

Géophysique externe, climat et environnement

## L'aléa tsunami en Polynésie française : synthèse des observations et des mesures

François Schindelé<sup>a,\*</sup>, Hélène Hébert<sup>b</sup>, Dominique Reymond<sup>c</sup>,  
Anthony Sladen<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Service « Technologie de la mesure dans la géosphère », CEA/DASE, BP 12, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

<sup>b</sup> Laboratoire de détection et de géophysique, CEA/DASE, BP 12, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

<sup>c</sup> Laboratoire de géophysique, BP 640, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Reçu le 24 mars 2006 ; accepté après révision le 18 septembre 2006

Disponible sur Internet le 27 octobre 2006

Présenté par Xavier Le Pichon

### Résumé

Depuis 1837, les récits et les témoignages ont fait état de 15 tsunamis en Polynésie française, dont 11 ont provoqué des dégâts, la plupart induits par des séismes de magnitude supérieure à 8,5. Six d'entre eux provenaient du Chili, quatre du Nord du Pacifique. Un seul eut une origine locale en 1999, lié à un effondrement d'un pan de falaise à Fatu-Hiva. Les tsunamis de 1946 en provenance des Aléoutiennes et de 1960 en provenance du Chili ont provoqué des dommages dans la plupart des archipels : ces deux événements sont les deux tsunamis principaux du XX<sup>e</sup> siècle, dans le Pacifique. En revanche, aucun séisme n'a dépassé la magnitude 8,4 dans cette région depuis 1965. De ce fait, aucun tsunami transocéanique de grande amplitude n'y a été observé depuis cette date. Pourtant, les quatre stations marégraphiques de Polynésie française ont enregistré 33 tsunamis distincts, d'amplitude allant de quelques centimètres à plus de 1,6 m, induits par des séismes de magnitude comprise entre 7,3 et 8,4. Aux Marquises, deux tsunamis en provenance d'Amérique du Sud ont provoqué quelques dégâts en montant à plusieurs mètres d'altitude et en pénétrant à plus d'une centaine de mètres à l'intérieur des terres. Ceci montre que, chaque année, il y a en moyenne un tsunami qui traverse au moins la moitié du Pacifique. Les îles Marquises constituent l'archipel le plus touché par les tsunamis, du fait de l'absence de récif corallien et du relief sous-marin de faible pente. *Pour citer cet article : F. Schindelé et al., C. R. Geoscience 338 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**Tsunami hazard in French Polynesia: Synthesis of observations and measurements.** Since 1837, 15 tsunamis in French Polynesia have been reported, 11 generated damage. The two last major Pacific-wide tsunamis, 1946 Aleutian and 1960 Chilean, generated damage in most of the archipelagos. Only one in 1999 was generated by a local source, a coastal cliff failure on Fatu-Hiva Island. Since 1965, no earthquake magnitude was greater than 8.4 and, consequently, no ocean-wide tsunami of large amplitude has crossed the Pacific Ocean. Nevertheless, the four tide gauge installed in French Polynesia recorded 33 distinct tsunamis of amplitude from several centimetres to 1.6 m, generated by earthquakes of magnitude between 7.3 and 8.4, two of them damageable in Marquesas bays. *To cite this article: F. Schindelé et al., C. R. Geoscience 338 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [francois.schindele@cea.fr](mailto:francois.schindele@cea.fr) (F. Schindelé).

*Mots-clés* : Aléa tsunami ; Marégraphe ; Run-up ; Polynésie française

*Keywords*: Run-up; Tide gauge; Tsunami hazard; French Polynesia

## Abridged English version

### Introduction

The Marquesas is the most exposed archipelago to natural hazard in French Polynesia, especially to tsunami hazard. Historical tsunamis observed in French Polynesia (among them the 1946 and 1960 events were particularly impressive in the Marquesas) all originate from the Pacific Rim, where tsunamigenic earthquakes regularly occur. Recent specific studies aimed at setting up risk-prevention plans. A first step consisted in gathering the measurements made on Polynesian tide gauges; then a second part was devoted to the synthesis of observations and witness reports, describing damage and casualties. Finally, the tsunami hazard mapping on a Polynesian scale was also established and is presented elsewhere [7].

### Tsunamis observed in French Polynesia

The first tsunami reported in French Polynesia occurred in 1837 and was generated on the Chilean coasts (Fig. 1). It affected all the archipelagos, in particular the Marquesas Islands, where a 200-m horizontal inundation was reported. The 1837 tsunami inundated numerous coasts and generated lots of damage. It is worth noting that the Marquesas have been repeatedly struck by tsunamis [6]. The local expression 'tai toko', describing a catastrophic inundation of the sea onshore, tends to confirm that tsunamis are part of the Marquesian culture [1].

Since 1837, at least 15 tsunamis have been reported in French Polynesia, and 11 generated damage. Six originated from South America and 4 from the northern part of the Pacific.

