

## L'EMPLOI DES SIG ET DES BASES DE DONNÉES IGN DANS LA PRÉVENTION DU RISQUE TSUNAMIQUE à WALLIS ET FUTUNA (2) : LE COÛT ET LES MOYENS DE LUTTE

GIFFON S., DOLFO B.

UNIVERSITE D'ANGERS, ANGERS, FRANCE

### Mot-clé

Cartographie des risques, vulnérabilité, SIG, tsunami, Wallis et Futuna (Collectivité française d'outremer).

### Keywords

*Risk mapping, vulnerability, GIS, tsunami, Wallis and Futuna (French Overseas Territory).*

### 1. RÉSUMÉ

Cet article s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'une étude sur le risque tsunamique à Wallis et Futuna.

Après avoir localisé les zones à risque, quel peut-être le coût financier dans le secteur du bâtiment et quels peuvent être les moyens de lutte ? Les mesures de prévention du risque tsunamique passent par une localisation précise de lieux d'implantation de sirènes d'alerte et de zones de repli. Leur localisation est proposée puis discutée, en tenant compte des enjeux fonciers locaux.

### ABSTRACT

This article is part of a study about the tsunami risk in Wallis and Futuna. After locating the areas at risk, local authorities are wondering what might be the financial cost in the construction industry ? Where may be localized refuge areas and warning sirens ? Their location is given and discussed, including local land issues.

### 2. ESTIMATION D'UN COÛT

Pour estimer le coût induit par un tsunami sur la destruction des habitations, on calcule la surface des habitations que l'on multiplie par le coût moyen d'une habitation. Le prix varie en fonction du type d'habitation. A Wallis et Futuna, comme dans les autres îles du Pacifique, on rencontre deux types d'habitats principaux : les constructions modernes en dur et les constructions traditionnelles, les falés, habitations parfois sans mur, avec ossature en bois et toit en feuilles de Pandanus (Figure 1).

Sur les 4 577 bâtiments privés de Wallis, on recense 2 677 bâtiments d'habitation moderne et 487 falés, les autres bâtiments étant plutôt considérés comme des dépendances (BD CARTO, IGN, 2007). Sur les 2 046 bâtiments privés de Futuna, on recense 1 125 bâtiments d'habitation moderne et 592 falés. Le coût d'un bâtiment moderne est estimé à 80 000CFP/m<sup>2</sup>, soit 670€/m<sup>2</sup> et celui d'un bâtiment traditionnel est estimé à 20 000CFP/m<sup>2</sup>, soit 167€/m<sup>2</sup> (STSEE – Service Territorial de la Statistique et des Etudes Economiques, 2008).

A Wallis, dans la zone à risque tsunamique très fort, l'emprise au sol des 89 falés représente 6 700 m<sup>2</sup> ; l'emprise au sol des 477 habitations modernes, représente 87 400 m<sup>2</sup>. A Futuna, également dans la zone à risque très fort, l'emprise au sol des 227 falés représente 17 000 m<sup>2</sup> ; l'emprise au sol des 399 habitations en dur, représente 60 000 m<sup>2</sup>. Le coût total des habitations situées en zone de risque tsunamique très fort, à Wallis et Futuna, est donc estimé à :

$$(6\,700 * 20\,000) + (87\,400 * 80\,000) + (17\,000 * 20\,000) + (60\,000 * 80\,000) =$$

*12 milliards de CFP, soit 100 millions d'euros environ*

*(environ 60 millions d'euros à Wallis et 40 millions à Futuna)*

## Différents types d'habitation à Wallis et Futuna



Habitation *moderne*, murs en béton et toit de tôle

Clichés : B. DOLFO, 2007.



Habitation *traditionnelle polynésienne*, le falé : toit en feuille de pandanus, avec ou sans mur de béton

### Figure 1

Le coût en cas de tsunami est donc très élevé à Wallis comme à Futuna. L'équilibre entre les deux îles est respecté : Wallis représente environ 60% de la population du Territoire [INS 05], et 60% du coût estimé de destruction des habitations, en cas de tsunami.

