]. Notre étude montre maintenant une extension de la gamme de cette espèce *Aedes* aux localités d'Aka'aka et de Lano au nord (Fig. 2). La présence d'*Ae. aegypti* dans les pneus usagés de la décharge de Valeipo, distants de 5 km, peut provenir du même site initial ou d'une autre source d'introduction sur l'île. Bien qu'il soit encore beaucoup moins abondant que *Ae. polynesiensis*, *Ae. aegypti* est donc bien implanté à Wallis. Une surveillance entomologique de ces sites, avec une recherche active des stades immatures et des adultes, et la destruction des sites de reproduction est recommandée afin de contrôler la propagation de cette espèce vers d'autres localités de l'île, ou vers d'autres îles libres d'*aegypti*, comme Futuna et Alofi.

Peu d'individus de deux autres espèces du genre *Aedes* ont été trouvés sur les îles. *Ae. oceanicus* a été échantillonné à Wallis et *Ae. futunae* à Alofi. On sait peu de choses sur le rôle de ces deux espèces en tant que vecteurs d'arbovirus ou d'autres VBD. *Ae. oceanicus* est potentiellement un vecteur secondaire de la filariose lymphatique, comme rapporté aux Tonga [33], ou comme d'autres espèces du sous-genre *Finlaya*, comme *Ae. (Fin.) Samoaensis* et *Ae. (Fin.) Tutuilaensis* dans d'autres États et Territoires insulaires océaniques voisins (Samoa occidentales et Samoa américaines) [34–36]. Cette espèce a joué un rôle mineur dans la transmission du virus de Ross River aux Samoa américaines en 1979-1980 [34, 35]. On le trouve dans les habitats naturels, avec des sites de reproduction traditionnellement signalés à l'aisselle des feuilles des plantes comme le pandanus et le taro. Cependant, des stades immatures ont été découverts plus récemment dans des conteneurs domestiques suggérant que *Ae. oceanicus* s'est adapté à ces sources d'eau pour la ponte [37].

*Ae. futunae*, que l'on ne trouve que sur l'île d'Alofi, est également une espèce avec un habitat naturel. Depuis sa description [38], très peu de références ont rapporté cette espèce et son rôle en tant que vecteur est totalement inconnu [39]. Un seul spécimen a été collecté au cours de notre enquête, ce qui suggère une faible abondance de cette espèce. Cependant, le site prospecté sur Alofi, Alofitai, est le lieu où les habitants de Futuna débarquent et s'embarquent lorsqu'ils visitent Alofi pour cultiver leurs champs. La présence humaine, même temporaire, pourrait être un facteur favorisant la présence d'*Ae. polynesiensis* par rapport à *Ae. futunae*; l'abondance de ce dernier pourrait être légèrement plus importante dans les parties de l'île moins fréquentées par les humains. *Ae. futunae* n'a pas été trouvé sur Futuna lors de notre prospection. Une enquête plus large devrait être réalisée à l'avenir sur l'île d'Alofi pour estimer la densité de population d'*Ae. futunae* sur cette île, et dans les régions isolées inhabitées de Futuna pour vérifier son absence de cette île.

*Aedes vexans nocturnus* (Theobald), précédemment signalé à Wallis en 2002 [24], n'a pas été trouvé lors de notre enquête. L'utilisation de pièges BG-Sentinel au lieu de pièges à lumière peut expliquer l'échec de la capture d'*Ae. vexans nocturnus* moustiques adultes. En effet, les pièges lumineux sont mieux adaptés que BG-Sentinel pour la capture d'espèces de moustiques présentant une activité nocturne. *Ae. vexans nocturnus* ont été collectés en utilisant des pièges lumineux standard du New Jersey à Hawaï [40] et des pièges lumineux de type CDC ou EVS appâtés au dioxyde de carbone à Moorea, en Polynésie française et en Australie [41, 42].

Enfin, malgré une recherche intensive des stades immatures et adultes, et l'identification de sites de reproduction adaptés à cette espèce (petits contenants péri-domestiques contenant de l'eau), le monde envahissant *Ae. albopictus*, maintenant établi dans diverses îles du Pacifique, y compris les îles voisines de Fidji [18], n'a été trouvé au cours de cette enquête sur aucune des trois îles.

