Document public

BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France Année 2008

Rapport final

BRGM/RP-56696-FR
novembre 2008

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France Année 2008

Rapport final

BRGM/RP-56696-FR
novembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des activités
de Service public du BRGM 2008-RIS-G09

J. Lambert

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : TERRIER M.	Nom : MODARESSI H.
Date :	Date :
Signature **:**	Signature **:**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : BD Tsunamis, Tsunamis, Inventaire, Historique, France, Antilles, Réunion, Nouvelle-Calédonie, Site Internet.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Lambert J. (2008) – BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France. Année 2008. Rapport final. BRGM/RP-56696-FR, 70 p., 25 fig., 2 ann., 1 CD-Rom.

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de la convention n° 0001337 entre le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (MEEDDAT-DPPR) d'une part et le BRGM d'autre part, cette étude présente l'état des travaux réalisés au cours de l'année 2008 par le BRGM sur l'opération de Service public PSP08ARN18, relative à la fiche intitulée : **« Cahier des charges 4.3 : BD « Tsunamis ». Inventaire historique des tsunamis en France ».**

Ces travaux s'inscrivent dans l'action « Plan séisme » de ladite convention sur la « Protection de l'environnement et la prévention des risques ».

L'étude consacrée aux tsunamis a notamment porté :

- sur la recherche de nouvelles sources documentaires décrivant ces phénomènes et particulièrement sur ceux susceptibles d'avoir été observés sur les côtes de France d'une part ;
- sur l'actualisation de la base de données (BD) et du site Internet correspondant (www.tsunamis.fr) d'autre part.

En ce qui concerne les recherches documentaires et bibliographiques, l'accent a été mis sur les régions Antilles-Guyane, sud-ouest de l'Océan Indien (Mayotte-Réunion-Maurice-Seychelles-Madagascar-Kenya-Tanzanie-Canal du Mozambique) et enfin en métropole. Indépendamment de la complexité de ces travaux, des éléments documentaires significatifs ont été retrouvés dans la littérature qu'elle soit d'ordre scientifique ou journalistique.

Ainsi, de nouveaux événements ont été implémentés dans le catalogue des tsunamis, particulièrement au regard de l'Océan Indien. Conduit à étudier la sismicité de cette zone pour en rechercher les séismes tsunamigènes, nous avons pu retrouver la trace de plusieurs d'entre eux ayant eu ou susceptibles d'avoir eu des répercussions sur le territoire de Mayotte et de la Réunion : séisme du 27 novembre 1945 (Côte du Makran, Pakistan, magnitude 8.1), séisme du 30 novembre 1983 (Archipel des Chagos, Diego Garcia, magnitude 7.7), séisme du 12 septembre 2007 (Bengkulu, Sumatra, magnitude 8.4). Dans un autre ordre de phénomène, volcanique celui-là, nous avons implémenté dans la BD et sur le site les effets du tsunami lié à l'explosion du Krakatoa (détroit de la Sonde, Java-Sumatra), le 27 août 1883.

Quant à la région du Canal de Mozambique, nos recherches n'ont pas permis d'identifier la trace de tsunamis liés à l'activité sismique de cette région, la magnitude des séismes se révélant apparemment trop faible.

Aux Antilles et en Métropole, de nouveaux « raz-de-marée » ont été découverts qui, après confrontation et analyse, s'avèrent correspondre à des raz-de-marée de

tempêtes liés à des dépressions météorologiques. Pour distinguer le faux du vrai, ces événements ont été enregistrés dans la BD sous la catégorie « faux tsunamis ».

En Guyane, de nouveaux séismes inconnus des catalogues ont été découverts mais sans lien avec des tsunamis.

Ailleurs, dans la BD et sur le site, de nouvelles références bibliographiques sont venues compléter des événements déjà recensés dans le catalogue (tsunami des Saintes, Guadeloupe, 2004). La base de données ainsi actualisée permet de retrouver sur le site Web l'ensemble des informations nouvellement saisies. Par ailleurs, la documentation correspondante a été numérisée permettant ainsi pour les sources libres de droits d'auteur, de les visionner sur le site.