## 2. MOYENS DE LUTTE

En cas de tsunami à Wallis et Futuna, deux moyens de lutte sont possibles : localiser des zones de refuge sûres et localiser des lieux d'implantations de sirènes d'alerte. D'autres moyens de lutte existent, tels que la bonne information des populations, l'amélioration des matériaux de constructions, une meilleure gestion de l'occupation du sol, ... [OZE 07] mais aussi des appels téléphoniques (filaire ou SMS). Ces moyens ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

### 2.1. Localisation des zones de refuge

Les zones de refuge peuvent être localisées au niveau des valeurs négatives ou faibles de l'indice de risque élaboré dans l'analyse précédente (zones bleues, Figure 2). Les valeurs négatives de cet indice se localisent là où s'additionnent des facteurs limitant le risque.

Les cartes suivantes présentent l'interpolation des valeurs de l'indice de risque par la méthode IDW. La grille des cartes du risque tsunamique a été convertie en données ponctuelles, ré-interpolées en raster (Figure 2). Cette méthode apporte une complémentarité aux cartes de risque tsunamique. La méthode IDW a été choisie sur des critères de type de données et de sobriété cartographique : il s'agit d'une technique d'interpolation faite sur les moyennes mobiles, habituellement appliquée à des données environnementales très variables [VER 05].

Les zones en bleu représentent un risque en cas de tsunami faible ou nul. A Futuna (Figure 2), les zones sans risque semblent nombreuses mais sont essentiellement localisées dans la montagne, difficilement accessibles. Ces zones ne peuvent donc pas être considérées comme des zones potentielles de refuge pour les populations locales. A Wallis, les zones sans risque correspondent aux zones de falaises, protégées par les facteurs îlot et/ou corail. Mais les zones de refuge doivent aussi nécessairement présenter des infrastructures, notamment routières, à proximité, surtout les RT (Routes Territoriales). Le facteur mangrove, atténuant le risque tsunamique, n'intervient donc pas dans la localisation des zones de refuge car les zones de mangroves sont situées dans des zones inhabitées et peu accessibles.