Compétence vectorielle d'*Ae. polynesiensis* de Wallis pour CHIKV a été étudié. Cet arbovirus n'a pas été détecté à ce jour dans la collectivité de Wallis et Futuna, aucun cas autochtone n'a été signalé (communication personnelle de l'agence de santé Wallis et Futuna). Nos résultats ont montré que l'*Ae. polynesiensis* de Wallis a transmis le CHIKV (efficacité de transmission de 30% à 7 dpi) dans des conditions expérimentales. Une analyse de compétence vectorielle réalisée sur une population d'*Ae. polynesiensis* de Tahiti (Polynésie française) a affiché une transmission plus faible du CHIKV (3% à 6 dpi) [43]. Ces résultats contrastés peuvent s'expliquer par des différences dans le protocole expérimental du précédent travail de compétence (Polynésie française): des moustiques de la génération F14 ont été utilisés pour l'infection; les expériences d'infection n'ont pas été menées avec la même souche de CHIKV (bien qu'elle partage 99% d'homologie); et la détection de particules infectieuses dans la salive des moustiques a été effectuée sur des cellules C6 / 36 au lieu de cellules Vero et a utilisé des tests d'immunofluorescence indirecte. Cependant, dans les deux études, la compétence du vecteur pour CHIKV a été confirmée. En outre, la souche CHIKV qui a été utilisée dans la présente étude (NC / 2011-568) a été utilisée dans des études antérieures pour

évaluer la capacité d' *Ae . aegypti* et *Ae . albopictus* des Amériques, et *Ae . aegypti* de Nouvelle-Calédonie, pour transmettre CHIKV [ 11 , 44 ]. Bien que les résultats de ces études soient hétérogènes, *Ae . polynesiensis* semble être un vecteur CHIKV modéré par rapport à certaines populations d' *Ae . aegypti* et *Ae . albopictus* de Nouvelle-Calédonie et des Amériques. Plus récemment, une étude réalisée dans les mêmes conditions de laboratoire et sur la même population d' *Ae . polynesiensis* de Wallis comme dans le présent travail (WLALO) a été menée afin de tester la capacité de cette population à transmettre le ZIKV [ 28]. Les résultats de cette étude ont montré que moins de 5% des moustiques testés transmettaient le ZIKV. Ensemble, ces résultats suggèrent que *Ae . polynesiensis* de Wallis affiche une compétence plus élevée pour CHIKV que pour ZIKAV dans des conditions expérimentales en laboratoire.

Notre étude a montré l'omniprésence et l'abondance d' *Ae . polynesiensis* dans les trois îles, démontrant le risque de transmission d'arbovirus sur le territoire de Wallis et Futuna, en particulier pour la dengue qui a déjà affecté les populations des îles habitées.

Nous avons également montré que les populations locales d' *Ae . polynesiensis* est susceptible de transmettre le CHIKV. L'ensemble du territoire de Wallis et Futuna est donc concerné par les trois principales maladies à arbovirus qui circulent actuellement dans la région du Pacifique, à savoir la dengue, le Zika et le chikungunya. De plus, la présence d' *Ae . aegypti* sur l'île de Wallis, vecteur efficace d'arbovirus, renforce le risque épidémique de transmission d'arbovirus sur cette île.

Bien que de nombreux facteurs puissent influencer la dynamique de transmission tels que la densité des vecteurs, le comportement alimentaire des moustiques, la durée de vie des vecteurs, les facteurs environnementaux [ 45 ], il existe un risque élevé pour les populations du territoire de Wallis et Futuna de contracter les deux maladies émergentes du Pacifique, le chikungunya et Zika, car ils ne sont pas immunisés contre ces virus.

La surveillance et la lutte antivectorielle pourraient être renforcées sur ce territoire. Les résultats de notre enquête et l'identification des différents types de gîtes de reproduction permettent de mieux cibler la lutte antivectorielle selon l' espèce *Aedes . Ae . polynesiensis* est très opportuniste dans la recherche de sites de reproduction. Les sites naturels, comme les noix de coco , les trous d'arbres ou les feuilles qui se brisent, représentent un obstacle au contrôle d' *Ae . polynesiensis* populations. Le grand nombre de gîtes artificiels que l'on trouve également dans des conteneurs domestiques laissés par l'homme autour des habitations, parfois très prolifiques, favorise une forte densité de vecteurs au contact de l'homme. Les mesures visant à retirer et / ou vider manuellement ces conteneurs contenant de l'eau, tels que les pneus, les coques de noix de coco et divers autres conteneurs domestiques, et à protéger les barils avec des moustiquaires, pourraient réduire les densités vectorielles dans les abords des habitations.