Data related to the observations are reported in Fig. 2, which correspond to the 10 events for which run-up and inundation data are available for Tahiti and the Marquesas Islands.

Several field surveys have recently collected the maximum of information from the 1946 tsunami [3]. The observed tsunami map in Marquesas archipelago (Fig. 3) demonstrates that all the bays of each island were affected by the 1946 tsunami, mainly the Tahauku bay (Hiva-Oa), where one wave reached more than 18 m of run-up. In Marquesas archipelago, the average run-

up was 7 m and 2 casualties were reported. Numerous houses were destroyed and swept down (out?) by the waves.

Observations of the 1960 tsunami on the Tahiti coasts were available, reported by Vitousek in 1963 [4] (Fig. 4). One-metre run-up was observed on most of the coasts and 3.8-m run-up was observed on the Papenoo River, not protected by any coral reef. On the same figure we added several recent data from the 1946 event. Run-ups vary from 1 to 3 m with horizontal inundation up to 300 m: these observations are higher than those in 1960.

Highest run-up and horizontal inundations are always measured in Marquesas archipelago. The run-ups reached by the waves are in average 2 to 6 times higher than those observed in Tahiti or on the coastline of the other high islands. For example, the 1946 tsunami reached 15 m of run-up in a few Marquesas bays, with more than 500 m of inundation. In comparison, in Tahiti, the highest run-up was 3 m and the horizontal inundation did not exceed 300 m.

The coastlines of French Polynesia have not been affected by tsunami waves since 1960, the Marquesas Islands (Fig. 2) excepted. In 1964, the Alaska tsunami reached 1.5 m in a specific bay in Nuku-Hiva. In July 1995, a tsunami from Chile reached 3 m of run-up in the Tahauku bay, inundating until 250 m inland [5]. Similarly in 1996, the tsunami from Peru run-up was 2 m and the inundation 100 m. These two last events sunk two boats in the Tahauku bay and damaged several wharfs, sweeping down (out?) various objects and numerous pirogues.

Only one tsunami was generated by a local source, in 1999, due to a coastal cliff failure on Fatu-Hiva Island. This tsunami affected two bays in Fatu-Hiva: in Omoa bay, the run-up values vary from 1 to 5 m, and the horizontal inundation reached 100 to 200 m [2]. The cliff failure size was around 300 m wide, 300 m high, and 20 m thick.

### Tsunami amplitudes measured in French Polynesia

Four tide gauge stations are currently operated in French Polynesia, three implemented and maintained by the University of Hawaii (Papeete since 1969, Mangareva, 1969, and Nuku-Hiva, 1987) and one by the 'Laboratoire de géophysique de Tahiti' (Hiva-Oa, since

2003). One station was implemented by SHOM (French Hydrographic Service) from 1957 to 1999 in Matavai bay (Tahiti).

A catalogue of tide gauge records was synthesized, which includes 69 records since 1957, corresponding to 38 distinct tsunamis. Forty-six measured amplitudes have been selected, since the remaining records were too noisy to detect tsunami waves of a few centimetres at most.

The tsunami amplitudes are reported in Fig. 5, versus the earthquake magnitude. Three different tsunami-genic source areas are distinguished, from the north and northwest (Mariannes to Alaska), from the east (southern Chile to Mexico) and finally from the west (from Tonga to Solomon).

At Tahiti, we can observe that, in general, the amplitude of the tsunami increases with the magnitude, from a few centimetres for magnitude 7.3 to 1.3 m for the maximum magnitude, 9.5. As a conclusion, for a magnitude smaller than 8.4, the tsunami risk is very small.

At Nuku-Hiva (Marquesas), tsunamis originating from the East of the Pacific are larger than those coming from the north and the northwest, with a factor 2 to 10, for magnitudes smaller than 8.3.

The greatest heights are measured in the Marquesas bays. Those recorded in Nuku-Hiva are at least two times larger than in Tahiti. The Tahauku bay in Hiva-Oa is even more amplifying than Nuku-Hiva, with a factor from 2 to 10.

### Conclusions

A synthesis of 69 tide gauges records in Polynesia has been established, corresponding to 38 different tsunamis. 15 tsunamis have been observed since 1837, with 11 of them causing damage. Few data are available before 1946, but they indicate that some coastal sites may have been struck several times.

This study shows that French Polynesia is frequently affected by tsunamis, in particular the Marquesas Islands [6]. The waves observed in the Marquesas are generally two to ten times higher than the waves recorded in Tahiti, especially for sources from the East and North Pacific. The mild submarine slopes and the lack of a coral reef explain the amplification of tsunamis in the Marquesas. Incidentally the alert thresholds are smaller for the Marquesas than for the other Polynesian islands.

Since 1960, only the Marquesas have been struck by four different tsunamis in Polynesia, including one of local origin in Fatu-Hiva.