## Les zones de repli possibles à Wallis et à Futuna en cas de tsunami

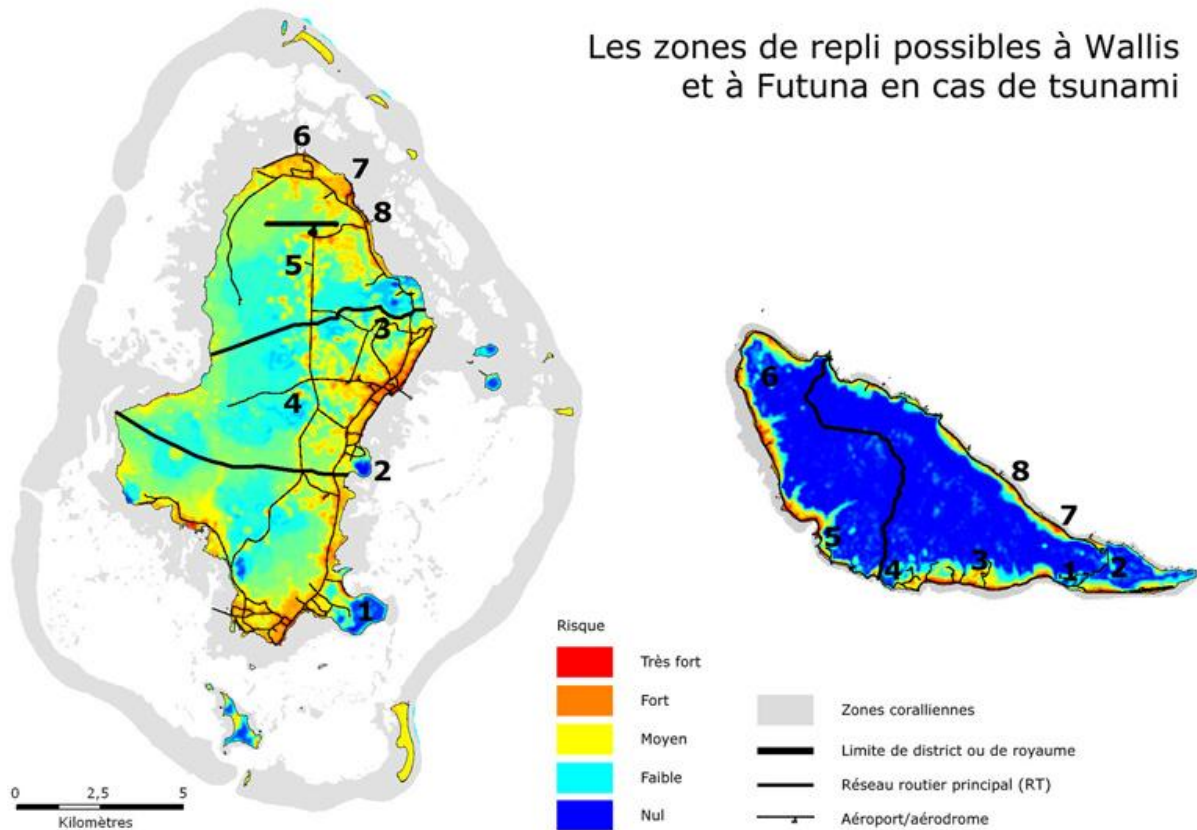


Figure 2

A Futuna, les sites retenus pour l'implantation de zones de repli ne sont donc pas situés en montagne, mais sur les plateaux du bord de mer et sont consultables sur internet, sur le site de l'Administration supérieure, <http://www.adsupwf.org/evenerment/tsunami.html> (Figure 3). Plusieurs plateaux de bords de mer ont été retenus par l'Administration Supérieure comme zone de repli (Figure 4) :

- les plateaux de Futu (1) et Lalolalo (2) proches de la RT1 ;
- les hauteurs de Sisia (3), et Kaleveleve où se situe le dispensaire (4) (Royaume de Alo) ;
- les hauteurs de Vilamalia (5) et de Peka (6) (Royaume de Sigave).

Toutes ces zones possèdent une accessibilité routière. Ces zones de repli à Futuna concernent cependant essentiellement les côtes Sud et Ouest de l'île, celles de la côte Nord étant plus difficilement accessibles. Les pentes sont beaucoup plus raides que sur la côte Sud, la plaine côtière est plus étroite (seulement 100 à 200 mètres) et il n'y a pas ou peu de pistes principales : les infrastructures routières sont très délabrées, voire inexistantes (pistes en terre). Cela est problématique même si la côte Nord est moins densément peuplée que la côte Sud (Figure 2, villages de Poi (7) et de Tamana (8)).



Interface internet du site de l'Administration Supérieure des Iles Wallis et Futuna présentant les consignes et cas de tsunami et la localisation des zones de repli.

**Tsunami**

Un tsunami est étymologiquement une vague arrivant dans un port (du japonais tsu : port et nami : vague).

**Génération des tsunamis**

Cette vague peut-être due à un tremblement de terre ou tout autre événement pouvant y être associé : subduction de plaques sous-marines, glissements de terrains, éruption volcanique sous-marine, mouvement de très grande masse se déversant dans la mer (débris volcaniques),losion nucléaire, chute d'un météorite etc.

D'une façon générale les tsunamis sont habituellement générés par de grands tremblements de terre sous-marins (magnitude > 7) très peu profonds (profondeur < 50 km).

L'intensité du tsunami dépendra à la fois de la magnitude et de la profondeur du séisme: plus ce dernier est superficiel, plus il a des chances de générer un important tsunami.

Il n'y a pas de règle absolu sur la relation tsunami-magnitude du tremblement de terre; ce sont des lois empiriques propres à chaque région géographique.

Une vague de tsunami est donc générée par des effets de gravité tandis qu'une vague classique est générée par l'action du vent.