En raison de sa distribution limitée et de sa faible abondance, des mesures préventives pour contrôler *Ae . les populations aegypti* doivent être prises en compte. Ce contrôle devrait être réalisé par l'élimination manuelle des gîtes larvaires dans les différentes localités où cette espèce a été identifiée, ainsi que par des traitements insecticides localisés.

En outre, d'autres méthodes telles que de nouvelles stratégies de lutte antivectorielle utilisant des techniques d'insectes incompatibles et / ou stériles [ 46 - 49 ], pourraient être envisagées à l'avenir pour réduire les populations de vecteurs sur ce territoire.

Enfin, l'introduction de nouvelles espèces doit être surveillée. L'introduction d' *Ae . albopictus* d'un autre État insulaire du Pacifique, comme les Fidji qui entretiennent une liaison maritime mensuelle avec Wallis et Futuna, représente une menace pour le territoire. Une surveillance entomologique aux points d'introduction potentiels, par voie aérienne mais principalement par voie maritime, doit être effectuée pour empêcher l'introduction et l'établissement de cette espèce vecteur envahissante.

## Renseignements à l'appui

**Tableau S1. Détails sur la localisation des différentes espèces d' *Aedes* et de *Culex* collectées dans les 54 points de prélèvement des trois îles du territoire de Wallis et Futuna.**

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008250.s001>  
(PDF)

## Remerciements

Nous remercions les autorités de Wallis et les chefs de Futuna pour leur hospitalité et leur autorisation de ramasser les moustiques, ainsi que les habitants de Wallis et Futuna qui nous ont permis de mener nos enquêtes à proximité de leurs maisons et dans leurs jardins. Nous remercions également Enelio Liufau et lasinito Niutoua ( *Service de l'Environnement* , Wallis et Futuna) pour leur aide lors de la collecte des échantillons, Marie Vazeille (Institut Pasteur Paris, France) pour la préparation de la souche virale utilisée pour l'étude de compétence, Gilbert Le Goff (IRD, France) pour avoir fourni des informations sur l' *Aedes oceanicus* identification, et Philippe Marmey (IRD, France) pour la conception de la figure. Nous remercions Laurent Guillaumot (Institut Pasteur Nouvelle-Calédonie) pour le partage de ses connaissances entomologiques sur les îles Wallis et Futuna, qui ont été inestimables dans la planification des prospections entomologiques.

## Les références

1. Gubler DJ. L'émergence / la résurgence mondiale des maladies arbovirales en tant que problèmes de santé publique. Arch Med Res. 2002; 33 (4): 330–42. pmid: 12234522.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
2. Kovats RS, Campbell-Lendrum DH, McMichael AJ, Woodward A, Cox JS. Premiers effets du changement climatique: incluent-ils des changements dans les maladies à transmission vectorielle? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2001; 356 (1411): 1057–68. pmid: 11516383; PubMed Central PMCID: PMC1088500.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
3. Lambrechts L, Scott TW, Gubler DJ. Conséquences de la distribution mondiale croissante d'*Aedes albopictus* pour la transmission du virus de la dengue. PLoS Negl Trop Dis. 2010; 4 (5): e646. pmid: 20520794; PubMed Central PMCID: PMC2876112.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)