À l'édition de ce rapport, 50 événements tsunamigènes sont décrits sur le site www.tsunamis.fr. Ce rapport en détaille le contenu.

Du point de vue technique, le site a bénéficié d'améliorations :

- par la mise en ligne de fonds topographiques au 1/25 000 des îles de la Martinique, de la Guadeloupe, de la Guyane et de la Réunion ;
- par la révision de la précision du trait de côte de ces territoires.

Enfin, cette étude fait état des statistiques de consultation pour une période de 1 an (octobre 2007 à septembre 2008).

Sommaire

1. Introduction 11

2. Inventaire 2008 des tsunamis historiques en France 13

2.1. TSUNAMIS DANS L'OCÉAN INDIEN 13

2.1.1. Considérations sur les investigations documentaires 13

2.1.2. Considérations sur l'activité tsunamigène de l'Océan Indien 14

2.1.3. L'échelle des tsunamis de Sieberg-Ambraseys en 6 degrés (rappel) 16

2.1.4. Tsunami de la côte du Makran, du 27 novembre 1945 17

2.1.5. Tsunami de Diego Garcia, du 30 novembre 1983 18

2.1.6. Tsunami de Sumatra, du 26 décembre 2004, observé à Mayotte 19

2.1.7. Tsunami de Sumatra, du 12 septembre 2007 19

2.1.8. Tsunamis de 1833 et 1861 à Sumatra (indications) 21

2.1.9. Tsunami de l'éruption du Krakatoa, du 27 août 1883 23

2.1.10. Séismicité du canal de Mozambique 25

2.2. TSUNAMIS AUX ANTILLES ET EN MÉTROPOLE 27

2.2.1. Tsunamis aux Antilles, actualisation 2008 28

2.2.2. Tsunamis en Métropole, actualisation 2008 29

3. Contenu de la BD Tsunamis en 2008 31

3.1. LISTE DES « VRAIS » TSUNAMIS (NOVEMBRE 2008) 31

3.2. RÉPARTITION DES TSUNAMIS PAR « BASSINS OCÉANIQUES » 32

3.3. RÉPARTITION DES TSUNAMIS PAR « CAUSES » 32

3.4. LISTE DES FAUX TSUNAMIS (NOVEMBRE 2008) 33

3.5. DONNÉES ACCESSIBLES EN LIGNE (NOVEMBRE 2008) 34

3.6. BILAN DES TRAVAUX 2008 34

4. Site Web Tsunamis en 2008 37

4.1. AMÉLIORATIONS TECHNIQUES : CARTOGRAPHIE 37

4.2. STATISTIQUES DE CONSULTATION DU SITE TSUNAMIS (2007-2008) 38

5. Conclusion et perpectives 2009 41

Liste des figures

Figure 1 - Principales zones tsunamigènes de l'Océan Indien, d'après Dominey-Howes *et al.*, où apparaissent les régions de Sumatra-Andaman et de Makran (2007). ... 14

Figure 2 - Limites de plaques tectoniques de l'Océan Indien : zones de subduction du Makran, de Java-Sumatra, dorsales centrale et sud-ouest indienne, et emplacement du détroit de la Sonde et de l'Archipel des Chagos. ... 15

Figure 3 - Localisation des tsunamis abordés dans cette étude. Image fond océan, d'après orange-smile.com/ru/foto/ocean-maps-eng.htm. ... 16

Figure 4 - Lieux affectés par le tsunami du 27 novembre 1945 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 8.1 (Makran, Pakistan), Numevt 9740006 de la BD (2008). ... 18

Figure 5 - Lieux affectés par le tsunami du 30 novembre 1983 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 7.7 (Diego Garcia, archipel des Chagos). ... 19

Figure 6 - Lieux affectés par le tsunami du 12 septembre 2007 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 8.4 (Bengkulu, Sumatra). ... 20

Figure 7 - Elipses positionnant les zones de fractures des séismes de 1833, 1861, 2004 et 2005 à l'origine des tsunamis de la région de Sumatra (d'après http://www.drgeorgepc.com/Tsunami2007Indonesia.html) ... 22