**Vitesse des vagues de tsunami**

Les vagues voyagent avec une vitesse proportionnelle à la racine carrée de la profondeur de l'océan si bien qu'en océan profond leur vitesse peut être de l'ordre de plusieurs centaines de km/h (dans des régions où la profondeur de l'océan atteint plus de 6000 mètres, les vagues imperceptibles du tsunami peuvent se déplacer à la vitesse d'un avion, approximativement 900 km/h, et peuvent traverser le Pacifique en moins d'un jour!)

**Consignes en cas de tsunami**

**Les Zones de replis**

**A FUTUNA :**

- Zone de repli à l'EST de Futuna
- Zone de repli au CENTRE de Futuna
- Zone de repli au NORD de Futuna

**A WALLIS :**

- Zone de repli au NORD de Wallis
- Zone de repli au CENTRE de Wallis
- Zone de repli au SUD de Wallis

Figure 3

A Wallis (Figure 2), les zones au risque nul (en bleu) sont beaucoup plus rares qu'à Futuna. Cependant, contrairement à Futuna, les autorités ont pu établir des zones de repli facilement accessibles par la population wallisienne pour des raisons topographiques et d'infrastructures (les RT wallisiennes sont plus nombreuses et de meilleur qualité qu'à Futuna) :

- le plateau de Matala'a (1) (Sud Est de l'île), desservi par la RT5 ;
- la pointe Utuloko (2) (village d'Ha'afuasi au Centre Est de l'île), desservie par la RT1 ;
- le plateau d'Afala (3).

On peut également noter le mont Lulu (4) comme zone de repli : point culminant, au centre de l'île, le lycée se trouve à proximité de celui-ci, ainsi que le toafa (5), zone centrale de l'île, accessible par tous. Cependant, le nord de l'île (district de Hihifo) ne présente pas de zone de repli sûre en cas de tsunami, puisque même la zone de l'aéroport est située dans une zone à risque en cas de tsunami. Ainsi, les villages de Vaitupu (6), Vailala (7) et Alele (8) sont particulièrement vulnérables (Figure 2).

Les zones de replis en cas de tsunami à Wallis et Futuna, consultables sur internet

