CO-105

L'EMPLOI DES SIG ET DES BASES DE DONNEES IGN DANS LA PREVENTION DU RISQUE TSUNAMIQUE à WALLIS ET FUTUNA (1) : LES CARTES DU RISQUE POTENTIEL

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).

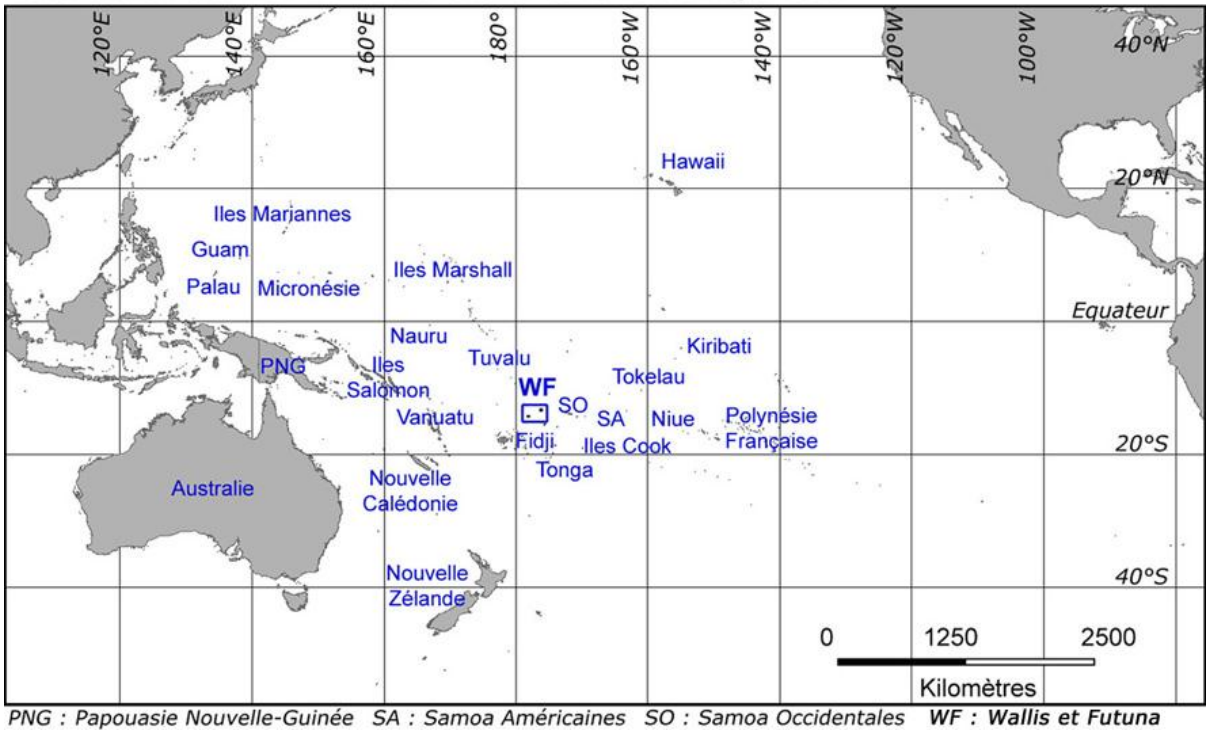
1. RÉSUMÉ
Les îles du Pacifique, par leur position géographique au cœur d'un système géologique complexe, sont exposées au phénomène de tsunami. Le présent travail s'attache à faire une analyse statistique et cartographique du risque en cas de tsunami d'un petit archipel français du Pacifique Sud : Wallis et Futuna. Grâce aux outils cartographiques et au calcul d'un indice, les zones à risque sont précisément déterminées et transmises aux autorités compétentes. Les deux îles ayant des caractéristiques géographiques très différentes (topographie, occupation du sol, végétation, …), les résultats cartographiques présentés sont également différents. La méthodologie utilisée est réapplicable pour les autres îles océaniennes de la région (îles basses comme Wallis : atolls des Kiribati, Niue, Nauru ; îles hautes comme Futuna : îles principales des Fidji, Tonga, Samoa).

ABSTRACT
This study seeks to locate the areas most at risk in case of tsunami, into a small French South Pacific archipelago, Wallis and Futuna, thanks to the mapping tools and through the calculation of an index of risk. The two islands have different geographies ; the cartographic results will also be expected different, and usable for other small islands of Oceania (islands low as Wallis, islands high as Futuna).

2. CONTEXTE
Durant les soixante dernières années, cinq des six plus grands tsunamis ont eu lieu dans l'océan Pacifique : en Alaska (1946 et 1964), au Kamchatka (1952), à Hawaii (1957) et au Chili (1960) ; le sixième tsunami est celui du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien [COU 07].

De par leur situation sur des zones sismiques actives, les îles Wallis (Uvea en wallisien) et Futuna sont donc particulièrement vulnérables face aux tsunamis. Séparées par environ 230 kilomètres, elles sont situées dans le sud-ouest de l'océan Pacifique, au Nord des îles Fidji et à l'Ouest des îles Tonga et Samoa (Figure 1).

Localisation des îles Wallis et Futuna dans le Pacifique Sud



PNG : Papouasie Nouvelle-Guinée SA : Samoa Américaines SO : Samoa Occidentales **WF : Wallis et Futuna**

Figure 1

L'archipel est également composé d'une troisième île inhabitée et plus petite, Alofi, en face de Futuna. Wallis et Futuna ont connu des tsunamis aux XIXème et XXème siècles ([COU 07], [REG 94], récits de voyages du père Pierre Chanel, 1840). Le 4 mai 2006, une alerte tsunami a été déclenchée pour toutes les îles du Pacifique Sud-Ouest, par le PTWC d'Hawaii (Pacific Tsunami Warning Center), suite à la détection par l'USGS (United States Geological Survey) d'un séisme de 7,8 sur l'échelle de Richter, à 150 km au sud des îles Tonga. L'Administration Supérieure du Territoire des Iles Wallis et Futuna a été alertée. Aucun incident tsunamique n'a affecté la région suite à cette alerte. Cependant, celle-ci a conduit les autorités de cette collectivité d'outremer à prendre des mesures pour déterminer les zones à risque en cas de tsunami et assurer une meilleure alerte de la population. C'est dans ce cadre que ce travail a été réalisé et que ses auteurs, anciens membres de l'Administration Supérieure, ont cherché à élaborer une méthodologie de cartographie du risque tsunamique.

Cette méthodologie se concentre sur la question de la vulnérabilité des populations et des infrastructures et non sur l'aléa tsunamique et cartographie ce risque à Wallis et à Futuna, îles présentant des aspects physiques et humains très distincts, en intégrant des données naturelles et humaines dans un SIG.

3. INTRODUCTION

Pour entreprendre une cartographie mesurant le risque de tsunami, il faut prendre en compte l'aléa tsunami d'une part et la vulnérabilité des populations îliennes d'autre part. L'aléa tsunamique dépend de la potentialité d'occurrence d'un tsunami dans une région donnée, en liaison avec la potentialité d'occurrence d'un fort séisme (intensité, fréquence), mais aussi de la manière dont se propagent les vagues du tsunami, en liaison avec la topographie sous-marine et la bathymétrie. Etant donnée la structure tectonique de la zone Pacifique (Figure 2), Wallis comme Futuna peuvent recevoir des ondes de tsunami de toutes les directions et de toutes les forces. Ainsi, plutôt que de réfléchir aux probabilités plus ou moins grandes d'occurrence d'une direction d'onde plutôt que d'une autre, l'aléa tsunamique est considéré comme homogène dans l'espace. La vulnérabilité des populations, quant à elle, concerne les enjeux humains et matériels et découle de la répartition des populations le long des côtes et des infrastructures (localisation des habitations, hôpitaux, routes, aéroports, ports, …). De plus, certains facteurs géographiques induisent un rôle protecteur des côtes face aux vagues puissantes des tsunamis. C'est le cas par exemple de la végétation côtière forestière (notamment les mangroves [DUR 05]), des pentes fortes et des falaises, et des barrières de corail [COU 07]. A l'inverse, les pentes douces, les embouchures de rivières, les ports et les baies (espaces fermés) présentent un rôle amplificateur des dégâts [COU 07]. Ainsi, la détérioration du milieu forestier et l'urbanisation aléatoire sont à même d'augmenter l'ampleur des dégâts d'un tsunami [PRO 05].