Figure 8 - Cartes de situation du volcan Krakatoa (Détroit de la Sonde). ... 23

Figure 9 - Lieux affectés par le tsunami du 27 août 1883 et intensités correspondantes. Éruption du volcan Krakatoa (Détroit de la Sonde). Numevt 9740003 de la BD (2008). ... 25

Figure 10 - Carte de situation du Canal du Mozambique (d'après geocities.com). ... 26

Figure 11 - Séismicité du Canal du Mozambique (1950-2008, données USGS, Magnitudes égales ou supérieures à 5.0). ... 27

Figure 12 - « Raz-de-marée » (faux tsunami) relaté à la Martinique et à Saint-Eustatius, d'après un contemporain (Journal d'un habitant de Sainte-Marie, Martinique). Numevt 9720017 de la BD (2008). ... 28

Figure 13 - Actualisation des données relatives au tsunami du 21 novembre 2004 à la Guadeloupe (d'après site Web Brgm-Meeddat www.tsunamis.fr, novembre 2008). ... 29

Figure 14 - Relation d'un « raz-de-marée » (faux tsunami) survenu à l'île de Groix, le 24 novembre 1902 (d'après La Croix de l'Île de Groix, du 24 décembre 1902). ... 30

Figure 15 - BD Tsunamis : liste des 50 vrais tsunamis accessibles sur le site Internet www.tsunamis.fr (édition, novembre 2008). ... 32

Figure 16 - BD Tsunamis : distribution par bassins océaniques (novembre 2008). ... 32

Figure 17 - BD Tsunamis : répartition par causes (novembre 2008). ... 33

Figure 18 - BD Tsunamis : liste des faux tsunamis (BD, novembre 2008). ... 34

Figure 19 - Site Internet Tsunamis : distribution des données consultables en ligne (novembre 2008). ... 34

Figure 20 - BD Tsunamis : récapitulatif des principales interventions 2008 (édition novembre 2008). 35

Figure 21 - Site Web tsunamis : carte initiale du tsunami du 20 novembre 2004 aux Antilles, entre Guadeloupe et Dominique. Au centre : l'archipel des Saintes. 36

Figure 22 - Site Web tsunamis 2008 : carte zoomée du tsunami du 20 novembre 2004 avec affichage du fond topographique de l'IGN sur la commune de Terre-de-Haut (Archipel des Saintes). 38

Figure 23 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : nombre de visiteurs par mois et nombre pages consultées (accès). 39

Figure 24 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : durée moyenne d'une visite (exprimée en secondes) et pourcentage de visiteurs de France.....39

Figure 25 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : pourcentages de répartition entre visiteurs de France (60, 81 %) et visiteurs de l'Étranger (39,19 %).....40

Liste des annexes

Annexe 1 - W. Berninghausen (1966). Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean, in *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 56, n° 1 45

Annexe 2 - B.-K. Rastogi et R.-J. Jaisval (2006). A catalog of tsunamis in Indian Ocean, in *Science of tsunamis Hazards*, vol. 25, n° 3 53

1. Introduction

Au cours de l'année 2008 et conformément au cahier des charges n° 4.3 de la convention MEEDDAT n° 0001337 signée le 31 juillet 2008, le BRGM a été missionné pour mettre à jour et implémenter de nouvelles données dans la base et sur le site Internet dédié aux tsunamis observés sur le territoire français.

Par rapport à l'année précédente, les investigations documentaires d'une durée de vingt jours ont été poursuivies en vue d'implémenter de nouvelles données particulièrement sur les territoires français de l'Océan Indien, de la Mer Caraïbe et de la Métropole.

Ce rapport détaille donc les résultats obtenus concernant :

- le tsunami de novembre 1945 (Côte du Makran, Pakistan) ;
- le tsunami de novembre 1983 (Archipel des Chagos, Diego Garcia) ;
- le tsunami de décembre 2004 (Andaman, Sumatra) ;
- le tsunami de septembre 2007 (Bengkulu, Sumatra) et au rappel de deux de ces prédécesseurs (1833 et 1861) ;
- le tsunami lié à l'explosion du volcan Krakatoa en 1883 (Détroit de la Sonde) ;
- la sismicité du canal du Mozambique (entre Afrique et Madagascar) ;
- le recueil d'événements nouveaux et d'observations nouvelles aux Antilles et en Métropole.