4. Mackenzie JS, Gubler DJ, Petersen LR. Flavivirus émergents: propagation et résurgence des virus de l'encéphalite japonaise, du Nil occidental et de la dengue. *Nat Med.* 2004; 10 (12 Suppl): S98-109. Publication en ligne 2004/12/04. pmid: 15577938.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
5. Perry WJ. Les moustiques et les maladies transmises par les moustiques en Nouvelle-Calédonie, un récit historique; 1885–1946. *Suis J Trop Med Hyg.* 1950; 30 (1): 103–14, illust. Publication en ligne 1950/01/01. pmid: 15401987.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
6. Singh N, Kiedrzyński T, Lepers C, Benyon EK. Dengue dans le Pacifique - une mise à jour de la situation actuelle. *Dialogue Pac Health.* 2005; 12 (2): 111–9. Epub 2008/01/10. pmid: 18181502.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
7. Dupont-Rouzeyrol M, Aubry M, O'Connor O, Roche C, Gourinat AC, Guigon A, et al. Caractéristiques épidémiologiques et moléculaires du virus de la dengue de type 1 en Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud, 2001–2013. *Virol J.* 2014; 11: 61. En ligne du 02/04/2014. pmid: 24684835; PubMed Central PMCID: PMC3997821.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
8. Roth A, Mercier A, Lepers C, Hoy D, Duituturaga S, Benyon E, et al. Flambées simultanées d'infections à virus de la dengue, du chikungunya et du virus Zika - une vague épidémique sans précédent de virus transmis par les moustiques dans le Pacifique 2012-2014. *Euro Surveill.* 2014; 19 (41). Epub 2014/10/28. pmid: 25345518.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
9. Cao-Lormeau VM. Les îles tropicales comme nouvelles plaques tournantes pour les arbovirus émergents. *Emerg Infect Dis.* 2016; 22 (5): 913–5. En ligne du 19/04/2016. pmid: 27088243; PubMed Central PMCID: PMC4861506.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
- dix. Mavian C, Dulcey M, Munoz O, Salemi M, Vittor AY, Capua I. Islands comme hotspots for Emerging Mosquito-Borne Virus: A One-Health Perspective. *Les virus.* 2018; 11 (1). Epub 2018/12/27. pmid: 30585228; PubMed Central PMCID: PMC6356932.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
11. Dupont-Rouzeyrol M, Caro V, Guillaumot L, Vazeille M, D'Ortenzio E, Thiberge JM, et al. Virus Chikungunya et moustique vecteur *Aedes aegypti* en Nouvelle-Calédonie (région du Pacifique Sud). *Dis zoonotique vecteur.* 2012; 12 (12): 1036–41. pmid: 23167500.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
12. Aubry M, Teissier A, Roche C, Richard V, Yan AS, Zisou K, et al. Epidémie de chikungunya, Polynésie française, 2014. *Emerg Infect Dis.* 2015; 21 (4): 724–6. En ligne du 27/03/2015. pmid: 25811534; PubMed Central PMCID: PMC4378499.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
13. Nhan TX, Claverie A, Roche C, Teissier A, Colleuil M, Baudet JM, et al. Virus Chikungunya importé en Polynésie française, 2014. *Emerg Infect Dis.* 2014; 20 (10): 1773–4. Publication en ligne du 02/10/2014. pmid: 25271852; PubMed Central PMCID: PMC4193187.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
14. Petersen LR, Jamieson DJ, Powers AM, Honein MA. Virus Zika. *N Engl J Med.* 2016; 374 (16): 1552–63. En ligne du 31/03/2016. pmid: 27028561.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
15. Cao-Lormeau VM, Roche C, Teissier A, Robin E, Berry AL, Mallet HP, et al. Virus Zika, Polynésie française, Pacifique Sud, 2013. *Emerg Infect Dis.* 2014; 20 (6): 1085–6. pmid: 24856001; PubMed Central PMCID: PMC4036769.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
16. Boyer S, Calvez E, Chouin-Carneiro T, Diallo D, Failloux AB. Un aperçu des moustiques vecteurs du virus Zika. *Les microbes infectent.* 2018; 20 (11–12): 646–60. Publication en ligne du 27/02/2018. pmid: 29481868.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
17. Souza-Neto JA, Powell JR, Bonizzoni M. *Aedes aegypti* études de compétences vectorielles: une revue. *Infectez Genet Evol.* 2019; 67: 191-209. En ligne du 23/11/2018. pmid: 30465912.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
18. Guillaumot L, Ofanoa R, Swillen L, Singh N, Bossin HC, Schaffner F. Distribution d'*Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) dans les pays du sud-ouest du Pacifique, avec un premier rapport du Royaume des Tonga. Vecteurs de parasites. 2012; 5: 247. pmid: 23130961; PubMed Central PMCID: PMC3497854.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
19. Guillaumot L. Arbovirus et leurs vecteurs dans le Pacifique - rapport de situation. *Dialogue Pac Health.* 2005; 12 (2): 45-52. pmid: 18181493.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
20. Ledermann JP, Guillaumot L, Yug L, Saweyog SC, Tided M, Machieng P, et al. *Aedes hensilli* comme vecteur potentiel des virus Chikungunya et Zika. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014; 8 (10): e3188. Publication en ligne du 10/10/2014. pmid: 25299181; PubMed Central PMCID: PMC4191940.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
21. Savage HM, Ledermann JP, Yug L, Burkhalter KL, Marfel M, Hancock WT. Incrimination d'*Aedes* (*Stegomyia*) *hensilli* Farner comme vecteur épidémique du virus Chikungunya sur l'île de Yap, États fédérés de Micronésie, 2013. *Am J Trop Med Hyg.* 2015; 92 (2): 429–36. Publication en ligne du 19/11/2014. pmid: 25404070. PubMed Central PMCID: PMC4347352.