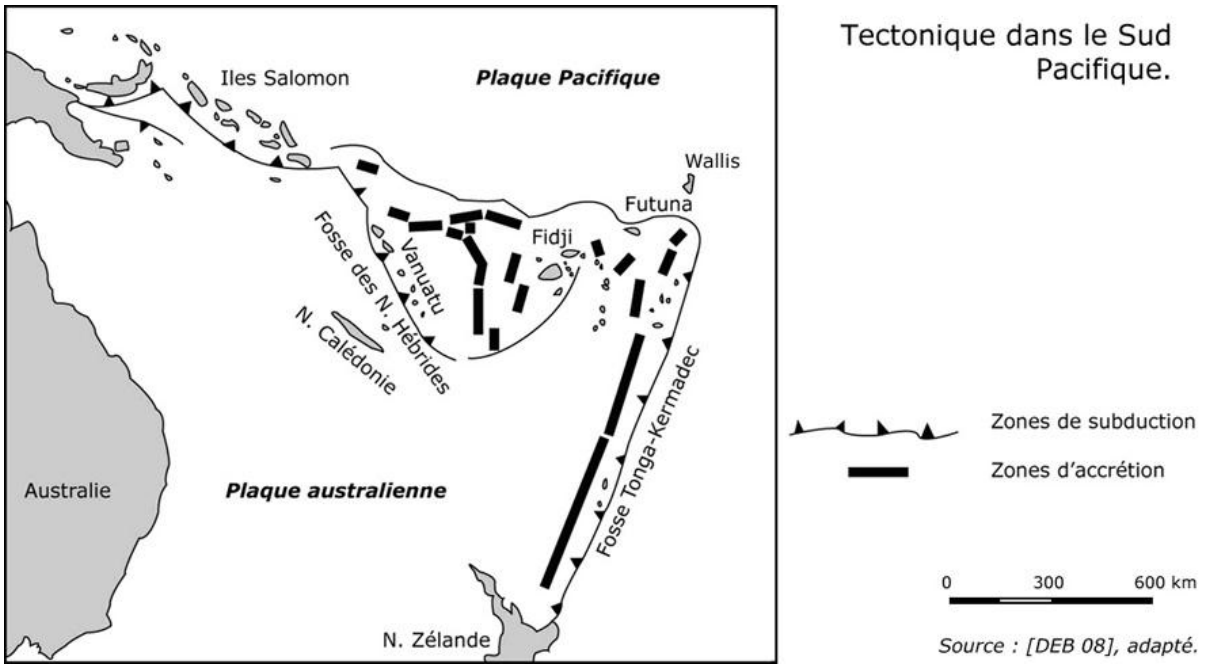


Figure 2

4. TSUNAMI ET ALÉA SISMIQUE

Un tsunami (le mot tsunami, d'origine japonaise, signifie vague de port) est défini comme une série de vagues plus ou moins destructrices (raz-de-marée) induites par un déplacement des fonds marins, provoqué par un tremblement de terre ou un éboulement sous-marin [CHA 05]. D'après le rapport parlementaire sur L'évaluation et la prévention du risque du tsunami sur les côtes françaises en métropole et outre-mer, « pour qu'un séisme sous-marin génère un tsunami […], il doit avoir une magnitude minimale de 6,5 » [COU 07]. La hauteur des vagues peut être très spectaculaire ; celles qui ont frappé les côtes de Sumatra lors du tsunami de 2004 atteignaient 35 mètres [CHA 05].

Les tsunamis se localisent sur les côtes, le long des zones à risque de tremblement de terre (Figure 3). Depuis l'Antiquité, 2 300 tsunamis environ ont été recensés, dont 700 depuis 1900 (NOAA, 2008). Les côtes du Pacifique et de l'Indonésie sont les plus exposées, notamment les archipels japonais, malais et océaniens, le long des plaques tectoniques (Figure 3).

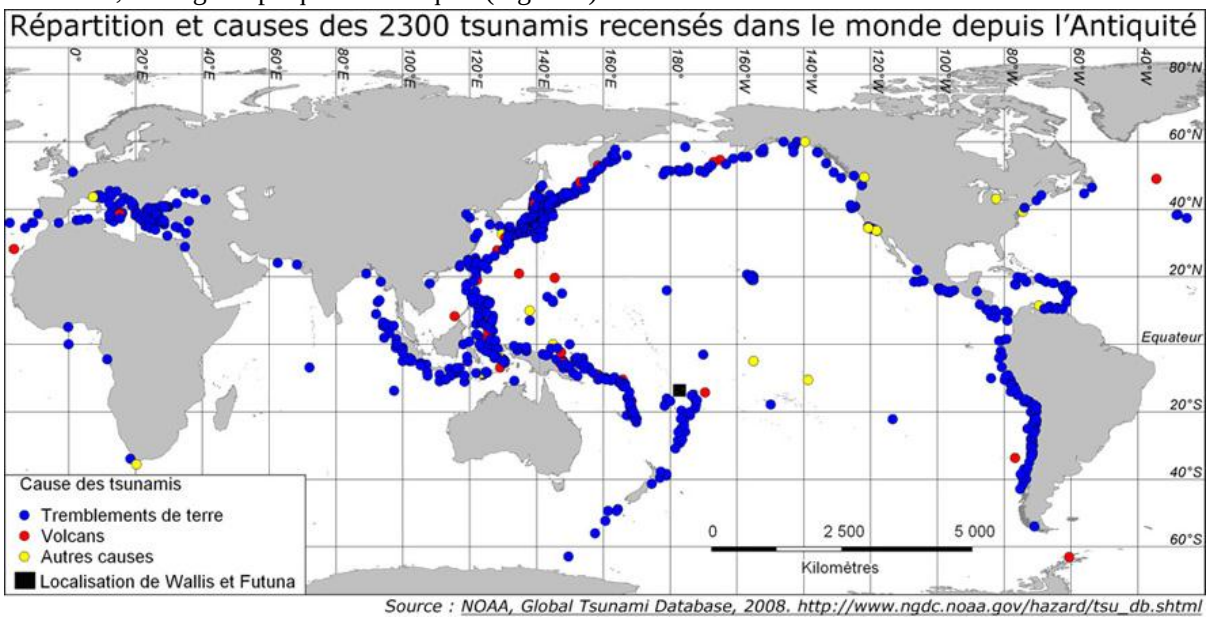


Figure 3

L'île de Wallis ne présente pas d'aléa sismique. En revanche, l'île de Futuna est située dans la zone de convergence entre les plaques Pacifique et Australie sur une faille de subduction active (Figure 2), la « dorsale de Futuna » (Figure 4) [MON 93]. D'après l'IRD, la « zone de faille transformante nord-fidjienne,

[est] une des zones transformantes les plus actives du globe, à la frontière entre les plaques Australie et Pacifique ». Cette situation géologique particulière peut générer d'importants séismes, pouvant provoquer des tsunamis et localement des glissements de terrain [REG 94].