Enfin, cette étude se termine par le descriptif d'améliorations techniques (cartographie) portées sur le site, par une statistique du contenu de la base de données en 2008 et par un compte rendu de la fréquentation du site tsunamis.

En annexe, sont joints des documents (catalogues) concernant l'activité tsunamigène et sismique de l'Océan Indien.

2. Inventaire 2008 des tsunamis historiques en France

La connaissance et la diffusion des données sur les risques naturels en France est une des volontés affichées du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction générale de la Prévention des Risques (MEEDAAT-DGPR). À l'image de ce qui a été mis en œuvre à propos des séismes (BD et sites Sisfrance), le BRGM a d'abord été chargé en 2006/2007 de créer une base de données (BD) et un site Internet sur les tsunamis.

En 2008, les investigations documentaires ont été poursuivies de manière à implémenter de nouvelles données sur les tsunamis ayant pu toucher le territoire français. À la demande du MEEDAAT-DGPR, les recherches ont été conduites sur plusieurs secteurs (Antilles, Métropole) mais plus particulièrement sur les événements tsunamigènes de l'Océan Indien susceptibles d'avoir eu des répercussions à Mayotte et à l'île de la Réunion.

Ci-après, nous faisons le point sur les résultats obtenus qu'accompagnent quelques remarques.

2.1. TSUNAMIS DANS L'OCÉAN INDIEN

2.1.1. Considérations sur les investigations documentaires

La sismicité de l'Océan Indien n'est plus à démontrer avec l'instrumentation fournie par les réseaux de surveillance mondiaux. Pour autant, dès qu'il s'agit d'étudier la macrosismicité historique, c'est-à-dire les effets observés des séismes, les renseignements deviennent aussitôt moins nombreux, voire pour certains séismes fussent-ils récents, quasiment inexistants. Cet état qui ne facilite pas la tâche de recherche documentaire ne nous permet cependant pas d'affirmer catégoriquement que les tsunamis étudiés dans ce rapport ont tous été ressentis à Mayotte ou à la Réunion. En effet, dans deux cas que nous détaillerons plus loin, seules les îles voisines (l'île Maurice et l'île Mahé, Seychelles) ont attesté de ces phénomènes. Pour autant, on ne saurait en conclure que lesdits tsunamis n'ont pas atteint les îles françaises et ce malgré le déficit d'information à leur égard.

D'autre part, nous devons préciser qu'étudier les tsunamis potentiellement observés ou effectivement ressentis à Mayotte ou à la Réunion nécessite de ne pas circonscrire les travaux d'investigation documentaire uniquement dans les proches abords de ces îles mais de les étendre bien au-delà, à des distances considérables (plusieurs milliers de kilomètres), précisément au cœur même des régions où naissent les tsunamis. Les recherches documentaires ont donc été organisées en conséquence.

2.1.2. Considérations sur l'activité tsunamigène de l'Océan Indien

La documentation que nous avons pu recueillir dans le cadre de cette étude montre qu'au moins trois régions principales de l'Océan Indien peuvent être considérées comme le siège de tsunamis de quelque importance. En nous appuyant entre autres sur les travaux de Dominey-Howes, Cummins et Burbridge *(Historic records of teletsunami in the Indian Ocean and insights from numerical modelling, Natural Hazards, Vol. 42, 2007*), les deux premières correspondent à des zones de subduction où se concentre une sismicité interplaque (fig. 1) : il s'agit de la côte ouest de Java-Sumatra prolongée par les îles Nicobar-Andaman d'une part, de la côte sud de l'Iran et du Pakistan appelée côte du Makran d'autre part. Ces deux régions sont soumises à une activité sismique majeure, associée à des séismes atteignant ou dépassant la magnitude 8.0.