[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)

22. INSEE. Les populations légales de Wallis et Futuna en 2018: Recensement de la population. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. 2018. URL: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2121453> .
23. Yvon JF. Épidémie de dengue 1 / Wallis et Futuna 2002–2003. Réseau de surveillance de la santé publique du Pacifique. 2003.  
[Voir l'article](#) • [Google Scholar](#)
24. Guillaumot L, Chungue E. Mission entomologique à Wallis. Rapport technique de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie. 2003; p.130–5. Français.  
[Voir l'article](#) • [Google Scholar](#)
25. Le Gonidec G, Fauran P. [Maladies arbovirales dans les îles du Pacifique Sud-Ouest (traduction de l'auteur)]. *Med Trop (Mars)*. 1981; 41 (1): 85–92. Epub 1981/01/01. pmid: 6116150.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
26. INVS. Bilan épidémiologique Pacifique Sud (Bilan à fin 2011-Mise à jour juin 2012). Département International Institut National de Veille Sanitaire. 2012. Français.
27. ADSWF. Agence de Santé des îles Wallis et Futuna. Epidémie de dengue 2017–2018 à Wallis et Futuna. *Bulletin épidémiologique* n ° 49. 2019. Français.
28. Calvez E, Mousson L, Vazeille M, O'Connor O, Cao-Lorreau VM, Mathieu-Daude F, et al. Épidémie de virus Zika dans le Pacifique: compétence vectorielle des vecteurs régionaux. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018; 12 (7): e0006637. En ligne du 2018/07/18. pmid: 30016372; PubMed Central PMCID: PMC6063428.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
29. Calvez E, Guillaumot L, Girault D, Richard V, O'Connor P, Paoaafaite T, et al. Virus de la dengue-1 et compétence vectorielle des populations d'*Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Nouvelle-Calédonie. *Vecteurs de parasites*. 2017; 10 (1): 381. En ligne du 11/08/2017. pmid: 28793920; PubMed Central PMCID: PMC5551013.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
30. Équipe principale de développement R. R: Un langage et un environnement pour le calcul statistique. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. 2005. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org> .
31. Guillaumot L. Mission entomologique à Wallis. Rapport d'activités de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie. 2007; p.80–6. Français.  
[Voir l'article](#) • [Google Scholar](#)
32. Rosen L, Rozeboom LE, Sweet BH, Sabin AB. La transmission de la dengue par *Aedes polynesiensis* Marks. *Suis J Trop Med Hyg*. 1954; 3 (5): 878–82. Publication en ligne 1954/09/01. pmid: 13197723.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
33. Hitchcock JC. Transmission de la filariose sub-périodique aux Tonga par *Aedes oceanicus* Belkin. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1971; 65 (3): 408–9. Epub 1971/01/01. pmid: 5559760.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
34. Tesh RB, McLean RG, Shroyer DA, Calisher CH, Rosen L. Ross River virus (Togaviridae: Alphavirus) infection (polyarthrite épidémique) aux Samoa américaines. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1981; 75 (3): 426–31. pmid: 7324110.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
35. Kay BH, Miles JAR, Gubler DJ, Mitchell GJ. Vecteurs du virus de Ross River: un aperçu. Dans: Mackenzie JS, éditeur. *Maladies virales en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique occidental*. New York: universitaire; 1982. p. 532–6.
36. Ramalingam S. L'épidémiologie de la transmission filarienne au Samoa et aux Tonga. *Ann Trop Med Parasitol*. 1968; 62 (3): 305–24. Epub 1968/09/01. pmid: 5751950.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
37. Lambdin B, Schmaedick MA, Burkot TR. Utilisation de conteneurs domestiques et naturels par *Aedes oceanicus* aux Samoa américaines. *J Med Entomol*. 2008; 45 (4): 758–62. pmid: 18714880.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
38. Belkin JN. *Les moustiques du Pacifique Sud (Diptera, Culicidae)*: University of California Press, Berkeley et Los Angeles; 1962. 608 p.
39. Fauran P, Lacoste J, Combes D, Marcille P, Charpin M. [Wuchereria bancrofti filariose apériodique humaine sur le territoire français de Wallis et Futuna (traduction de l'auteur)]. *Med Trop (Mars)*. 1981; 41 (6): 665–9. Epub 1981/11/01. pmid: 7040905.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
40. Joyce CR, Nakagawa PY. *Aedes vexans* nocturnus (Theobald) à Hawaï. *Proc Hawaiian Entomol Soc*. 1963; 18: 273–80.  
[Voir l'article](#) • [Google Scholar](#)
41. Russell RC. L'attractivité relative du dioxyde de carbone et de l'octénol dans les pièges à lumière de type CDC et EVS pour l'échantillonnage des moustiques *Aedes aegypti* (L.), *Aedes polynesiensis* Marks et *Culex quinquefasciatus* disent à Moorea, en Polynésie française. *J Vector Ecol*. 2004; 29 (2): 309–14. Publication en ligne 2005/02/15. pmid: 15707289.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)

