



HAL
open science

Observatoire de données de Tetiaroa : Contribution à la modélisation de l'environnement des moustiques

Benoît Stoll, Hervé Bossin

► **To cite this version:**

Benoît Stoll, Hervé Bossin. Observatoire de données de Tetiaroa : Contribution à la modélisation de l'environnement des moustiques. SAGEO 2019, Nov 2019, Clermont-Ferrand, France. hal-03792271

HAL Id: hal-03792271

<https://hal.science/hal-03792271v1>

Submitted on 30 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Observatoire de données de Tetiaroa : Contribution à la modélisation de l'environnement des moustiques.

Benoît Stoll¹ et Hervé Bossin²

1. Laboratoire GEPASUD, Université de la Polynésie française

BP6570, 98702, Faa'a – Tahiti, Polynésie française

Benoit.stoll@upf.pf

2. Institut Louis Malardé

Papeete – Tahiti, Polynésie française

hbossin@ilm.pf

RESUME. En 2014 l'institut Louis Malardé de Papeete entame une opération innovante de lutte anti-vectorielle sur le motu Onetahi de l'atoll de Tetiaroa. Afin de suivre la dynamique de la population de moustiques *Aedes polynesiensis*, un réseau de pièges à moustiques est installé et géolocalisé précisément. Dans une optique de modélisation, l'environnement des moustiques a été entièrement cartographié en considérant les différents types d'occupation des sols, sable et végétation, ainsi que les éléments anthropiques comme les bâtiments divers de l'hôtel « The Brando », les habitations du personnel, les bâtiments techniques, les réseaux techniques, les routes, Chaque couche vectorielle se voit attribuer dans sa table d'attribut, un triplet d'indices GOR (« Gite », « Obstacle », « Repos ») représentant la probabilité des moustiques d'effectuer l'un de leurs 3 comportements de base. Cette cartographie exhaustive alimente l'observatoire de données scientifiques et environnementales de Tetiaroa.

ABSTRACT. In 2014, the Institut Louis Malardé from Papeete, launched an innovative vector control experiment on motu Onetahi, Tetiaroa atoll. In order to monitor the *Aedes polynesiensis* mosquito population, a network of mosquito traps has been deployed and precisely geo-located. To modelize the experiment, the mosquito environment has been completely mapped considering the various land use such as sand, vegetation, and the various anthropic elements such as "The Brando" hotel buildings, staff accommodations, technical facilities, roads, etc. A BOR index triplet ("Breeding", "Obstacle", "Resting") which represents the probabilities of one of the three mosquito's basic behavior is specified for each vector layer in its attribute table. This exhaustive map feeds the Tetiaroa scientific and environmental data observatory.

MOTS-CLES : Lutte anti-vectorielle, cartographie, environnement des moustiques, modélisation, observatoire de données scientifiques et environnementales, Atoll de Tetiaroa .

KEYWORDS: Vector fight, mapping, mosquito environment, modeling, scientific and environmental data observatory, Tetiaroa atoll.

1. Introduction

L'île de Tetiaroa est un atoll des îles du vent dans l'archipel de la société en Polynésie française. Cet atoll fermé, situé à 50km au nord de l'île de Tahiti par 17°00' Sud et 149°34'Ouest, comporte 12 « *motu* » (îlots coralliens) (Figure 1).



FIGURE 1. Atoll de Tetiaroa – Archipel de la société – Polynésie française

La Tetiaroa Society, créée en partenariat avec l'hôtel de grand luxe « The Brando », est une organisation à but non lucratif chargée de mettre en avant la préservation de l'environnement, la recherche scientifique et l'éducation sur l'atoll de Tetiaroa (Tetiaroa_Society, 2016). Le projet Moorea IDEA (Davies *et al.*, 2016; Gruen *et al.*, 2017) a pour but de modéliser l'environnement des îles de Moorea et Tetiaroa.

Depuis 2014, l'institut Louis Malardé conduit un programme innovant de lutte anti-vectorielle sur le *motu* Onetahi de l'atoll de Tetiaroa (Limb Kemp *et al.*, 2013; Bossin *et al.*, 2016a, b). Le but étant l'élimination du moustique *Aedes polynesiensis*, espèce vecteur de maladies vectorielles. L'institut Louis Malardé souhaite modéliser le comportement des moustiques afin d'optimiser les paramètres de l'opération pour améliorer la stratégie des futures campagnes de lutte anti-vectorielle.