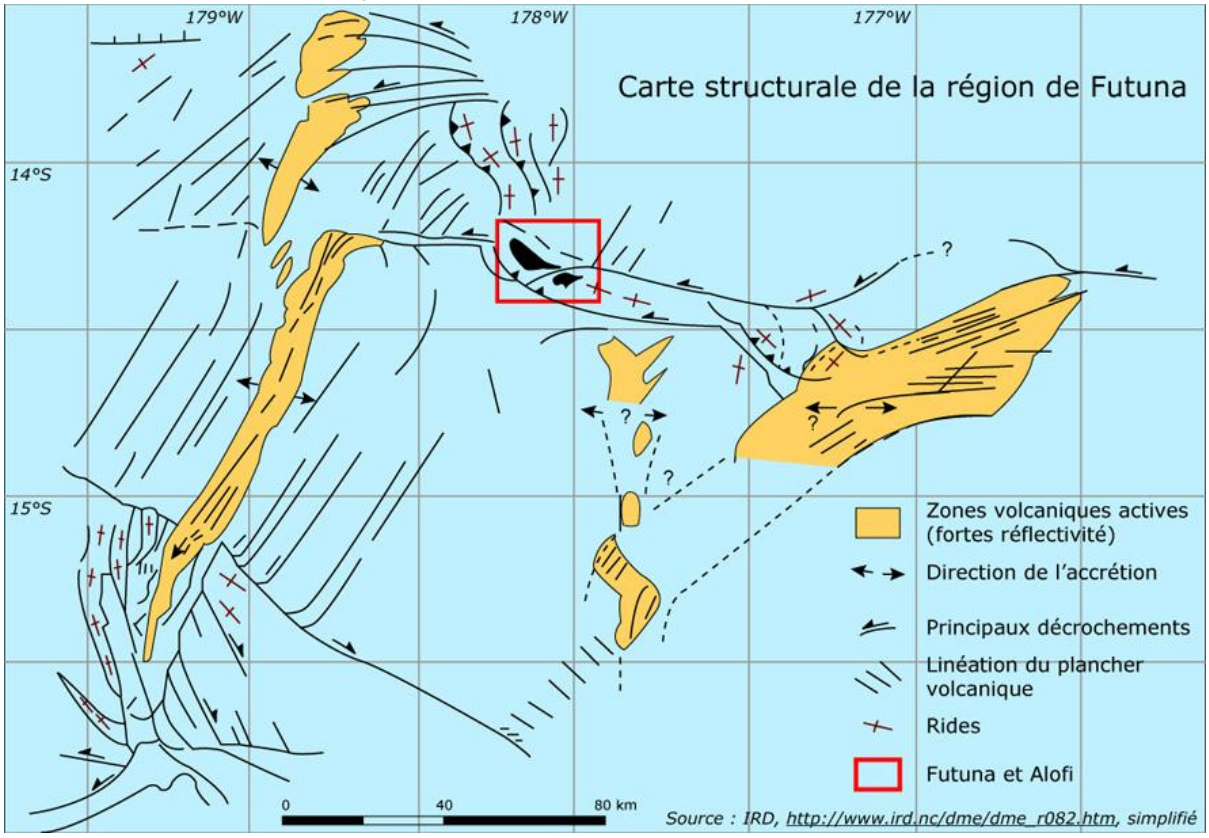


Figure 4

Le BRGM a recensé, sur ces vingt dernières années, plusieurs séismes d'importance régionale et locale à Futuna ([PEL 00] [1] et [PEL 00] [2] ; http://www.sisfrance.net/Caledonie/) :

- 27 mars 1986, ([LOU 89], intensité non précisée).
- 12 mars 1993, séisme d'intensité épicentrale 8 et de magnitude Mw 6,4 [CAB 99]. Ce séisme a été particulièrement traumatisant pour la population locale (on compte 3 décès et des dégâts spectaculaires) [MON 93], [REG 94], [IRD 00].
- 17 septembre 1999, d'intensité épicentrale 5,5.
- 13 décembre 2005 (intensité non précisée).

Tous ces paramètres ont incité les autorités locales à entreprendre des mesures de lutte contre les tsunamis. Ces mesures passent par un recensement strict des zones habitées et par la détermination de l'organisation spatiale à Wallis et Futuna.

5. L'ORGANISATION SPATIALE À WALLIS ET À FUTUNA

5.1. Les données géographiques disponibles

Le Territoire des Iles Wallis et Futuna possède une couverture orthophotographique datant de 2004 (BD ORTHO®) et cartographique de 2007 (BD CARTO®), toutes deux au 1/5 000ème. Cette dernière comprend la topographie ainsi qu'un ensemble de couches d'informations géographiques classées par types (hydrologie, routes, cultures…), représentant toute l'occupation du sol. Elle recense également de manière précise l'ensemble du bâti des îles, comprenant le bâti public (administrations, écoles, hôpitaux, …), religieux, coutumier, industriel/commercial et privé.

5.2. Deux îles, deux géographies

Wallis est une île basse au relief peu accentué (Figure 5, point culminant : Mont Lulu, 151 mètres) de sept kilomètres sur quatorze environ (78 km²). Elle semble d'emblée plus vulnérable, en cas de tsunami, que son île-sœur, Futuna, île haute. Cependant, elle possède des facteurs locaux de réduction de l'aléa tsunamique : un récif corallien régulier et continu, dit récif-barrière et un lagon, d'une surface d'environ 280 km², parsemé d'une dizaine d'îlots inhabités d'origine corallienne ou basaltique, occupés

occasionnellement pour la pêche ou pour les loisirs. Ce récif et ces îlots peuvent, en effet, faire obstacle à une vague importante.

Wallis est peuplée d'environ 10 000 habitants [INS 05], soit une densité d'environ 129 hab/km². La population est principalement installée sur les côtes Est et Sud de l'île (Figure 7), mais tend à s'établir à l'intérieur des terres, dans le « toafa ». Le toafa est une formation végétale broussailleuse (lande à Pandanus) localisée au centre de Wallis et sur de petits plateaux d'altitude à Futuna, là où la forêt ne peut pas (ou plus) pousser, pour des raisons à la fois édaphiques et anthropiques [DUP 86]. La population localisée à l'intérieur de l'île est donc être moins soumise à l'aléa tsunamique que la population localisée en bord de mer.

La côte ouest est composée de forêts anthropisées à dominance de cocotiers, végétation forestière secondaire plus ou moins dense fortement dégradée, destinée à la culture (manioc, igname, bananes, kape, …), aux jardins et à la jachère [UIC 03]. Ces forêts occupent 50% de la surface wallisienne.

La forêt dense est très dégradée. En 1986, elle couvrait environ 15% de la surface de Wallis (12 km²) [DUP 86]. En 2007, elle ne couvrait plus que 11% de la surface de l'île (9 km², Figure 7). Les mangroves n'occupent que quelques anses vaseuses (25 ha environ).

Enfin, les plages ont quasiment disparu de l'île principale, le sable et le corail étant essentiellement utilisés comme matériaux de construction. Cela a pour effet d'aggraver l'érosion côtière [DUV 06].

L'île de Futuna, d'environ six kilomètres sur douze (46 km²), est plus petite que Wallis et possède un relief beaucoup plus accidenté (Figure 5). Elle ne possède pas de récif corallien, mais plutôt un platier de corail, trop étroit pour freiner une vague violente de tsunami. Futuna fait face à la petite île d'Alofi (18 km²), inhabitée mais servant de grenier aux futuniens, qui y pratiquent les cultures vivrières (kapé, kava, manioc, …) et l'élevage de cochons. Environ 50% de la surface de Futuna est composée d'une forêt dense peu dégradée et 75% de la surface d'Alofi (Figure 7).

Futuna compte environ 5 000 habitants [INS 05], soit une densité moyenne de 105 hab/km² concentrés sur la plaine côtière (Figure 7), étroite de 100 à 300 mètres. Les flancs de colline sont en partie réservés à l'agriculture. La montagne est une zone de forêts denses qui tend à être utilisée pour les cultures [CTR 94]. Futuna présente donc plusieurs caractéristiques géographiques qui pourraient aggraver le risque en cas de tsunami par rapport à Wallis.

6. MISE EN PLACE D'UN INDICE DE VULNÉRABILITÉ

6.1. L'apport des MNT (Figure 5 et Figure 6)

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a réalisé des cartes d'exposition aux tsunamis du littoral des régions du Sud de la France (Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Corse - [COU 07]) et de l'outremer antillais (Martinique et Guadeloupe), mais à l'heure actuelle pas dans l'outremer pacifique. Ces cartes s'appuient sur la synthèse de 6 à 8 scénarii de tsunami et découpent le littoral en 8 classes, d'une exposition aux tsunamis très élevée (classe 1) à une exposition faible (classe 8). Cependant, ces cartes sont à petite échelle (1/100 000ème), ce qui n'est pas assez précis pour Wallis et Futuna. En revanche, parmi les critères retenus par le BRGM, pour créer ces cartes, deux facteurs ont été retenus pour l'analyse à Wallis et Futuna :

- les pentes sont inférieures à 5 %,
- les altitudes sont inférieures à 5 mètres.

Deux MNT ont été réalisés sur les îles (Figure 5) afin de déterminer ces deux facteurs (Figure 6).