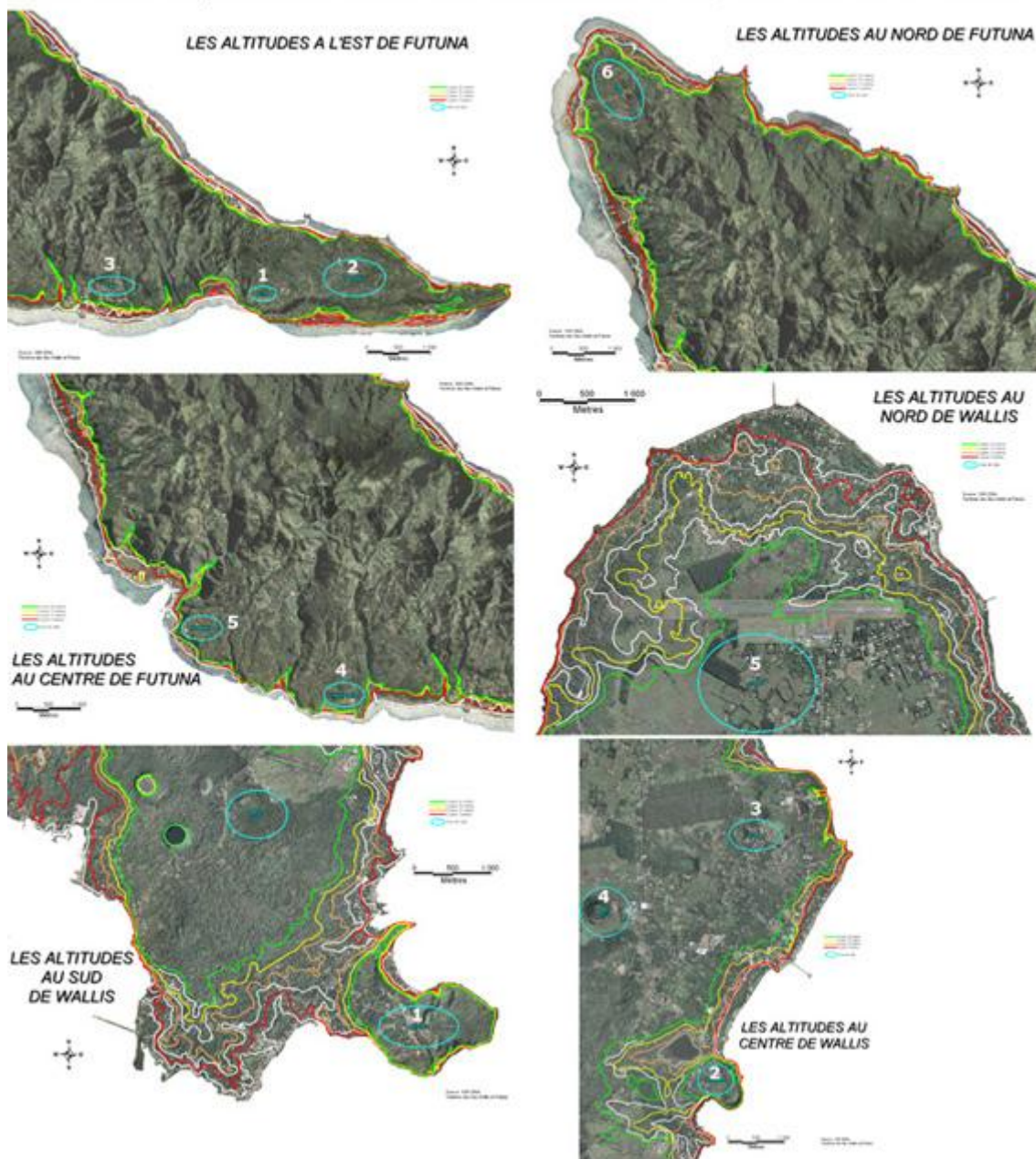


Figure 4

## 2.2. Localisation des lieux d'implantation de sirènes d'alerte

Un moyen de lutte efficace en cas de tsunami est l'installation de sirènes d'alerte, accompagnées au préalable par une bonne sensibilisation de la population. Généralement, les sirènes d'alerte ont une portée sonore de l'ordre de un à trois kilomètres. Ayant un coût élevé, le nombre de sirènes doit être optimal : quel nombre minimal de sirènes serait-il nécessaire d'installer à Wallis et à Futuna pour que toute la population soit alertée ? Où installer ces sirènes ? Voilà les questions que l'Administration Supérieure des îles Wallis et Futuna s'est posée. Six sirènes sont nécessaires à Wallis et sept à Futuna. En effet, on peut considérer que Futuna étant beaucoup plus montagneuse que Wallis, la portée sonore des sirènes peut être moindre. C'est pourquoi la portée théorique des sirènes, de 2 km à Wallis et ramenée à 1,5 km à Futuna.

Ainsi, la localisation des sirènes d'alerte pourrait être la toiture de certaines chapelles et églises du bord de mer, les sirènes ayant une portée non seulement sur la terre, mais aussi sur le lagon, fortement utilisé par les wallisiens. Il s'agit des bâtiments religieux suivants :

A Wallis, du Nord au Sud (Figure 5) :

- Chapelle Saint Jean Baptiste (village de Vailala - District de Hihifo) (1)



- Chapelle du Sacré Cœur (village de Vaitupu - District de Hihifo) (2)
- Cathédrale épiscopale (village de Mata'utu - District de Hahake) (3)
- Eglise du Sacré Cœur (village de Tapa - District de Mua) (4)
- Chapelle de Mala'etoli (village de Mala'etoli - District de Mua) (5)
- Eglise Saint Joseph (village de Te'esi - District de Mua) (6)

A Futuna :

