# Géomorphologie à Tetiaroa : Prémices d'un observatoire de données scientifiques et environnementales.

**Benoît Stoll[1] et Manaarii Longine**

*1. Laboratoire GEPASUD, Université de la Polynésie française*
*BP6570, 98702, Faa'a – Tahiti, Polynésie française*
*Benoit.stoll@upf.pf*

RESUME. *En 1966, l'atoll de Tetiaroa a été acheté par Marlon Brando. Il a souhaité qu'il devienne un modèle écologique et un site dédié à la conservation, l'éducation et la recherche. La Tetiaroa Society accueille des équipes de chercheurs locaux et internationaux, elle a exprimé un besoin en termes de collecte, stockage, partage et représentation des données scientifiques produites sur l'atoll.*
*Le traitement géomorphologique des données raster historiques remontant à 1955 constitue les prémices d'une base de données géographiques multi-thématique qui fera à terme de Tetiaroa un atoll sous surveillance environnementale et scientifique.*
*Cet article décrira la cartographie de l'occupation des sols et du trait de côte des motu de Tetiaroa, une analyse diachronique permettra de vérifier le comportement géodynamique de ceux-ci et un suivi de l'érosion sera proposé.*

ABSTRACT. *The atoll of Tetiaroa has been acquired in 1966 by the actor Marlon Brando. He wished Tetiaroa to become an ecological model and a conservation, education and research site. The Tetiaroa Society hosts teams of local and international researchers, it expressed a strong need in terms of collecting, stocking, sharing and representing the scientific data produced on the atoll.*
*The geomorphologic processing of the historical raster database from 1955 up to 2014 constitute the firstfruits of a multi-thematic geographical database which will make of Tetiaroa an atoll under environmental and scientific surveillance.*
*This article describes the land cover and coast line mapping of the Tetiaroa's motu, a diachronic analysis checks their geodynamic behavior, and an erosion and scarps monitoring is proposed.*

MOTS-CLES : *Géomorphologie, Atoll de Tetiaroa, Observatoire, Surveillance environnementale, Système d'information géographique.*

KEYWORDS: *Géomorphology, Tetiaroa atoll, Observatory, Environmental monitoring, Geographical information system.*

## 1. Introduction

L'île de Tetiaroa est le seul atoll des îles du vent dans l'archipel de la société en Polynésie française, il est situé à 50km au nord de l'île de Tahiti par 17°00' Sud et 149°34'Ouest (Figure 1). Cet atoll fermé possède 12 « *motu* » ou îlots coralliens, de surface cumulée de 5,5km$^2$ (Table 2).




FIGURE *1. Atoll de Tetiaroa – îles du vent (gauche) – Motu de Tetiaroa (droite)*

La Tetiaroa Society, organisation à but non lucratif est chargée de promouvoir la préservation de l'environnement, la recherche scientifique et l'éducation. L'éco-station sert de lieu d'accueil pour les équipes de recherche internationales.

Avec la multiplication des programmes de recherches sur l'atoll, la Tetiaroa Society a exprimé le besoin de centraliser et partager les données issues de ces recherches dans une base de données pérenne : celle-ci permettra de mettre à disposition des fonds de cartes, des couches vectorielles spécifiques et de stocker les données des différents chercheurs et associations dans un système commun afin d'optimiser le traitement et la valorisation des données scientifiques.

Le système d'information géographique (SIG) étant un outil particulièrement adapté à cette problématique, un SIG multi-thématique a commencé à être mis en place depuis 2014. Pour assurer la compatibilité des différents types de données, il faut garantir une précision spatiale des données suffisante. Des méthodes de positionnement par GPS différentiel (DGPS) ont été étudiées concrètement sur Tetiaroa. Les données raster disponibles, remontant jusqu'en 1955, ont été géo-référencées lorsque nécessaire (Table 1). Leur traitement a permis de commencer à alimenter l'observatoire de données de Tetiaroa.

Nous développerons dans cet article le descriptif de la base de données raster historique ainsi que le protocole GPS utilisé. Nous poursuivrons par la cartographie de l'occupation des sols, l'analyse diachronique de la géomorphologie des *motu* puis le suivi du trait de côte et de l'érosion. Nous finirons par des conclusions et perspectives.