As several seismic gaps are well identified around the Pacific, significant tsunami-genic earthquakes ( $M > 8.5$ )

are expected in the coming years, which should trigger tsunamis able to reach Polynesia, and particularly the exposed bays in the Marquesas.

A tsunami-warning system is operated by CEA in French Polynesia. The tide gauge records constitute an essential component of the alert system, since they provide the only physical data describing the waves and confirming the arrival of a tsunami. Each harbour located on the border of French Polynesia should be equipped with tide gauges able to provide information helping the decisions to be made for the alert, the need for rescue, or, on the contrary, to cancel the alert.

## 1. Introduction

En Polynésie française, les risques naturels majeurs sont les cyclones, les tsunamis, les inondations et les mouvements de terrain. Les îles Marquises constituent l'archipel le plus touché par les catastrophes naturelles d'origine géophysique, et notamment par les tsunamis, qui y sont le risque naturel majeur. Il s'agit d'événements qui ont presque toujours une origine très éloignée, un tremblement de terre qui génère un mouvement du fond océanique. Plusieurs tsunamis ont été observés en Polynésie française au cours du XX<sup>e</sup> siècle, dont certains furent catastrophiques (1946 et 1960), surtout aux îles Marquises.

Un programme d'étude sur les tsunamis en Polynésie française a été effectué en 2005 et 2006, dans le cadre de la mise en place du Plan de prévention du risque tsunami. La première partie a concerné l'étude des tsunamis enregistrés par les stations marégraphiques, tandis que la seconde était consacrée aux observations faites, dont les dommages (dégâts et victimes). L'établissement de la cartographie de l'aléa tsunami pour les différentes îles de la Polynésie française constituait la dernière partie de cette étude [7].

## 2. Les tsunamis observés en Polynésie française

Les documents en notre possession sont des récits de navigateurs, des rapports de gendarmerie, des coupures de presse et des résultats d'enquêtes effectuées sur place.

Il était connu de longue date que le Pacifique avait été touché régulièrement par des tsunamis, essentiellement le Japon, les îles Hawaii, les îles Aléoutiennes et les côtes d'Amérique latine. Comme Candelot [1] l'a précisé dans son article de 1996, l'existence du vocable marquisien «tai toko», désignant l'imminence d'un débordement cataclysmique de la mer, constitue une preuve tangible du fait que le phénomène avait été

régulièrement observé par le passé dans les baies de l'archipel des Marquises. Les navigateurs du début du XIX<sup>e</sup> siècle parlent de témoignages des anciens, qui évoquent des inondations rapides dans les baies qui avaient eu lieu dans un passé récent.

Le premier tsunami connu qui a touché toute la Polynésie française date de 1837 (voir Fig. 1). Cet événement a inondé de nombreuses côtes et provoqué de nombreux dégâts. La seule observation précise est une inondation de 200 m aux Marquises. À compter de 1837, au moins 15 tsunamis survenus en Polynésie française ont été relatés dans des récits et des témoignages, dont onze qui ont provoqué des dégâts. Six d'entre eux provenaient du Chili, quatre du Nord du Pacifique. Ceux de 1865 [4] et de 1877 ont été peu décrits, l'inondation de 1877 atteignant pourtant au moins 200 m de pénétration aux Marquises.

Depuis 1960, les observations sont beaucoup plus nombreuses et peuvent être considérées comme suffisamment précises pour contribuer à l'étude de l'aléa.

Les données concernant les observations physiques du phénomène sont reportées dans la Fig. 2, où sont représentés, pour les dix événements dont nous disposons, les *run-ups* maximum observés et les distances horizontales d'inondation maximales observés à Tahiti et aux Marquises.

La comparaison des observations entre les archipels donne les informations importantes concernant l'exposition au risque de tsunami.

Un ensemble d'enquêtes a été réalisé durant les dernières années, pour essayer de collecter le maximum d'informations sur le tsunami de 1946 [3], qui était ar-

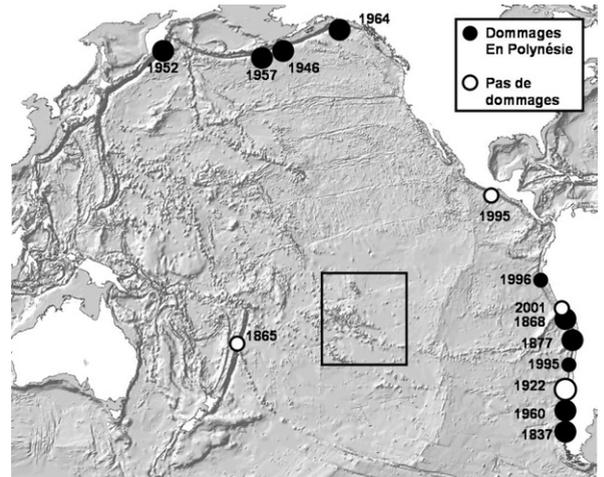


Fig. 1. Épices et années des séismes qui ont induit les tsunamis observés en Polynésie française.