- Eglise de Fatuloli (village de Toloke - Royaume de Sigave) (1)
- Eglise Saint Joseph (village de Fiua - Royaume de Sigave) (2)
- Eglise de Vilamalia (village de Leava - Royaume de Sigave) (3)
- Chapelle de Kolopelu (village de Mala'e - Royaume de Alo) (4)
- Eglise Saint Pierre Chanel (village de Kolia - Royaume de Alo) (5)
- Eglise de Vele (village de Vele - Royaume de Alo) (6)
- Chapelle de Tamana (village de Tamana - Royaume de Alo) (7)

Les bâtiments religieux ont été essentiellement retenus pour des raisons architecturales (hauteur relativement importante des bâtiments par rapport aux maisons d'habitations et solidité des bâtiments) mais aussi pour des raisons foncières : les églises appartiennent au diocèse de Wallis et Futuna et sont partiellement exemptes des relations foncières coutumières.

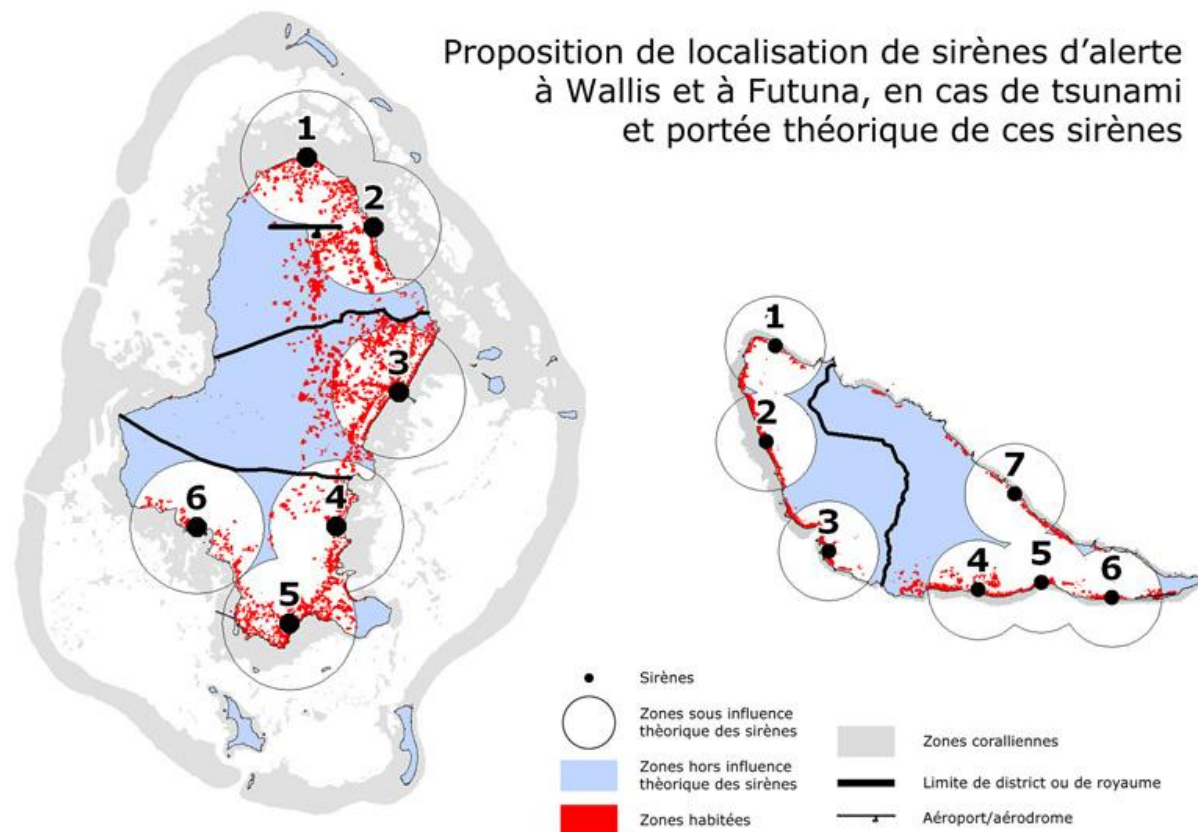


Figure 5

On voit cependant que toutes les zones habitées du bord de mer ne sont pas strictement situées dans la zone de portée des sirènes d'alerte, ce qui est problématique. C'est notamment le cas à Futuna. L'Administration Supérieure devra peut-être envisager l'implantation de sirènes supplémentaires ; 130 sirènes existent en Polynésie française pour 67 îles habitées, 48 sirènes en Nouvelle-Calédonie [ETI 09].

### 3. DISCUSSION

L'ensemble des documents cartographiques obtenus constituent des documents d'aide à la décision pour l'Administration Supérieure des Iles Wallis et Futuna, autorité locale en charge de la sécurité civile. Ces documents sont aussi utilisés plus largement par les autorités ministérielles car il n'y a pas d'autre document cartographique existant à Wallis et Futuna, où les documents métropolitains d'urbanisme (notamment les PPR – Plans de Prévention des Risques) ne s'appliquent pas, compte tenu d'une législation foncière particulière. Les cartes servent également aux autorités extra-territoriales en cas d'organisation

des secours venant de Nouméa et d'évacuation des populations, notamment pour Futuna. Futuna est une île très isolée compte tenu des infrastructures présentes : elle n'est reliée au monde extérieur que par un avion de type bimoteur (12 places) desservant Wallis uniquement (pas de bateau-cargo pour les civils), ledit avion étant fréquemment hors service.