## 2. Base de données raster et géolocalisation GPS

La base de données comprend trois types de données raster : des prises de vue aériennes (PVA), des images satellites ainsi que de la donnée lidar. (Table 1)

TABLE *1. Base de données raster de Tetiaroa*

| Date | Type | Capteur | Précision | Droits |
|---|---|---|---|---|
| 1955 | PVA | Photo N&B | 1m20 | Service de l'urbanisme - PF |
| 1981 | PVA | Photo N&B | 1m | Service de l'urbanisme - PF |
| 2001 | PVA | Photo couleur | 50cm | Service de l'urbanisme - PF |
| 2004 | PVA | Photo couleur | 80cm | Service de l'urbanisme - PF |
| 2010 | Image satellite | Worldview2 | 50cm | Service de l'urbanisme - PF |
| 2012 | Image satellite | Worldview2 | 50cm | Laboratoire GEPASUD |
| 2014 | Image satellite | Pléiades | 70cm | ETH Zurich - IDEA |
| 2017 | Image héliportée | Lidar | - | EsTH Zurich - IDEA |

Les ortho-photos de 1955 à 2004 ne nécessitent pas de corrections géométriques, mais elles ont du être géo-référencées par un recalage sur l'image Pléiades 2014 en utilisant comme point d'amer des blocs coralliens n'ayant ni grossi, ni été déplacés depuis 1955, et situés à une faible profondeur.

En 2017 le projet Moorea IDEA (Davies *et al.*, 2016) a financé une campagne de cartographie lidar de l'atoll de Tetiaroa (Gruen *et al.*, 2017). De façon classique, la donnée lidar permet de produire un modèle numérique de surface (MNS) et un modèle numérique de terrain (MNT). Sur Tetiaroa, un modèle bathymétrique du lagon (jusqu'à -20m) a aussi été réalisé.

Loin de tout réseau de bases GPS permanentes, la géolocalisation est effectuée à l'aide d'un mobile Trimble Geo7x (antenne Zéphyr2 L1/L2) pour les mesures de terrain, et la post-correction utilise les données d'une base Trimble GeoXH (antenne Zéphyr L1/L2). La précision obtenue est de 2cm en milieu ouvert et de l'ordre de 50cm sous la végétation (Stoll and Longine, 2019).

## 3. Géomorphologie

### *3.1. Occupation des sols*

La bande infrarouge de l'image Pléiades 2014 a mis en évidence le corail vivant sous l'écume des vagues, la couronne récifale a ainsi pu être vectorisée par photo-interprétation.

(Cozannet *et al.*, 2013) a relevé le trait de côte en 1955, 1981 et 2001. Nous étendons cette étude aux images de 1955 à 2014 (Table 1). L'occupation des sols (Figure 2) a été vectorisée par photo-interprétation. Les classes considérées sont : *l'aragonite*, *les débris coralliens, le sable corallien*, *la lentille d'eau douce*, *la végétation*, et *la végétation de marécages (Stoddart, 1980)*.

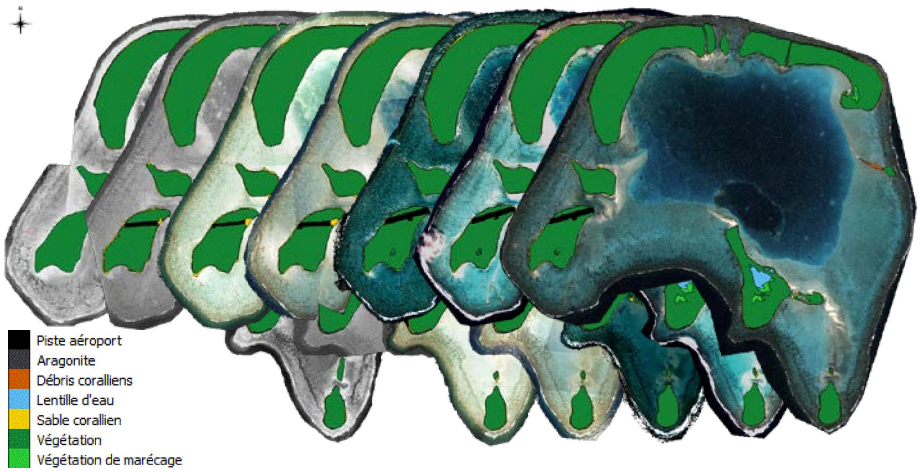



FIGURE 2. *Occupation des sols de 1955 à 2014(de gauche à droite)*

### *3.2. Analyse diachronique*

A partir de ces cartographies, l'évolution des *motu* depuis 1955 a été étudiée en termes de surface et de trait de côte. Les surfaces en 1907 de la Table 2 sont issues d'un document notarial.