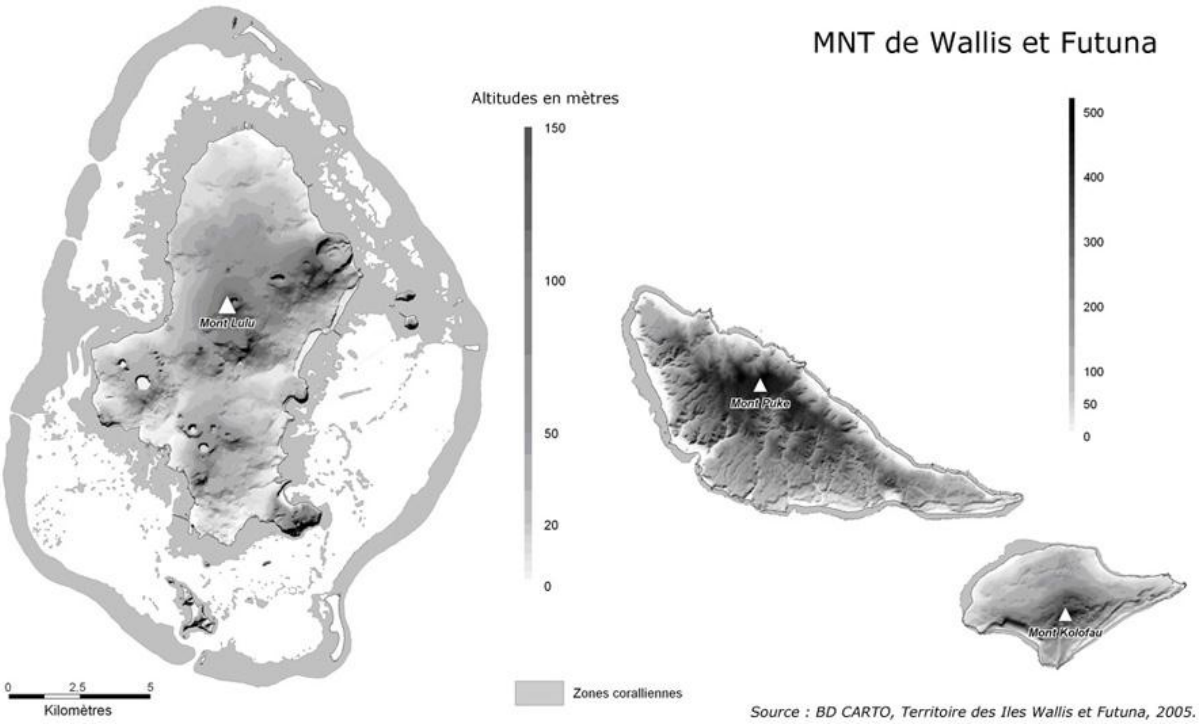


Figure 5

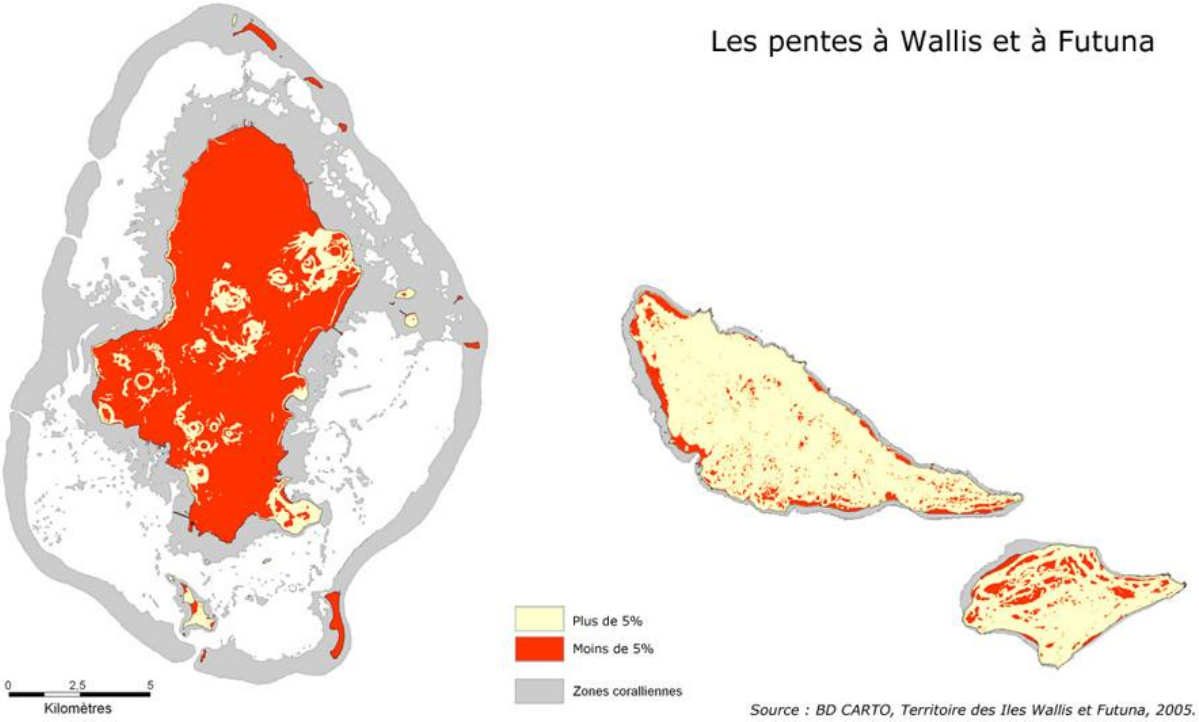


Figure 6

Paramètres	Wallis	Futuna
Moins de 5 mètres d'altitude	7,6 km² - 9,7% de la surface	2,5 km² - 5,4% de la surface
Pentes inférieures à 5 %	65,8 km² - 83% de la surface	6 km² - 13 % de la surface
Moins de 5 mètres d'altitude ET pentes inférieures à 5 %	**5,2 km² - 6,6 %** de la surface	**1,7 km² - 3,6 % de la surface**

Tableau 1. Répartition des surfaces de moins de 5 mètres d'altitude et des pentes inférieures à 5 % à Wallis et à Futuna.

Il apparaît que 5,2 km² soit 6,6 % des surfaces wallisiennes et 1,7 km² soit 3,6 % des surfaces futuniennes se situent à la fois à moins de 5 mètres d'altitude et à des pentes inférieures à 5% (Tableau 1). Ainsi,

Futuna est légèrement favorisée par rapport à Wallis, en cas de tsunami, puisque Futuna possède une surface considérée à risque plus petite (en km² et en %). Cependant, il reste à croiser ces informations avec celles de l'occupation du sol, notamment les zones habitées.

6.2. La répartition des zones bâties et des infrastructures routières (Figure 7)

La plupart des habitations privées de l'archipel se concentrent en bord de mer (Figure 7) : 27% des bâtiments privés se trouvent à moins de 5 mètres au-dessus du niveau de la mer à Wallis et 58% à Futuna (Tableau 2) ; 21% des bâtiments privés se trouvent entre 5 et 10 mètres au-dessus du niveau de la mer à Wallis et 27% à Futuna. De plus, en croisant ces données de pente et d'altitude :

- A Wallis : 1 182 bâtiments privés (soit 26%) sont situés à moins de 5 mètres d'altitude et dans des zones de pentes de moins de 5% ;
- A Futuna : 1 106 bâtiments privés (soit 54%) sont situés à moins de 5 mètres d'altitude et dans des zones de pentes de moins de 5%, donc plus de la moitié des bâtiments privés futuniens se situent dans ce que l'on peut considérer comme la plaine côtière.

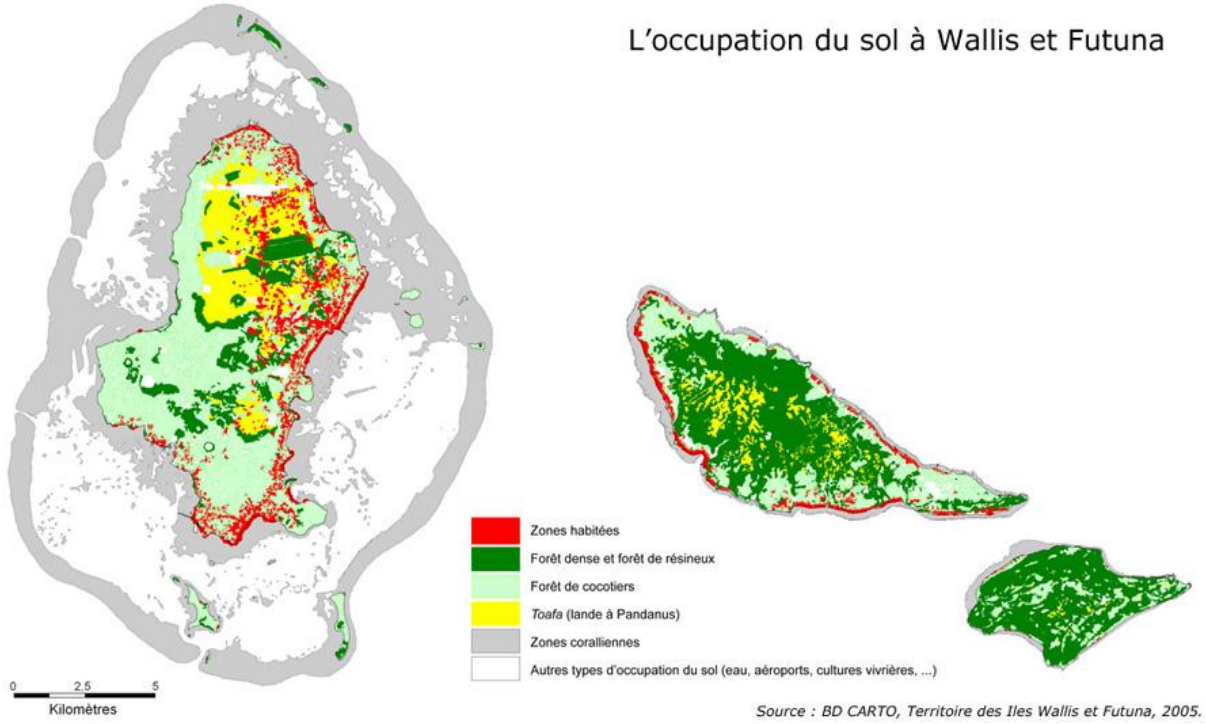


Figure 7

	Wallis			Futuna		
	Bâti public	Bâti privé	Autres bâtiments*	Bâti public	Bâti privé	Autres bâtiments*
Moins de 5 mètres	**30**	**1 239**	**119**	**38**	**1 180**	**83**
De 5 à 10 mètres	9	952	33	15	545	31
Plus de 10 mètres	176	2 385	194	31	321	8
Total	**215**	**4 576**	**346**	**84**	**2 046**	**122**