Fig. 1. Epicenters with years of the earthquakes that have generated tsunamis reported in French Polynesia.

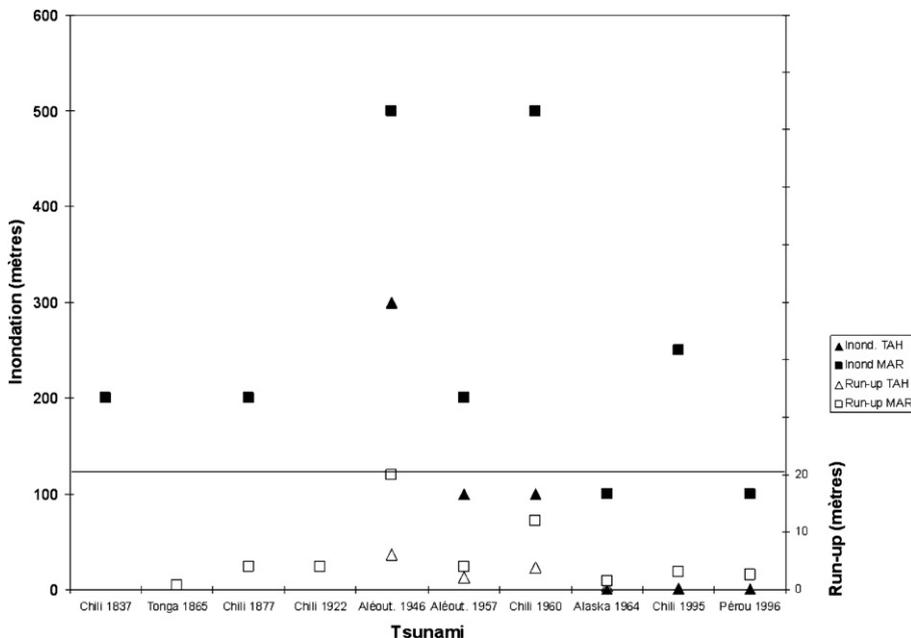


Fig. 2. *Run-up* et pénétration maximum à Tahiti (TAH) et aux îles Marquises (MAR) des dix tsunamis d'origine sismique lointaine. Les *run-ups* (en symbole vide) et les pénétrations (en symbole plein) ont été mesurés pour la plupart à des endroits différents.

Fig. 2. Run-up and maximum inundations in Tahiti (TAH) and Marquesas Islands (MAR) for the ten teleseismic tsunamis. Run-up (empty symbol) and inundations (black symbol) are measured at different sites.