Cet article décrit la méthodologie de cartographie de l'environnement des moustiques qui servira de base à cette modélisation. Les couches vectorielles produites sont intégrées dans le SIG multi-thématique de la Tetiaroa Society, qui est le prémice d'un nouvel observatoire de données scientifiques et environnemental (Stoll and Longine, 2019).

Nous décrivons dans un premier temps le protocole du programme de lutte anti-vectorielle, puis l'aspect méthodologique : images satellites, mesure GPS et création des différentes couches vectorielles, suivi de conclusions et perspectives.

2. Programme de lutte anti vectorielle

Le procédé consiste à produire au laboratoire et à lâcher dans les zones infestées, de façon régulière et en nombre suffisant, des moustiques mâles porteurs de la bactérie *Wolbachia* (technique dite de l'insecte incompatible ou TII). Les moustiques mâles ne piquent pas, ils ne sont donc pas source de nuisance et ne transmettent pas de pathologies infectieuses. Une femelle moustique inséminée par l'un de ces mâles est stérile à vie, l'incompatibilité par *Wolbachia* induisant l'arrêt du développement embryonnaire dans les œufs qu'elle pond. Incapable de se renouveler, la population de moustiques ainsi traitée s'effondre en l'espace de quelques mois.

Le *motu* Onetahi a été choisi pour deux raisons principales : d'une part, il est de taille modeste (78Ha), ce qui réduit le nombre de moustiques mâles stérilisants à produire, ainsi que l'effort de cartographie. D'autre part, il est suffisamment éloigné des autres *motu* pour que les moustiques soient isolés des autres populations de moustiques, ce qui limite le risque de réinfestation et facilite l'évaluation de l'efficacité du procédé TII sur le terrain.

Un suivi précis de la dynamique de la population de moustiques avant, pendant et après l'opération est réalisé. Pour cela, un réseau de pièges (pièges BG-Sentinel et pièges GAT) a été positionné sur le *motu* Onetahi ainsi que sur les motus Honuea, Tiarauu, Auroa, Rimatuu et Reiono qui font office de *motu* témoins.

3. Méthodologie

3.1. Données images et protocole GPS

Le projet Moorea IDEA a fourni une image Pléiades tri-stéréoscopique de Tetiaroa (R, V, B, IR à 70cm) de 2014 et le modèle numérique de surface (MNS) afférent. Cette image a servi de fond de carte ainsi que de base pour la carte de la végétation.

Concernant le positionnement, un GPS Trimble Geo7x est utilisé pour les relevés terrain, la post-correction étant effectuée en utilisant une base GPS Trimble GeoXH avec antenne Zéphyr L1/L2 (Stoll and Longine, 2019). La précision obtenue est de 2cm avec un ciel ouvert et de l'ordre de 50cm sous la végétation.

3.2. Couches vectorielles et cartographie

La cartographie est réalisée à partir d'outils SIG gratuits (Qgis). Ces outils permettent d'associer des données Raster (images satellites) et des données vectorielles. L'ensemble des éléments cartographiques produits dans le cadre de cette étude sont au format vectoriel afin de pouvoir associer des informations complémentaires dans la table d'attribut. La cartographie finale sera la superposition des différentes couches vectorielles décrites ci-après.

Il s'agit de cartographier précisément l'environnement des moustiques, c'est-à-dire tous les éléments paysagers et architecturaux qui interagissent avec ces derniers. Citons les éléments naturels comme les plages, la végétation, mais aussi les éléments anthropiques comme la piste d'aéroport, les bâtiments et routes, les chambres techniques, ainsi que l'emplacement de chaque piège à moustiques de l'opération.

3.2.1. *Eléments naturels*

Les plages ont été extraites de l'occupation des sols (Stoll and Longine, 2019). La végétation sur le *motu* Onetahi, est de deux types : naturalisée au centre du *motu*, et fortement anthropisée (plantée et/ou entretenue) partout ailleurs.

La cartographie de la végétation utilise un jeu de classes « orienté moustique » basé non pas sur les espèces végétales mais sur le type de végétation. En effet le moustique *Aedes polynesiensis* affectionne les forêts fermées, ombragées, humides avec des sous-bois arbustifs, il reste loin des zones ouvertes, ensoleillées et venteuses. Cette cartographie a été produite par photo-interprétation de l'image Pléiades 2014 appuyée sur la hauteur de la végétation tirée du MNS. Ce travail a été appuyé par une campagne intensive de relevés terrains au GPS (1600 points).