** Les autres bâtiments concernent les bâtiments religieux, coutumiers, industriels et commerciaux*

Tableau 2. Nombre de bâtiments à Wallis et à Futuna, suivant les altitudes.

Parmi les bâtiments publics se situant à moins de 5 mètres du niveau de la mer, on recense à Wallis, deux écoles primaires, les dispensaires de Mua et de Hihifo, et le SPT (Service des Postes et

Télécommunications). A Futuna, il s'agit de la Délégation , les deux Circonscriptions , l'aérogare et la piste de Vele, le SPT, le Service des Travaux Publics, trois écoles primaires et le collège.

A Futuna, plus de la moitié des routes principales se trouvent à moins de 5 mètres d'altitude, essentiellement la route territoriale n°1 (RT1) qui fait le tour de l'île, dont le revêtement est cimenté, bitumé ou inexistant. Cela représente environ 24 km de route sur un total de 45 km. A Wallis, 20 % environ des routes principales (RT1, RT2, RT3, …) se trouvent à moins de 5 mètres d'altitude. Cela représente environ 20 km de route sur un total de 92 km.

6.3. Cartographie du risque : Définition d'un indice de vulnérabilité à Wallis et Futuna

La carte du risque tsunamique à Wallis et Futuna s'appuie sur une grille de 25*25 mètres calculant un indice de vulnérabilité (voir formule ci-dessous). Celui-ci est élaboré à partir de facteurs affectés de poids, sur un modèle initialement mis en œuvre par XU [XU 05] pour la cartographie du risque d'incendie de forêt en Chine. L'utilisation d'une grille a déjà été appliquée à la cartographie des risques naturels pour l'outremer français : la cartographie des risques volcaniques en Martinique [LEO 04] ; [WAC 04].

$$\text{Indice de risque} = 3*ZoHa + 3*EtPu + 2*Alti + 1*P + 1*Agri + 2*Inf - 1*Mang - 1*Co - 1*Ilo - 2*Fal$$

ZoHa : Zones habitées
EtPu : Etablissements publics
Alti : Altitude
P : Pentes
Agri : Zones de tarodières
Inf : Routes et infrastructures
Mang : Mangroves
Co : Zones coralliennes
Ilo : Ilots
Fal : Zones de falaises

Formule 01

Cette formule prend en compte différents facteurs anthropiques et naturels pouvant aggraver ou limiter le risque en cas de tsunami (tableau 3). Le choix de ces facteurs et de leur intensité ont été déterminés en fonction des différentes références bibliographiques précitées (BRGM d'après [COU 07] ; [CHA 05] ; [DUR 05]). La principale difficulté réside dans la détermination des facteurs et de leur pondération [PRO 09].

Six facteurs aggravant sont retenus pour calculer l'indice de vulnérabilité des îles Wallis et Futuna (Figure 8 et Figure 9). A chaque facteur est attribuée une pondération suivant l'importance donnée à ce facteur : 3 pour un risque très fort, 2 pour un risque fort ou 1 pour un risque faible mais présent. Plus le facteur est considéré comme important, plus le poids de ce facteur est fort. De plus, chaque facteur est divisé en classe(s) de risque, en fonction du niveau de risque qui lui est attribué.

Parmi les facteurs aggravant le risque tsunamique, on recense quatre facteurs anthropiques et deux facteurs naturels :

- Présence/absence de zones habitées, constituées par les « jardins de case » wallisiens et futuniens, autour des maisons d'habitations. Ces jardins sont très importants pour la population îlienne, qui y pratique la culture vivrière et ornementale et qui y aménage la plupart du temps des parcs à cochons. Ces jardins, assez grands, s'étendent en général de 20 à 100 mètres autour de la maison d'habitation. Un poids de 3 est attribué à ce facteur, qui contient deux classes : le jardin en lui-même (valeur 3) et un tampon de 50 mètres autour du jardin (valeur 2).
- Présence/absence d'établissements pouvant accueillir du public (écoles, hôpital, administrations, églises, bâtiments coutumiers). Un tampon de 50 mètres autour des bâtiments est retenu. Un poids de 3 est attribué à ce facteur.
- Présence/absence de zones de tarodières. Un poids de 2 est attribué à ce facteur. La tarodière est en effet considérée dans cette étude comme une zone particulièrement à risque en cas de tsunami, pour ses aspects humains et naturels. En effet, le tarot est l'élément culinaire de base dans la tradition wallisienne et futunienne. Les tarodières, zones irriguées où sont cultivés les tarots, sont donc très fréquentées et très travaillées par les hommes wallisiens et futuniens.

- Présence/absence d'infrastructures. Sont retenues les infrastructures routières principales (tampon de 10 mètres autour des routes territoriales revêtues ou non), les infrastructures aéroportuaires et portuaires (port de commerce et port pétrolier). Un poids de 2 est attribué à ce facteur.
- Les altitudes : plus l'altitude est faible, plus le risque de tsunami est grand. Un poids de 2 est attribué à ce facteur, divisé en 3 classes (de 0 à 10 mètres, de 11 à 20 mètres et plus de 20 mètres).
- Les pentes : plus la pente est faible, plus le risque de tsunami est grand. Un poids de 2 est attribué à ce facteur, divisé en 2 classes (pentes de 0% à 2% et pentes de 3% à 5%).

Les facteurs limitant ou atténuant le risque de tsunami sont des facteurs naturels. Ils sont au nombre de quatre à Wallis et d'un à Futuna.

- Présence/absence de falaises. Il s'agit d'une information complémentaire à celle de la pente et de l'altitude. Une falaise est capable de bloquer une vague puissante de tsunami. Un poids de 2 est attribué à ce facteur.
- Présence/absence de mangroves. Les mangroves peuvent jouer un rôle d'absorption de vague, en cas de tsunami. Localisée essentiellement sur les côtes occidentales et méridionales, plutôt non-habitées, la mangrove est formée de petits îlots de 0,5 ha à 3 ha. La mangrove de Wallis est une formation assez dense, haute de 3 à 4 mètres [UIC 03]. Un poids de 2 est attribué à ce facteur.
- Présence/absence d'îlots. Les îlots de Wallis peuvent également jouer un rôle d'absorption de vague pour l'île principale d'Uvea. Sont donc retenues les zones d'Uvea situées en face d'un îlot. Ce facteur ne tient donc pas compte de la direction potentielle des vagues, c'est pourquoi un poids de 1 seulement est attribué à ce facteur.
- Présence/absence de zones coralliennes. Futuna présente un platier corallien large de 100 à 200 mètres, recouvert à marée haute, qui ne peut être considéré comme un facteur limitant. Dépourvue de lagon, la côte futunienne plonge directement dans l'océan. A l'inverse, les zones coralliennes sont plus importantes à Wallis. On peut considérer que la partie Nord-Nord-Est d'Uvea possède un platier relativement assez large (1,5 à 3 km) pour freiner une partie de l'énergie des vagues de tsunamis. Toute cette partie est donc sous l'influence du facteur limitant zones coralliennes. A l'inverse, la côte Sud-Est est bordée par la partie la plus profonde du lagon (environ 40 mètres de profondeur [UIC 03]), où le platier est le plus étroit (Baie de Mata'utu et Pointe de Matala'a). Ces zones ne peuvent être considérées comme protégées en cas de tsunami.