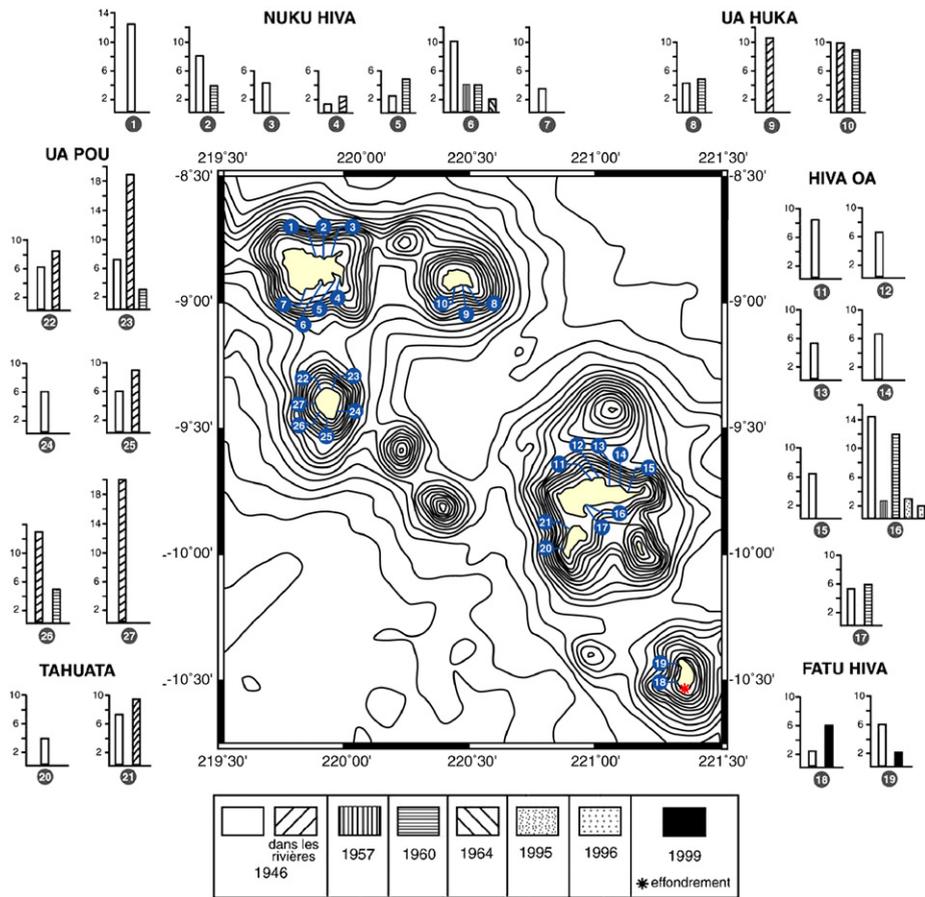


Fig. 3. Carte de hauteur des points culminants atteints par les vagues des tsunamis dans les îles Marquises, depuis 1946 (1 – Aakapa, 2 – Hatiheu, 3 – Anaho, 4 – Hoomui, 5 – Taipivai, 6 – Taiohae, 7 – Hakauai, 8 – Hokatu, 9 – Hane, 10 – Vaipaeae, 11 – Hanaiapa, 12 – Hanatekuua, 13 – Hanapaaaoa, 14 – Nahoa, 15 – Puamau, 16 – Tahauku, 17 – Atuona, 18 – Omoa, 19 – Hanavave, 20 – Hanatefau, 21 – Vaitahu, 22 – Hakahetau, 23 – Hakahau, 24 – Hohoi, 25 – Hakatao, 26 – Hakamaïi, 27 – Haakuti).

Fig. 3. Marquesas Islands tsunamis run-up map, since 1946 (1 – Aakapa, 2 – Hatiheu, 3 – Anaho, 4 – Hoomui, 5 – Taipivai, 6 – Taiohae, 7 – Hakauai, 8 – Hokatu, 9 – Hane, 10 – Vaipaeae, 11 – Hanaiapa, 12 – Hanatekuua, 13 – Hanapaaaoa, 14 – Nahoa, 15 – Puamau, 16 – Tahauku, 17 – Atuona, 18 – Omoa, 19 – Hanavave, 20 – Hanatefau, 21 – Vaitahu, 22 – Hakahetau, 23 – Hakahau, 24 – Hohoi, 25 – Hakatao, 26 – Hakamaïi, 27 – Haakuti).

rivé de jour et qui avait inondé de nombreux rivages. La carte des tsunamis observés dans les Marquises (Fig. 3) montre que les baies de toutes les îles ont été touchées par cet événement, principalement celle de Tahauku à Hiva-Oa, où l'une des vagues est montée le long d'une rivière à plus de 18 m d'altitude. La moyenne des run-ups observés est de 7 m. Deux victimes avaient été déplorées. De nombreux fare, dont presque tous ceux du village de Taiohae à Nuku-Hiva ont été détruits et emportés par les vagues, ce qui fait penser aux nombreuses victimes potentielles qu'on aurait eu à déplorer si ce phénomène était survenu de nuit.

À Tahiti, le tsunami de 1960 a conduit à une étude assez complète à partir des observations faites par la gendarmerie et différents organismes. Vitousek [8] a décrit l'ensemble des observations, dont nous avons reproduit

la carte (Fig. 4). Les run-ups observés vont de 1 m le long de la plupart des côtes à 3,8 m du côté de la rivière Papenoo, qui n'est pas protégée par un lagon. Sur cette même carte, les quelques observations de 1946 en notre possession ont été rajoutées ; les run-ups observés vont de 1 à 3 m, avec des distances de pénétration atteignant 300 m, toutes ces observations étant supérieures à celles observées aux mêmes endroits en 1960. Toutefois, ces données sont incomplètes, car des témoignages racontent, par exemple, que, dans la baie de Matavai, des fare se sont déplacés vers la montagne de plusieurs centaines de mètres.

Les run-ups et les pénétrations les plus élevés sont toujours observés aux îles Marquises. Les altitudes atteintes par les vagues aux Marquises sont en moyenne deux à six fois supérieures à celles observées à Tahiti