- Johansen CA, Lindsay MD, Harrington SA, Whelan PI, Russell RC, Broom AK. Premier signalement d'*Aedes* (*Aedimorphus*) *vexans vexans* (Meigen) en Australie. *J Am Mosq Control Assoc.* 2005; 21 (2): 222–4. Epub 2005/07/22. pmid: 16033126.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
43. Richard V, Paoaafaite T, Cao-Lormeau VM. Compétence vectorielle des populations d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis* de Polynésie française pour le virus Chikungunya. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016; 10 (5): e0004694. En ligne du 06/05/2016. pmid: 27144888; PubMed Central PMCID: PMC4856362.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
44. Vega-Rua A, Zouache K, Girod R, Failloux AB, Lourenco-de-Oliveira R. Haut niveau de compétence vectorielle d'*Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* de dix pays américains comme facteur crucial dans la propagation du virus Chikungunya. *J Virol.* 2014; 88 (11): 6294-306. En ligne du 29/03/2014. pmid: 24672026; PubMed Central PMCID: PMC4093877.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
45. Kramer LD, Ebel GD. Dynamique de l'infection à flavivirus chez les moustiques. *Adv Virus Res.* 2003; 60: 187-232. Epub 2003/12/24. pmid: 14689695.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
46. Zhang D, Lees RS, Xi Z, Bourtzis K, Gilles JR. Combinaison de la technique de l'insecte stérile avec la technique de l'insecte incompatible: III- Compétitivité d'accouplement robuste des mâles *Aedes albopictus* infectés par *Wolbachia* triple irradié dans des conditions semi-terrain. *PLoS One.* 2016; 11 (3): e0151864. En ligne du 19/03/2016. pmid: 26990981; PubMed Central PMCID: PMC4798476.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
47. Zheng X, Zhang D, Li Y, Yang C, Wu Y, Liang X et al. Les techniques d'insectes incompatibles et stériles combinées éliminent les moustiques. *La nature.* 2019. Epub 2019/07/19. pmid: 31316207.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
48. Lees RS, Gilles JR, Hendrichs J, Vreysen MJ, Bourtzis K. Retour vers le futur: la technique des insectes stériles contre les moustiques vecteurs de maladies. *Curr Opin Insect Sci.* 2015; 10: 156–62. En ligne du 01/08/2015. pmid: 29588003.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)
49. Mains JW, Brelsfoard CL, Rose RI, Dobson SL. Suppression d'*Aedes albopictus* femelle adulte par les moustiques mâles infectés par *Wolbachia*. *Sci Rep.* 2016; 6: 33846. En ligne du 24/09/2016. pmid: 27659038; PubMed Central PMCID: PMC5034338.  
[Voir l'article](#) • [PubMed / NCBI](#) • [Google Scholar](#)