En l'absence de législation foncière (Plan Local d'Urbanisme, par exemple), la population a tendance à habiter là où elle le souhaite, en accord avec les chefs de village et particulièrement sur les côtes. En effet, celles-ci sont plus attractives que l'intérieur des îles, du fait de la proximité de la mer (facilité pour pêcher, beauté du paysage,...) ou des contraintes géographiques telles que le peu de place disponible en dehors de la plaine côtière à Futuna et un climat plus frais pour les deux îles. De plus, l'accroissement important de la population à Wallis et Futuna (+5,5% entre 1996 et 2003 - [INS 05]) amplifie ces difficultés foncières, malgré une baisse du nombre d'habitants depuis 2003 [INS 09].

#### **4. PERSPECTIVES**

Il est apparu que les habitations traditionnelles et modernes, mais de mauvaise fabrication, ont très mal résisté au tsunami de 2004, en Indonésie [LEO 07]. Une typologie du bâti, créée à la suite du tsunami de l'Océan Indien de 2004, comporte cinq classes de vulnérabilité des bâtiments face au risque tsunamique [LEO 07]. Leone considère que cette typologie fine du bâti est applicable aux zones côtières de l'outremer français, en zone tropicale. Cette typologie pourrait se faire à Wallis et Futuna à partir de l'analyse de l'orthophotographie, complétée par une vérification de terrain. Le bâti à Wallis et Futuna n'est jamais très haut (pas plus de deux étages). 90% des habitations de Wallis et 54% à Futuna ont un toit en tôle [INS 05]. Les autres toits sont fabriqués en feuilles de pandanus (Figure 1), protégeant certes moins bien les personnes mais moins dangereux en cas de divagation. Les falés futuniens ont particulièrement bien résisté au tremblement de terre de mars 1993, contrairement aux maisons en dur de mauvaise fabrication, plus particulièrement celles sur pilotis [MON 93].

#### **5. CONCLUSION**

« *La mémoire collective des habitants de Futuna garde trace de tremblements de terre et de raz de marée* » [LOU 99]. Pourtant, les règles foncières coutumières ne préconisent pas l'installation des habitations en zone sans risque tsunamique. L'IRD (centre ORSTOM de Nouméa) préconisait en 1989 d'installer les nouvelles constructions futuniennes sensibles (école, hôpitaux) sur les premières hauteurs de l'île [LOU 99], c'est à dire les premiers plateaux, à une altitude de 25 mètres environ), ce qui a été le cas du dispensaire de Kaleveleve, construit en 1990.