Facteur	Poids	Classes	Valeurs	Risque
Zones habitées (ZoHa)	3	Zones habitées (jardin) Tampon de 50 mètres	3 2	Très fort Fort
Etablissements Publics (EtPu)	3	Tampon de 50 mètres autour des établissements publics	3	Fort
Altitudes (Alti)	2	De 0 à 10 mètres De 11 à 20 mètres Plus de 21 mètres	3 2 1	Très fort Fort Moyen
Infrastructures (Infra)	2	Tampon de 10 mètres autour des routes Aéroports, ports	2	Fort
Pentes (P)	1	De 0% à 2% De 3% à 5%	3 2	Très fort Fort
Tarodières (Agri)	1	Tarodières	2	Fort
Falaises (Fal)	2	Présence de falaise littorale	2	Forte limitation du risque
Mangroves (Mang)	2	Tampons de 20 mètres autour des zones de mangrove	2	Forte limitation du risque
Ilots (Ilo)	1	Projection orthogonale sur le littoral	1	Limitation du risque
Zones coralliennes (Co)	1	Projection orthogonale sur le littoral	1	Limitation du risque

Tableau 3. Facteurs aggravant et limitant le risque

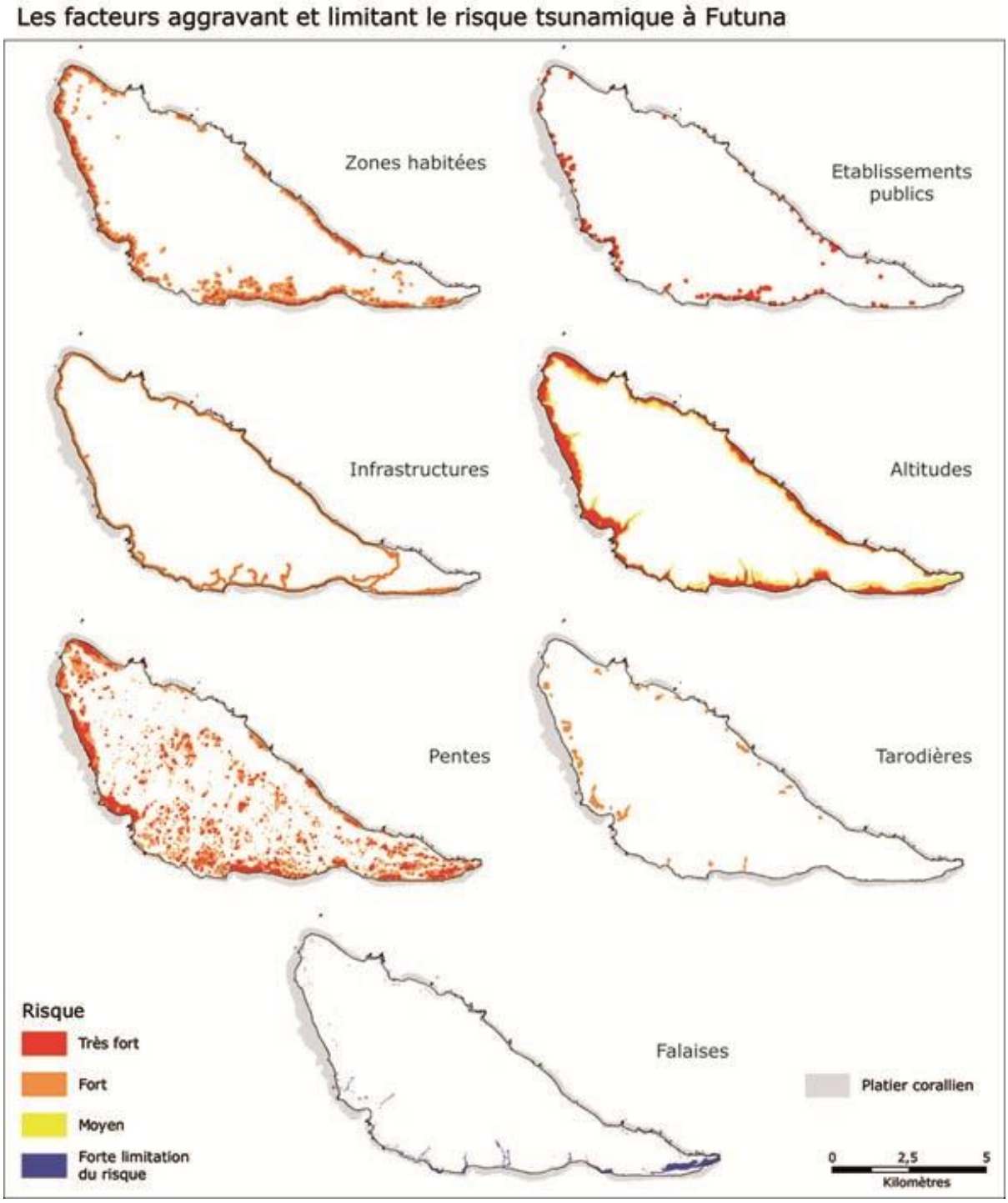


Figure 8

Le risque total est issu de la combinaison des différents facteurs (Figure 10 et Figure 11). La valeur maximale de cet indice est de 31. Les zones situées à plus de 50 mètres au-dessus du niveau de la mer (en blanc sur les Figure 10 et Figure 11) sont considérées comme appartenant aux zones où le risque en cas de tsunami est considéré comme nul. Afin de comparer la situation des deux îles, et par soucis de clarté et simplification, trois classes identiques ont été retenues pour cartographier le risque :

- Risque très fort (indice de 21 à 31),
- Risque fort (indice de 11 à 20)
- Risque moyen (indice de 1 à 10).

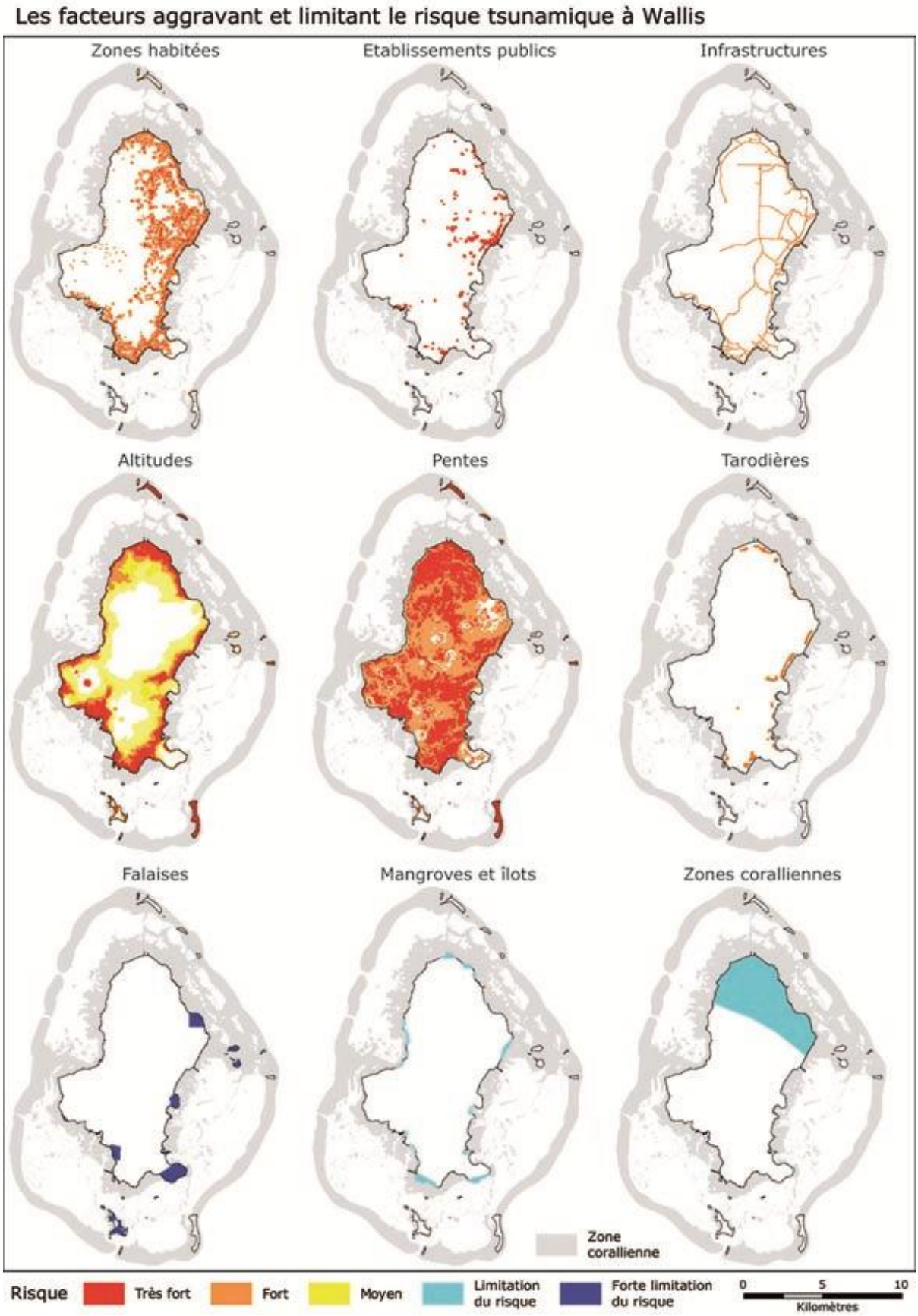

Les facteurs aggravant et limitant le risque tsunamique à Wallis
Zones habitées
Etablissements publics
Infrastructures
Altitudes
Pentes
Tarodières
Falaises
Mangroves et îlots
Zones coralliennes
Zone corallienne
Risque
Très fort
Fort
Moyen
Limitation du risque
Forte limitation du risque
0
5
10
Kilomètres