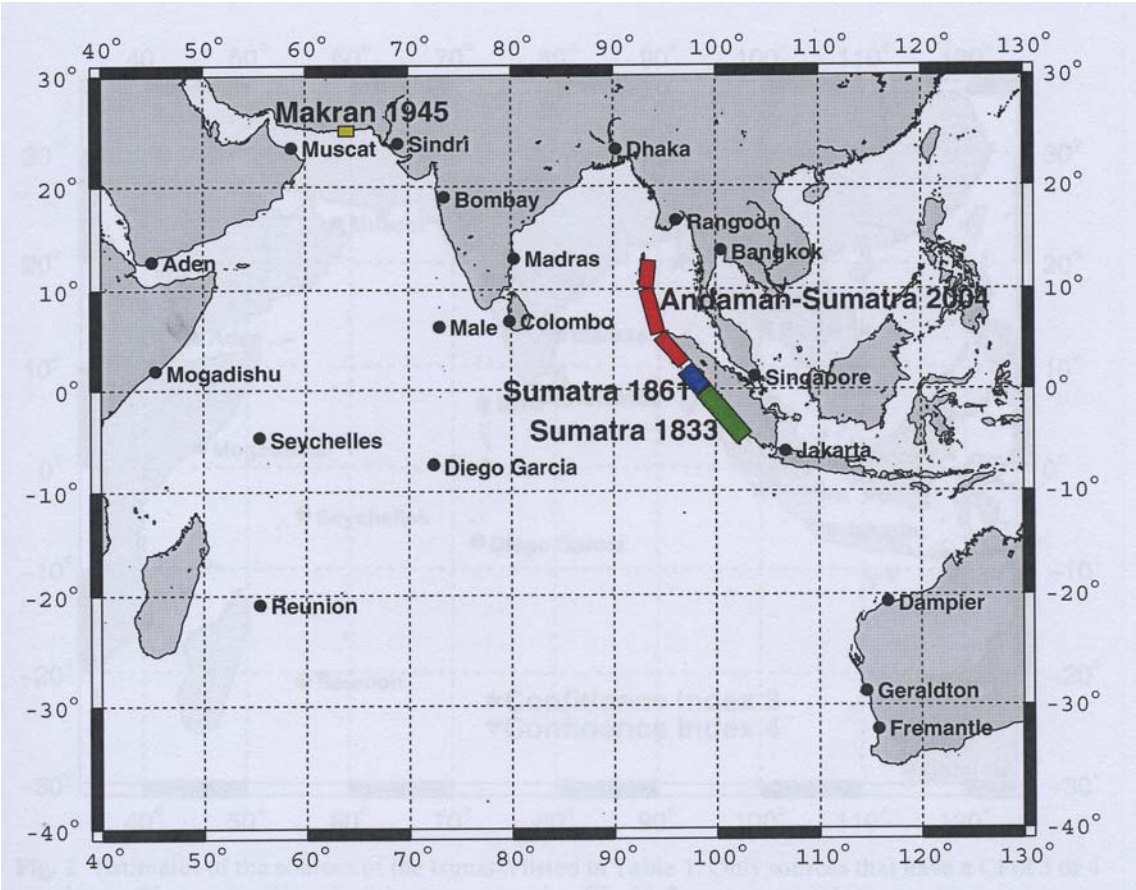

Figure 1 - Principales zones tsunamigènes de l'Océan Indien, d'après Dominey-Howes et al.*, où apparaissent les régions de Sumatra-Andaman et de Makran (2007).*

Enfin, la troisième région tsunamigène correspond à ce qu'on appelle le Plateau des Chagos (Diego Garcia) situé au sud-sud-ouest de l'Inde, au cœur de l'Océan Indien.

Du point de vue tectonique, la côte ouest de Java-Sumatra correspond à la zone de subduction de la plaque Indo-Australienne avec la plaque Eurasienne, la première plongeant sous la seconde tandis que la côte sud Iran-Pakistan (Makran) correspond à la zone de subduction entre la plaque Arabique avec la plaque Eurasienne (fig. 2). Ces

deux zones présentent la particularité de pouvoir initier des séismes très violents, tsunamigènes, avec une fréquence cependant plus élevée pour le secteur lié à la faille de Sumatra. En témoigne le tsunami des îles Andaman-Nicobar-Banda Aceh du 26 décembre 2004 (magnitude 9.0, plus de 250 000 victimes).

Quant au Plateau des Chagos, il est bordé à l'est par la Dorsale Centrale Indienne (*Mid Indian Rift)*. En 1983, un séisme de magnitude 7.7 y déclencha un petit tsunami.