3.2.2. *Eléments anthropiques*

Cartographier les éléments anthropiques a nécessité de numériser l'ensemble des bâtiments (hôtel, zone technique, zones de vie, containers de stockage, ...) mais aussi les routes et pistes ainsi que les chambres techniques pouvant abriter des gîtes.

Les plans d'architecte de l'hôtel ont été vectorisés et recalés. Les 289 bâtiments ainsi que les 156 chambres techniques ont été positionnés au GPS, ou par recalage sur l'image Pléiades 2014. De même, les 7989 mètres linéaires de routes et pistes ont été relevés au GPS et les zones de défrichage (4 mètres autour des routes) ont été extrapolées par un tampon fixe. Enfin, l'emplacement précis des 49 pièges BG-Sentinels et des 78 pièges GAT du réseau a été relevé.

3.2.3. *Indices comportementaux G.O.R.*

Le moustique a trois types d'interactions comportementales avec son environnement : il se déplace, il se (re)pose, et il exploite des gîtes larvaires. Dans un but de modélisation, un triplet d'indices « *G.O.R.* » pour « Gîte », « Obstacle » et « Repos » est ajouté dans la table attributaire de chaque couche vectorielle afin de quantifier la probabilité respective de ces trois comportements de base.

La valeur probabiliste de ces indices peut être déterminée par la connaissance *a priori* des experts sur le comportement des moustiques, ou dans certains cas, être estimée par une expérience de marquage/lâcher/recapture permettant de quantifier le degré de déplacement d'un moustique au travers de certains types de végétation. Par anticipation, et comme les deux espèces de moustiques vecteurs présentes sur le

Observatoire de données de Tetiaroa : Contribution à la modélisation de l'environnement des moustiques

motu Onetahi ont des comportements différents, nous avons implémenté deux triplets d'indice *G.O.R.* : *Gap*, *Oap* et *Rap* pour l'*Aedes polynesiensis* et *Gaa*, *Oaa* et *Raa* pour l'*Aedes aegypti* (Figure 2). Les bâtiments étant constitués de différentes parties avec des valeurs *G.O.R.* distinctes, la vectorisation a pris en compte ce fait.

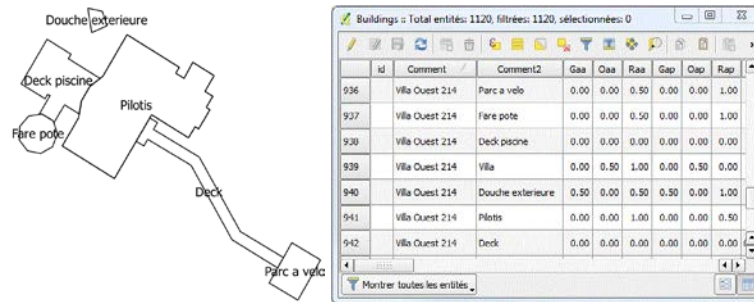


FIGURE 2. Indices *G.O.R.* d'une villa de l'hôtel

La Figure 3 rassemble l'ensemble des couches vectorielles précitées et constitue la cartographie de l'environnement des moustiques sur le *motu* Onetahi.