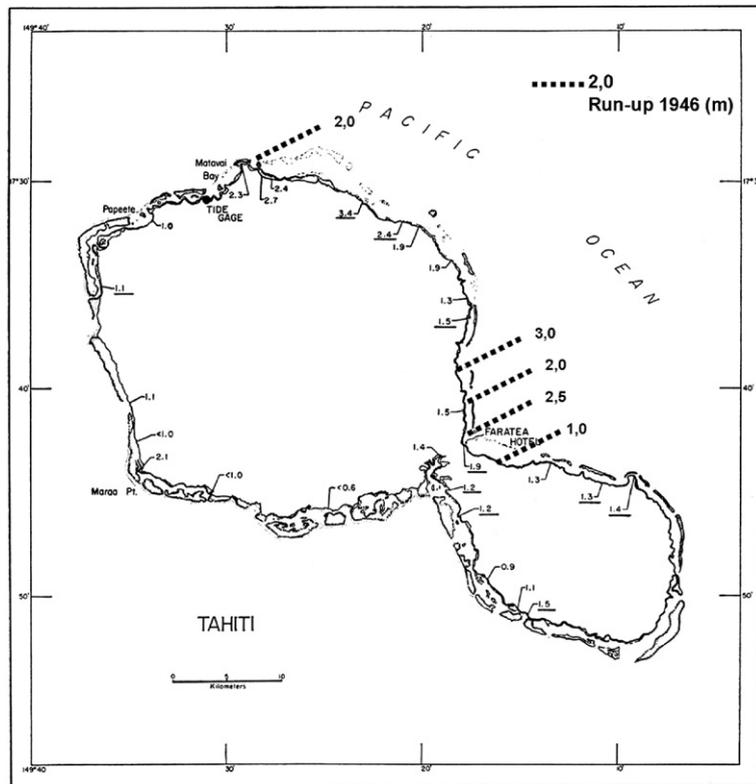


Fig. 4. Carte d'inondation de Tahiti pour le tsunami du 22 mai 1960. Les valeurs soulignées sont considérées comme les plus fiables [8]. Les données recueillies de 1946 ont été ajoutées.

Fig. 4. Tahiti inundation map for the 22 May 1960 tsunami. Underlined values are considered as more reliable [8]. Observations for the 1946 tsunami are added.

ou sur les rivages des autres îles hautes. Par exemple, le tsunami de 1946 est monté à plus de 15 m d'altitude dans certaines baies des Marquises à plus de 500 m de pénétration, alors qu'à Tahiti, située à 1 h de plus de propagation, l'altitude la plus haute observée n'était que de 3 m et la pénétration maximale de 300 m. De même le tsunami de 1960, en provenance du Chili, est monté en moyenne à 1 m à Tahiti (maximum 3,8 m) et à 100 m de pénétration horizontale. Dans les baies des Marquises, des élévations de 4 m ont été régulièrement observées (12 m maximum) en pénétrant jusqu'à plusieurs centaines de mètres (500 m maximum).

L'ensemble de ces tsunamis a détruit plus d'une centaine de *fare* et de hangars, autant de pirogues, plusieurs pontons, et déplacé certains ponts.

Depuis 1960, les côtes de la Polynésie française n'ont pas été inondées par un tsunami, à l'exception de celles des îles Marquises (Fig. 2). En 1964, le tsunami en provenance de l'Alaska est monté à 1,5 m d'altitude dans la baie d'Anaho à Nuku-Hiva et a pénétré jusqu'à une centaine de mètres, détruisant plusieurs *fare* et hangars. Ce tsunami a été observé à Mangareva, dans l'ar-

chipel des Gambiers, où les *run-ups* étaient inférieurs à 30 cm. En juillet 1995, le tsunami en provenance du Chili est monté à 3 m d'altitude dans la baie de Tahauku à Hiva-Oa, en pénétrant jusqu'à 250 m [5]. Dans cette même baie, en février 1996, le tsunami en provenance du Pérou est monté à 2 m d'altitude et a inondé jusqu'à 100 m. Ces deux derniers tsunamis ont coulé deux bateaux dans la baie de Tahauku à Hiva-Oa, endommagé des quais de plusieurs ports et emporté divers matériaux et des pirogues.

Le dernier tsunami qui a généré des dégâts aux Marquises a eu lieu en septembre 1999 : il avait une origine locale et avait touché les deux baies de l'île de Fatu-Hiva. Dans la baie d'Omoa, les valeurs de *run-up* vont de 1 à 5 m (4 m environ près de l'école), et l'eau avait pénétré jusque 100 à 200 m à l'intérieur des terres. L'école d'Omoa avait été évacuée de justesse grâce à l'observation et au sang froid de la directrice, qui avait vu arriver le phénomène [2]. Ce tsunami, observé qu'à Fatu-Hiva, était dû à l'effondrement d'un pan de falaise, aérien, puis sous-marin. Des témoins avaient observé le jour même un effondrement de falaise en bord de côte,