Figure 9

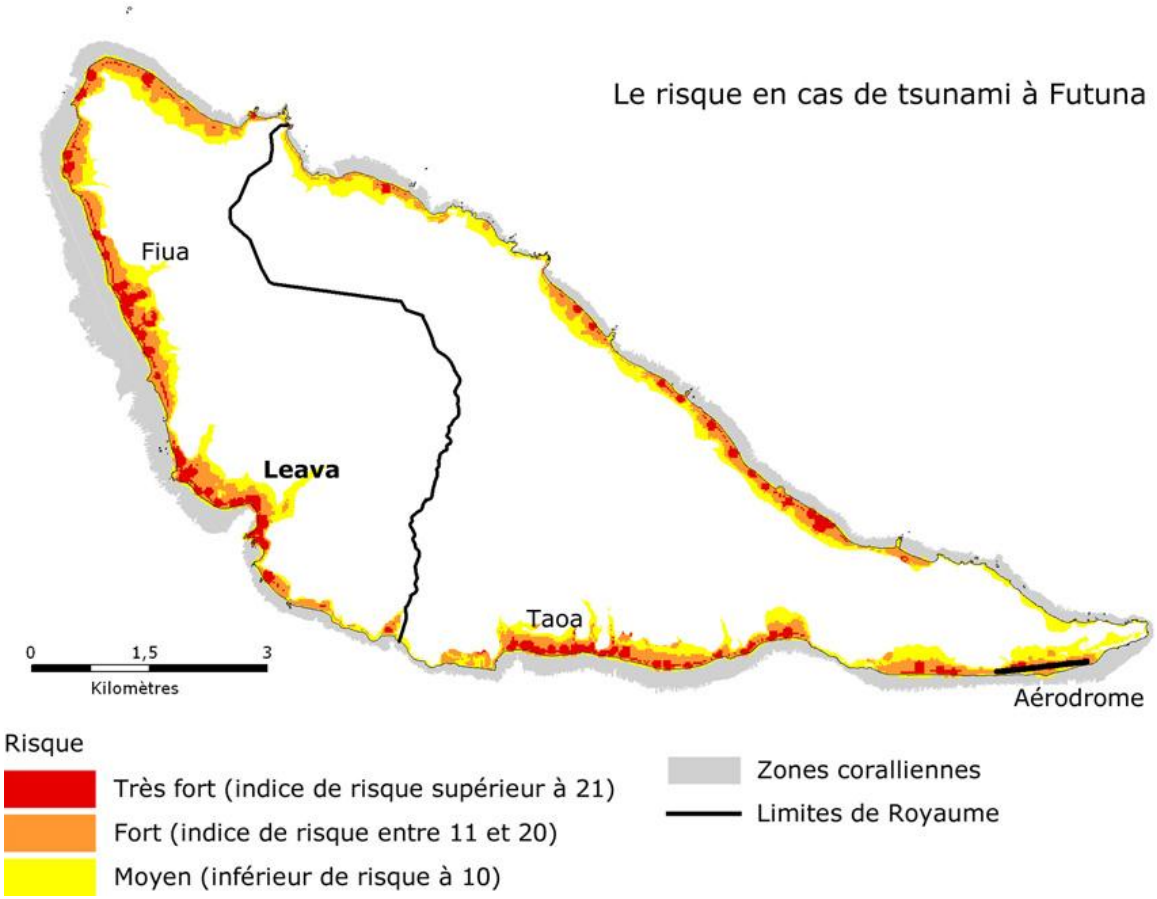


Figure 10

Les zones à risque très fort se localisent dans les secteurs où tous les facteurs aggravants se cumulent : principalement au niveau des zones habitées du bord de mer (altitudes et pentes faibles), notamment à Mata'utu, chef-lieu du Territoire et Leava, Fiua et Taoa, trois principaux villages de Futuna. La densité du bâti y est importante : la zone côtière de Mata'utu (villages de Falaleu, Ahoa, Aka'aka et Liku) comporte près de 320 bâtiments par km², tous types de bâtiments confondus. L'aéroport international de Wallis se trouve dans une zone au risque moyen alors que l'aérodrome de Futuna se trouve dans une zone au risque très fort.

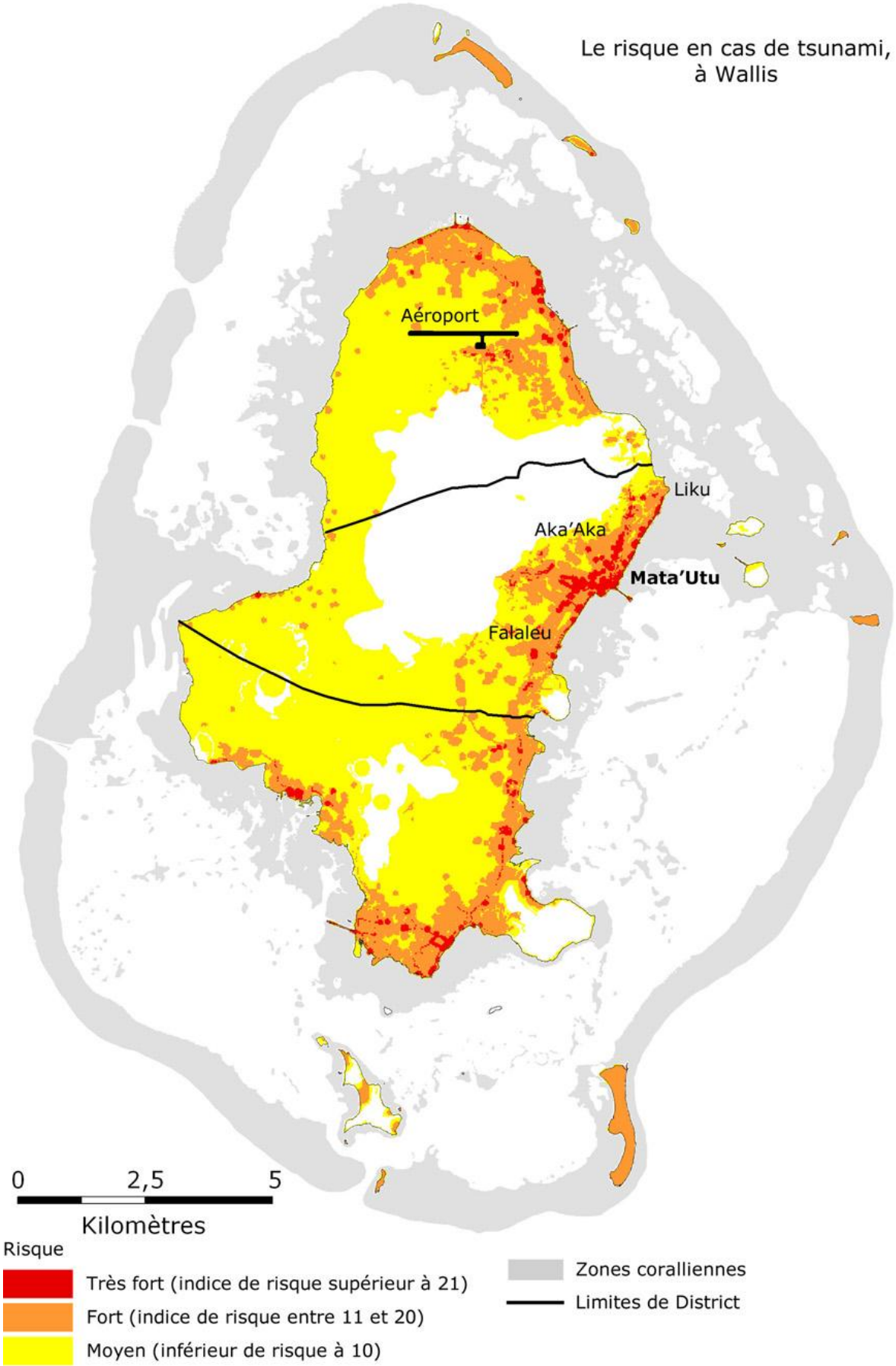

Le risque en cas de tsunami,
à Wallis
Aéroport
Liku
Aka'Aka
Mata'Utu
Falaleu
0
2,5
5
Kilomètres
Risque
Très fort (indice de risque supérieur à 21)
Fort (indice de risque entre 11 et 20)
Moyen (inférieur de risque à 10)
Zones coralliennes
Limites de District