TABLE 2. *Surface des motu de Tetiaroa (en Hectares)*

| | **1907** | **1955** | **1981** | **2001** | **2004** | **2010** | **2012** | **2014** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Aie* | *2,9* | *2,06* | *2,07* | *2,27* | *2,31* | *2,31* | *2,3* | *2,75* |
| *Auroa* | *5,2* | *4,85* | *4,8* | *4,65* | *4,67* | *4,65* | *4,67* | *4,62* |
| *Hiraanae* | *38,45* | *36,66* | *36,64* | *36,62* | *36,32* | *36,57* | *36,41* | *36,52* |
| *Honuea* | *29,1* | *28,01* | *30,7* | *31,35* | *31,16* | *30,8* | *30,66* | *30,59* |
| Motu one | 3,1 | 1,65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Onetahi* | *76,9* | *75,62* | *78,6* | *78,57* | *78,57* | *77,93* | *77,48* | *78,54* |
| *Oroatera* | *83,2* | *87,17* | *90,3* | *89,64* | *89,64* | *90,24* | *89,99* | *90,31* |
| *Reiono* | *26,3* | *23,83* | *Abs.* | *23,84* | *23,84* | *23,71* | *23,65* | *23,99* |
| *Rimatu'u* | *90,7* | *88,72* | *95,77* | *94,5* | *94,5* | *92,86* | *93,1* | *93,62* |
| Tahuna iti | 5,1 | 5,01 | 9,25 | 8,17 | 8,17 | 8,37 | 7,21 | 7,11 |
| Tahu. rahi | 5,15 | 3,54 | Abs. | 1,26 | 1,26 | 0,97 | 0,97 | 0,88 |
| *Tauini* | *7,4* | *8,22* | *8,18* | *8,05* | *8,05* | *8,19* | *8,22* | *8,17* |
| *Tiaraunu* | *211,5* | *171,36* | *175,14* | *174,55* | *174,55* | *174,44* | *174,35* | *174,95* |
| **Total** | **580** | **538,34** | **534,09** | **547** | **555,69** | **553,34** | **551,63** | **553,5** |

La surface des *motu* sur socle corallien (en italique Table 2) n'évolue pas et à l'exception de certains bancs de sable, ne voient pas leur trait de côte évoluer. *A contrario*, d'autres *motu*, sablonneux (soulignés et grisés Table 2), voient une forte évolution (Figure 3). Ceux-ci se déplacent au grès des aléas climatiques (forte houle, cyclones, etc.) par un phénomène d'érosion/accrétion (Cozannet *et al.*, 2013).

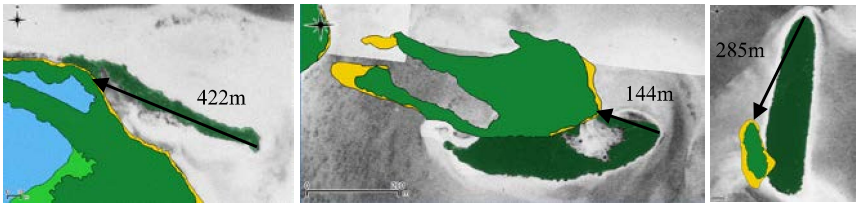



FIGURE *3. Evolutions de Motu one (gauche), Tahuna iti (centre), Tahuna rahi (droite) entre 1955 (transparent) et 2014 (plein)*

### *3.3. Suivi du trait de côte et de l'érosion*

Les changements géomorphologiques conséquents de certains *motu* imposent un suivi régulier. Les traits de côte de 1955 à 2014 sont extraits des occupations des sols précédentes. Un suivi du trait de côte par relevés GPS est entamé en 2016 et 2017 en notant le type de substrat parmi : *Aragonite – Construction - Débris coralliens – Sable corallien – Escarpements* et *Végétation* (Berney *et al.*, 2016).