#### **6. REMERCIEMENTS**

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement leurs contacts wallisiens et futuniens, notamment Jean-Paul Mailagi du Service des Statistiques, pour ses conseils économiques et Jérôme Boutet, de la Direction de l'Agriculture. Un grand merci également aux relectrices, Aude-Nuscia Taïbi, Nahossio Gongasaholiariliva, Clotilde Marcel et Maria Silea.

#### **7. BIBLIOGRAPHIE**

[ETI 09] ETIENNE J. C., 2009, Les dispositifs d'alerte aux tsunamis en France et dans le monde, Rapport parlementaire n°546 (Sénat), Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, <http://www.senat.fr/rap/r08-546/r08-546.html>.

[INS 05] INSEE, INSEE PREMIERE N° 1013, avril 2005, Recensement de la population à Wallis et Futuna, 4 p.

[INS 09] INSEE, INSEE PREMIERE N° 1251, juillet 2009, Wallis et Futuna : Recensement de la population de 2008, 4 p.

[LEO 07] LEONE Frédéric, VINET Freddy, DENAIN Jean-Charles, Développement d'une méthodologie d'analyse spatiale des destructions consécutives au tsunami du 26 décembre 2004 (Banda Aceh, Indonésie). Premiers résultats pour l'élaboration de futurs scénarios de risque, Géocarrefour, Vol 82 1-2/2007, pp. 77-90.

[LOU 99] LOUAT R. et al., 1989, Sismicité superficielle à proximité des îles Horn (Futuna) : caractéristiques et conséquences, in Sismologie/Seismology, Académie des Sciences T. 308, pp. 489-494.

[MON 93] MONZIER Michel, REGNIER Marc, DECOURT Roger, 1993, Rapport de la crise sismique de mars 1993 à Futuna, Rapports de missions Sciences de la Terre, Géologie, Géophysique n°30, ORSTOM, 29 p.

[OZE 07] OZER Pierre, De LONGUEVILLE Florence, 2007, Tsunami en Asie du Sud-Est : retour sur la gestion d'un cataclysme naturel apocalyptique, Cybergeog, article 321, 12 p.

[PRO 05] PRODIG, 2005, Face au tsunami. Réactions de géographes, La lettre Intergéo, Numéro spécial, Paris, UMR 8586 CNRS, 27 p.

[VER 05] Vertical Mapper 3.0., User Guide, 2005, MapInfo Corporation, 242 p.

### **Consultation Internet**

- \* NOAA : [http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu\\_db.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml),  
[http://map.ngdc.noaa.gov/website/seg/hazards\\_pacific/viewer.htm](http://map.ngdc.noaa.gov/website/seg/hazards_pacific/viewer.htm)
- \* PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) : <http://www.prh.noaa.gov/ptwc/>
- \* BRGM : Les séismes dans la zone de WF: <http://www.sisfrance.net/Caledonie/>
- \* IRD : [http://miruram.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/wallis\\_futuna\\_alofi/index.html](http://miruram.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/wallis_futuna_alofi/index.html)  
Les fiches internet de l'IRD, 2000, Fiche n° 113, Découverte d'une dorsale active au large de Futuna,  
<http://www.ird.fr/la-mediatheque/fiches-d-actualite-scientifique/113-decouverte-d-une-dorsale-active-au-large-de-futuna> ; [http://www.ird.nc/dme/dme\\_r082.htm](http://www.ird.nc/dme/dme_r082.htm)
- \* Tsunarisque : <http://www.tsunarisque.cnrs.fr/>
- \* FAO : <http://www.fao.org>, <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC647F/ac647f00.htm>
- \* UICN : <http://www.uicn.fr/Biodiversite-outre-mer-2003.html>
- \* Projet PRISM de la CPS (Communauté du Pacifique Sud) et données statistiques :  
<http://www.spc.int/prism/> ; <http://www.spc.int/prism/country/wf/stats/>