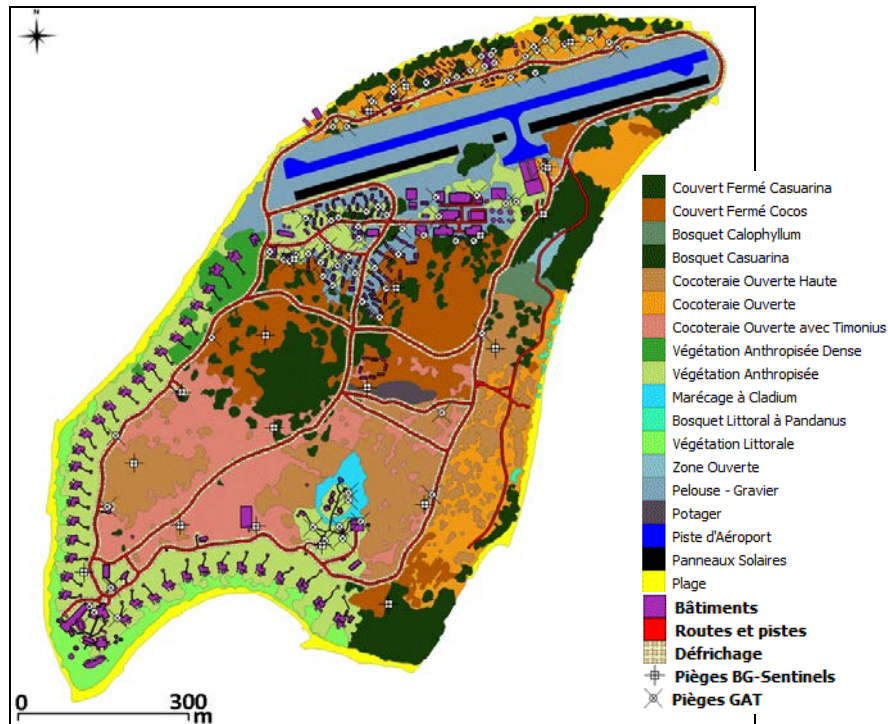


FIGURE 3. Cartographie de l'environnement des moustiques sur Onetahi

4. Conclusions et perspectives

Nous avons effectué la cartographie de l'environnement des moustiques sur le *motu* Onetahi de Tetiaroa où se déroule l'opération pilote d'élimination des moustiques de l'institut Louis Malardé. Pour ce faire, nous avons cartographié l'ensemble des éléments naturels mais aussi des éléments anthropiques présents sur le *motu*. Un triplet d'indices *G.O.R.* a été proposé, dans la table d'attribut des couches vectorielles, pour quantifier les probabilités d'occurrence des trois types d'interactions entre les moustiques et leur environnement.

Cette carte va servir de base pour modéliser le comportement des moustiques et ainsi permettre l'optimisation des différents paramètres de l'opération. Elle est aussi intégrée à l'observatoire de données scientifiques et environnementales de la Tetiaroa Society.

Remerciements :

Merci au projet IDEA pour les données Pléiades2014, à l'institut Louis Malardé, à Xenia Jost pour sa contribution et à la Tetiaroa Society pour son aide logistique.

Bibliographie :

Bossin, H., Petit, H., Marie, J., Stoll, B., Cheong Sang, M., 2016a. Releases of *Wolbachia* mosquito males to sterilize and suppress a population of *Aedes Polynesiensis* on Tetiaroa Atoll, French Polynesia. International Congress for Tropical Medicine and Malaria, Brisbane - Australia.

Bossin, H., Petit, H., Marie, J., Stoll, B., Cheong Sang, M., 2016b. Suppression of an isolated population of the mosquito vector *Aedes polynesiensis* on the atoll of Tetiaroa, French Polynesia, by sustained release of *Wolbachia*-incompatible male mosquitoes. ICE - XXV International Congress of Entomology, Orlando, Florida, USA.

Davies, N., Field, D., Gavaghan, D., Holbrook, S.J., Planes, S., Troyer, M., Bonsall, M., Claudet, J., Roderick, G., Schmitt, R.J., Amaral Zettler, L., Berteaux, V., Bossin, H., Cabasse, C., Collin, A., Deck, J., Dell, T., Dunne, J., Gates, R., Harfoot, M., Hench, J.L., Hopuare, M., Kirch, P., Kotoulas, G., Kosenkov, A., Leichter, J.J., Lenihan, H., Magoulas, A., Martinez, N., Meyer, C., Stoll, B., Swalla, B., Tartakovsky, D.M., Teavai Murphy, H., Turyshchev, S., Valdivinos, F., Williams, R., Wood, S., Consortium, I., 2016. Simulating social-ecological systems: the Island Digital Ecosystem Avatars (IDEA) consortium. Gigascience - Biomed Central. The Open Publisher.

Gruen, A., Guo, T., Ural, S., Troyer, M., Kocaman, S., 2017. DSM/DTM-related investigations of the Moorea Avatar project. Asian Conference on Remote Sensing, New Delhi, India.

Limb Kemp, H., Cheong Sang, M.A., Tuterarii, P., Bossin, H., 2013. SUPPORTIVE OUTCOME OF A WOLBACHIA-BASED RANGING TRIAL AGAINST *AEDES POLYNESESIENSIS* ON THE ATOLL OF TETIAROA, FRENCH POLYNEsia. *Pathogens and Global Health* 107, 457-457.

Stoll, B., Longine, M., 2019. Géomorphologie à Tetiaroa : Prémices d'un observatoire de données scientifiques et environnementales. SAGEO, Clermont Ferrand.

Tetiaroa_Society, 2016. TETIAROA CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE PLAN (CASUP).