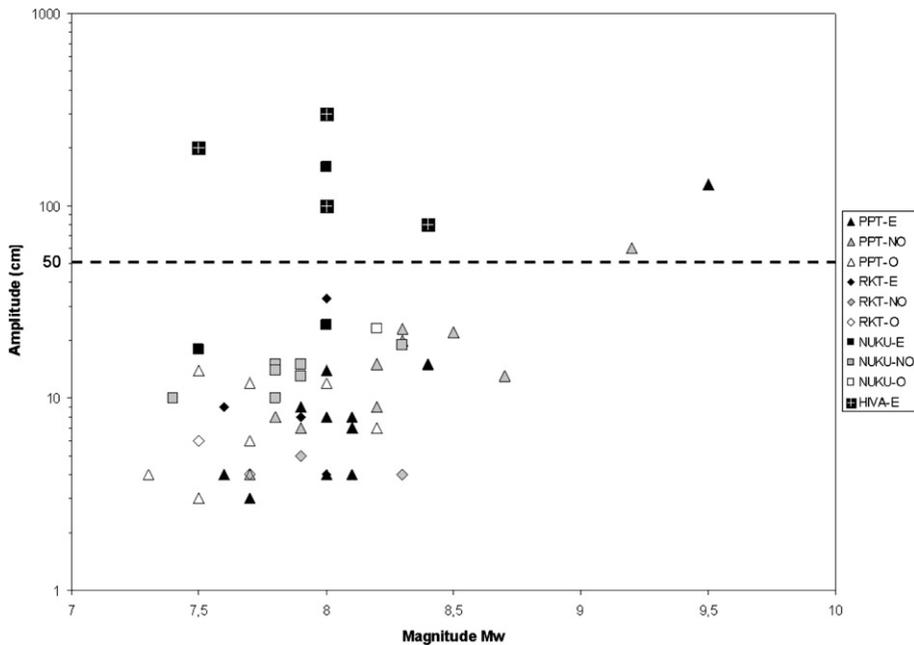


Fig. 5. Amplitude des tsunamis enregistrés par les trois marégraphes de Polynésie française, en fonction de la magnitude du séisme origine. Les mesures à Hiva-Oa ont été toutes observées à l'extrémité de la digue de Tahauku.

Fig. 5. Tsunami amplitudes recorded at the three French Polynesia tide gauges, versus the earthquake magnitude. All Hiva-Oa measurements were reported at the extreme part of the Tahauku breakwater.

dans la partie sud de l'île. La partie de la falaise qui s'était effondrée faisait 300 m de large sur 300 m de haut, sur une épaisseur d'environ 25 m.

Ce type d'événement, rare, peut être très dangereux dès lors que le volume de l'effondrement est important, car il provoque un tsunami local, qui peut générer des dommages en quelques minutes.

### 3. Les amplitudes mesurées des tsunamis enregistrés en Polynésie française

Quatre stations marégraphiques sont actuellement en fonctionnement en Polynésie française, dont trois implantées et maintenues par l'université d'Hawaïi (Papeete depuis 1969, Mangareva depuis 1969 et Nuku-Hiva de 1987 à 1998, puis depuis 2003), et une implantée à Hiva-Oa en 2003 par le laboratoire de géophysique de Tahiti.

Une station du SHOM équipait la baie de Matavai (Tahiti) de 1957 à 1999, et quelques stations temporaires avaient été installées en différents endroits.

Le catalogue des marégrammes compte 69 enregistrements de tsunami depuis 1957, de 38 tsunamis différents. Quarante-six mesures d'amplitude ont été retenues. Les autres enregistrements étaient trop bruités pour qu'on pût distinguer les vagues du tsunami, qui ne dépassaient pas quelques centimètres.

Les amplitudes retenues sont reportées dans la Fig. 5 en fonction de la magnitude du séisme. Un type de symbole a été choisi pour chaque station (Tahiti – PPT, Rikitea – RKT, Nuku-Hiva – NUKU et Hiva-Oa – HIVA). À Hiva-Oa, les enregistrements correspondent en fait aux variations de hauteur de la mer observées à l'extrémité de la digue du port de Tahauku, et peuvent être assimilés à des mesures marégraphiques. Trois différentes zones de provenance du tsunami ont été distinguées : le Nord et le Nord-Ouest du Pacifique, allant des Mariannes à l'Alaska, en passant par le Japon, les Kouriles, le Kamtchatka et les îles Aléoutiennes ; l'Est du Pacifique, allant du Sud du Chili jusqu'au Mexique ; enfin, l'Ouest du Pacifique, allant des îles Tonga aux îles Salomon.

À Tahiti, où les enregistrements sont beaucoup plus nombreux qu'ailleurs, du fait que la station existe depuis 1957, on voit que, globalement, l'amplitude mesurée augmente avec la magnitude, de quelques centimètres pour les magnitudes 7,3 à 1,3 m pour la magnitude 9,5. Entre les magnitudes 7,3 et 8,4, les amplitudes fluctuent entre 3 et 20 cm, quelle que soit la zone de provenance du tsunami. Le seuil d'amplitude pour l'alerte est à 50 cm. Il semble donc qu'à Tahiti, en dessous d'une magnitude 8,4, le risque de tsunami est très faible (on ne peut conclure pour la zone des Tonga-Kermadec plus

proche, et où aucun séisme connu n'a dépassé la magnitude 8,4).

  Nuku-Hiva, les tsunamis en provenance de l'Est du Pacifique sont plus forts que ceux en provenance du Nord et du Nord-Ouest du Pacifique, d'un facteur 2 à 10, pour des magnitudes inférieures à 8,3.

Les amplitudes les plus fortes sont mesurées dans les baies des  les Marquises. Celles mesurées à Nuku-Hiva sont au minimum deux fois plus fortes qu'à Tahiti, parfois dix fois (Chili, 1995). La baie de Tahauku   Hiva-Oa est encore plus amplificatrice que celle de Nuku-Hiva, au moins deux fois, avec des extrêmes de dix (Pérou, 1996).