Depuis quelques années, une érosion importante sur certaines plages a été observé (Jeanson *et al.*, 2014). Celle-ci touche l'habitat et le lieu de ponte de nombreuses espèces sensibles (oiseaux, tortues, …). Si nous ne pouvons en vérifier l'historique, il est possible d'en cartographier les escarpements. Un calcul de pentes sur le modèle numérique de terrain (MNT) lidar de 2017 a permis de localiser 9443,5 mètres linéaires d'escarpements dont il convient de surveiller l'évolution.

## 4. Conclusions et perspectives

L'observatoire de données de Tetiaroa a été initié par l'intégration des données raster historiques de 1955 à 2017 dont le traitement a permis de produire des données géomorphologiques (occupation des sols, trait de côte). Plusieurs programmes scientifiques ont déjà commencé à alimenter la base de données : citons ici l'élimination des moustiques (Bossin *et al.*, 2016; Stoll and Bossin, 2019), l'observation des tortues marines (Petit *et al.*, 2016; Stoll *et al.*, 2019) et l'inventaire des sites archéologiques (Molle and Hermann, 2017; Molle *et al.*, 2019).

Concernant l'aspect méthodologique, un serveur hébergeant la base de données doit être mis en place et une politique de stockage des données scientifiques des chercheurs accueillis à la Tetiaroa Society doit être formalisée. A court terme il est envisagé de mettre au point un protocole de modélisation 3D des plages par drone ; celui-ci permettra le suivi des nids de tortues (Stoll *et al.*, 2019) ainsi que la surveillance des escarpements dus à l'érosion des plages.

*Remerciements :*

*Merci au SAU de la Polynésie française, au projet IDEA pour les données raster et lidar. Armin Gruhn, Tao Guo, Serkan Ural, Frank Murphy pour leur aide.*

## Bibliographie

Berney, J., Eland, I., Krantz, T., Moore, S., Smith, D., Strout, N., Wilgers, L., 2016. The Tetiaroa Atoll Research Project: Documenting Changes in Island Morphology and Biodiversity through GIS-Based Field Research. Ocean Solutions, Earth Solutions.

Bossin, H., Petit, H., Marie, J., Stoll, B., Cheong Sang, M., 2016. 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.

Cozannet, G.L., Garcin, M., Petitjean, L., Cazenave, A., Becker, M., Meyssignac, B., Walker, P., Devilliers, C., Brun, O.L., Lecacheux, S., Baills, A., Bulteau, T., Yates, M., Wöppelmann, G., 2013. Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: An example in French Polynesia. 12th International Coastal Symposium. Journal of Coastal Research, Plymouth, England, pp. 2137-2142.

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., Turyshev, S., Valdvinos, 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.

Jeanson, M., Anthony, E., Etienne, S., Dolique, F., 2014. Morphodynamic characterization of beaches on a Pacific atoll island: Tetiaroa, French Polynesia. 13th International Coastal Symposium. Journal of Coastal Research Durban, South Africa, pp. 176-181.

Molle, G., Hermann, A., 2017. Archaelogical Research on Teti'aroa (Society islands, French Polynesia) Final Report - Phase 1.

Molle, G., Hermann, A., Lagarde, L., Stoll, B., 2019. The long-term history of Teti'aroa (Society Islands, French Polynesia): New archaeological and ethnohistorical investigations. Journal of Pacific Archaeology

Petit, M., Gaspar, C., Leport, G., Esposito, C., Stabile, V., 2016. Saisons de ponte 2014-2015 et 2015-2016 de la tortue verte (Chelonia mydas) sur l'atoll de Tetiaroa. Te Mana O Te Moana.

Stoddart, D., 1980. Land cover map of Tetiaroa's motu. Gump station - Moorea.

Stoll, B., Bossin, H., 2019. Observatoire de données de Tetiaroa : Contribution à la modélisation de l'environnement des moustiques., SAGEO, Clermont Ferrand.

Stoll, B., Hart, M., Gaspar, C., 2019. Contribution de la géomatique à l'observation des nids de tortues marines de Tetiaroa., SAGEO, Clermont Ferrand.

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

View publication stats