Figure 11

Près de 74% de la surface wallisienne se situe dans une zone à risque tsunamique (tout risque confondu) contre seulement 17% de la surface de Futuna (Tableau 4). Cependant, ce constat est à nuancer car en fait, 87 % des bâtiments wallisiens et 95 % des bâtiments futuniens se situent dans une zone à risque en cas de tsunami. Plus précisément, 16% des bâtiments d'habitation de Wallis sont situés dans la zone de risque très fort en cas de tsunami et 34% à Futuna (Tableau 5). Un quart des bâtiments de l'archipel sont situés dans la zone à risque très fort.

	Wallis	Futuna
Risque très fort	1,9 km² - 2,4 % de la surface	1,1 km² - 2,3 % de la surface
Risque fort	14,7 km² - 18,8 % de la surface	3 km² - 6,5 % de la surface
Risque moyen	41,2 km² - 52,7 % de la surface	3,7 km² - 8 % de la surface
Risque nul	20,4 km² - 26 % de la surface	38,5 km² - 83,1 % de la surface
Total	**78,2 km²**	**46,3 km²**

Tableau 4. Surfaces exposées au risque

	Wallis				Futuna					
	Bâtiments publics	Bâtiments privés	Autres bâtiments*	Total	Bâti public	Bâti privé	Autres bâtiments*	Total	*Total bâtiments*	*% bâtiments*
Risque très fort	83	722	202	1 007	59	695	106	860	*1 867*	*25*
Risque fort	98	3 031	82	3 211	22	1 165	10	1 197	*4 408*	*60*
Risque moyen	10	240	15	265	3	70	2	75	*340*	*5*
Risque nul	24	583	47	654	0	116	4	120	*774*	*10*
Total	*215*	*4 576*	*346*	*5 137*	*84*	*2 046*	*122*	*2 252*	*7 389*	*100*

** Les autres bâtiments concernent les bâtiments religieux, coutumiers, industriels et commerciaux*

Tableau 5. Nombre de bâtiments à Wallis et à Futuna, suivant risque tsunamique

7. LIMITES ET PERSPECTIVES

Le calcul du risque de tsunami à Wallis et Futuna est incomplet. Il pourrait être amélioré en intégrant des données de bathymétrie [PEL 00] [1], de géologie, de pédologie, afin de connaître les effets de sites et les glissements de terrain probables, des données sur l'influence de la marée mais aussi des données socio-économiques plus précises [AND 04]. Il pourrait également être envisagé d'établir une typologie plus fine du bâti [LEO 07], en distinguant les bâtiments en dur et les bâtiments traditionnels, les falés.

Cette analyse cartographique est complétée par une étude fine portant sur une estimation du coût des bâtiments détruits en cas de tsunami et sur les moyens de lutte possibles (localisation précise de lieux d'implantation de sirènes d'alerte et de zones de refuge).

8. CONCLUSION

Wallis et Futuna sont donc vulnérables face au risque tsunamique, d'autant plus Futuna, par son organisation spatiale et par son isolement. Il n'y a, en effet à Futuna, pas de moyen d'évacuation ou d'acheminement d'aide de grande ampleur possibles, car l'aérodrome de Vélé, situé en bord de mer, ne peut accueillir que de petits avions bimoteurs (une vingtaine de place) et serait directement détruit en cas de tsunami.

Cette analyse des zones à risque en cas de tsunami dans les îles Wallis et Futuna pourrait s'appliquer également en cas d'inondations d'origine météorologique (cyclone). Les auteurs de cet article proposent d'appliquer cette méthode à d'autres îles du Pacifique.

9. 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 relecteurs, Aude-Nuscia Taïbi, Nahossio Gonga-Saholiariliva, Clotilde Marcel et Julien Andrieu.

10. BIBLIOGRAPHIE

[AND 04] ANDRE G., 2004, Cartographie du risque naturel dans le monde. Etude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité, Cybergeo, article 286, 11 p.

[CAB 99] CABIOCH G. et al., 1999, Apport de la croissance des coraux à l'étude sismo-tectonique de Futuna (Territoire de Wallis et Futuna, Pacifique Sud-Ouest), in Tectonique/Tectonics, Académie des Sciences, pp. 429-434.

[CHA 05] CHANSON H., 2005, Le Tsunami du 26 décembre 2004 : un phénomène hydraulique d'ampleur internationale. Premiers constats, La Houille Blanche/N°2-2005, pp. 22-32.

[COU 07] COURTEAU R., 2007, L'évaluation et la prévention du risque de tsunami sur les côtes françaises en métropole et outre-mer, Rapport parlementaire n°488 (Assemblée Nationale) et n°117 (Sénat), Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 171 p.

[CTR 94] CTRDT (Centre Territorial de Recherche et de Documentation Pédagogique), Wallis et Futuna, Hommes et Espaces, Nouméa, 1994, 64 p.

[DEB 08] DEBELMAS J. et al., 2008, Les grandes structures géologiques, DUNOD, 322 p.

[DUP 86] DUPON J. F. et al., 1986, Wallis et Futuna : l'Homme contre la forêt, ORSTOM, 6 p.

[DUR 05] DURAND F., février 2005, Tsunamis, cyclones, inondations, des catastrophes si peu naturelles..., Le monde diplomatique.

[DUV 06] DUVAT V., 2006, Mondialisation touristique et environnement dans les petites îles tropicales, Les Cahiers d'Outre-Mer, numéro 236, pp. 513-539.

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

[IRD 00] IRD, 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

[IRD] Présentation du programme Géosciences AZUR au centre IRD de Nouméa.

http://www.ird.nc/dme/dme_r082.htm

[LEO 04] LEONE F., 2004, Une approche quantitative de la cartographie des risques naturels : application expérimentale au patrimoine bâti de la Martinique (Antilles françaises), Géomorphologie : relief, processus, environnement, 2004-n°2, p. 117-126.

[LEO 07] LEONE F., 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 M. et al., 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.

[PEL 00] [1] PELLETIER B. et al., 2000, Transpression active le long de la frontière décrochante Pacifique–Australie : les apports de la cartographie multifaisceaux autour des îles Futuna et Alofi (Pacifique sud-ouest), in Océanographie/Oceanography, Académie des Sciences, pp. 127-132.

[PEL 00] [2] PELLETIER B. et al., 2000, Le séisme d'Ambrym–Pentecôte (Vanuatu) du 26 novembre 1999 (Mw : 7,5) : données préliminaires sur la séismicité, le tsunami et les déplacements associés, in Tectonique/Tectonics, Académie des Sciences, pp. 21-28.

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

[PRO 09] PROPECK-ZIMMERMANN E. et al., 2009, Nouvelles approches ergonomiques de la cartographie des risques industriels, Mappemonde 96, 19 p.

[REG 94] REGNIER M., 1994, Sismotectonique de la ride de Horn (îles de Futuna et Alofi), un segment en compression dans la zone de fracture Nord-Fidjienne, Géophysique/Geophysics, Académie des Sciences, pp. 1219-1224.

[UIC 03] UICN, sous la direction de GARGOMINY O., 2003, Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer, Collection Planète Nature, Comité français pour l'UICN, 246 p. (pp. 171-179 sur Wallis et Futuna).

[WAC 04] WACKERMAN G., 2004, La géographie des risques dans le monde, Ed. Ellipses, 501 p. Dossier n°2, LEONE Frédéric et LESALES Thierry, Des cartes pour comprendre, évaluer et gérer le risque volcanique en Martinique (Antilles françaises) : de l'intérêt de la cartographie en géographie des risques naturels, pp. 113-128.

[XU 05] XU D. et al., 2005, Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China, in Journal of Forestry Research, 16(3), pp. 169-174.