#### 4. Conclusions

Soixante-neuf marégrammes, correspondant à 38 tsunamis différents, ont été enregistrés en Polynésie française depuis 1958. Quinze tsunamis y ont été observés depuis 1837, dont 11 ont provoqué des dommages, et deux victimes. Peu de documents étant disponibles avant 1946, les données des inondations liées aux tsunamis précédant cette date ne donnent qu'un aperçu très partiel des  v nements historiques, mais indiquent cependant que certains sites ont pu être touchés au moins une fois.

Ce recueil de données apporte une connaissance approfondie de l'exposition aux tsunamis des différentes îles et baies de Polynésie française, et va compléter les bases de données existantes.

Cette étude a confirmé que la Polynésie française a été affectée régulièrement par des tsunamis et que les  les Marquises constituent l'archipel le plus touché [6] : les vagues observées dans les baies sont, en général, deux à plus de dix fois plus grandes que celles enregistrées à Tahiti ou ailleurs, surtout pour les tsunamis en provenance de l'Est et du Nord du Pacifique. Ceci s'explique par les faibles pentes du relief sous-marin et l'absence de récif corallien. De ce fait, les valeurs de seuils d'alerte pour les Marquises sont plus faibles que pour le reste de la Polynésie.

Depuis juin 1960, seules certaines baies des  les Marquises ont été inondées par des vagues de quatre tsunamis différents, dont un d'origine locale à Fatu-Hiva.

Plusieurs zones de lacune sismique existent dans le Pacifique, dont une au nord et une au sud des côtes du Chili. Dans ces zones, des séismes de magnitude supérieure à 8,5 peuvent rompre la zone de subduction sur plusieurs centaines de kilomètres. Par ailleurs, la sismicité de zone des Tonga est peu connue, et on

peut s'attendre, dans cette région, à des séismes dépassant également la magnitude 8,0. Des tsunamis majeurs sont donc attendus dans l'océan Pacifique dans les prochaines décades, qui inonderont de nombreux rivages des îles de Polynésie française, plus profondément dans les baies des Marquises. Le centre polynésien de prévention des tsunamis, mis en place par le CEA en Polynésie française, assure l'alerte. Les enregistrements marégraphiques sont les seules données physiques disponibles et sont indispensables pour connaître les caractéristiques des tsunamis provoqués par des tremblements de terre, ou par des explosions volcaniques ou des effondrements de falaise. Chaque port et chaque  le située aux extrémités de la Polynésie française devraient être équipés d'un marégraphe pour alerter, déclencher des secours, ou annuler l'alerte en cas de fort séisme qui n'a induit qu'un tsunami mineur.

#### Remerciements

Cette étude a été financée par le programme ARAI, subventionné par l'état français, le gouvernement de Polynésie française et le BRGM.

#### Références

- [1] J.-L. Candelot, Tai Toko ! ou l'imminence d'un cataclysme, dans les *Marquises*, Association des historiens et géographes de Polynésie française et Centre territorial de recherche et de documentation pédagogique de Polynésie française,  d. Polyèdre Culture, Pirae, Tahiti, 1996.
- [2] E.A. Okal, G. Fryer, J. Borrero, C. Ruscher, The landslide and local tsunami of 13 September 1999 on Fatu Hiva (Marquesas Islands; French Polynesia), *Bull. Soc. geol. France* 173 (4) (2002) 359–367.
- [3] E.A. Okal, C. Synolakis, G. Fryer, P. Heinrich, J. Borrero, C. Ruscher, D. Arcas, G. Guille, D. Rousseau, A field survey of the 1946 Aleutian Tsunami in the far field, *Seismol. Res. Lett.* 73 (4) (2002) 490–502.
- [4] E.A. Okal, J. Borrero, C. Synolakis, The earthquake and tsunami of 1865 November 17: evidence for far-field tsunami hazard from Tonga, *Geophys. J. Int.* 157 (2004) 164–174.
- [5] F. Schindelé, D. Reymond, Tsunami Hazards in the Marquesas Islands (French Polynesia): recent observations (1994–1996), in: *Proc. Workshop Tsunami risk assessment beyond 2000*, Moscow, 2000, Moscow 2001, 110–116.
- [6] F. Schindelé, D. Reymond, H. Hébert, P. Heinrich, Les risques naturels d'origine géophysique aux  les Marquises, *Géol. France* 2 (2002) 39–52.
- [7] A. Sladen, H. Hébert, F. Schindelé, D. Reymond, L'aléa tsunami en Polynésie française (2) : apports de la simulation numérique, *C. R. Geoscience* (soumis).
- [8] M.J. Vitousek, The tsunami of 22 May 1960 in French Polynesia, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 53 (6) (1963) 1229–1236.