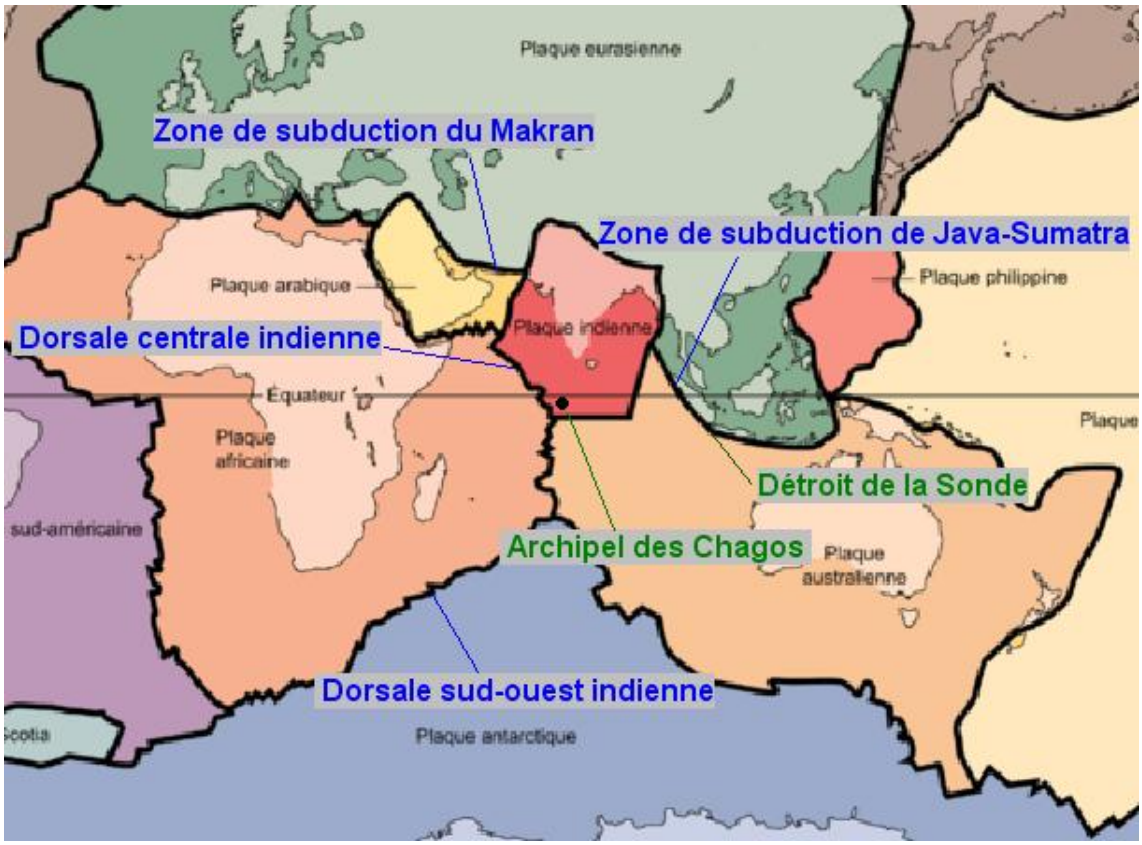

Figure 2 - Limites de plaques tectoniques de l'Océan Indien : zones de subduction du Makran, de Java-Sumatra, dorsales centrale et sud-ouest indienne et emplacement du détroit de la Sonde et de l'Archipel des Chagos.
(carte originale d'après http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_plaques_tectoniques)

Hormis les tsunamis liés aux séismes, cette étude évoque aussi le volcanisme et particulièrement l'événement survenu en août 1883 dans le Détroit de la Sonde : l'explosion du volcan Krakatoa. Exceptionnel par son ampleur, le tsunami correspondant traversa l'ensemble de l'Océan Indien et fut même observé au-delà, dans l'Atlantique et dans le Pacifique. L'observation de ce phénomène à la Réunion et à Maurice est consignée dans cette étude.

La carte ci-après (fig. 3) positionne les événements étudiés dans ce rapport.

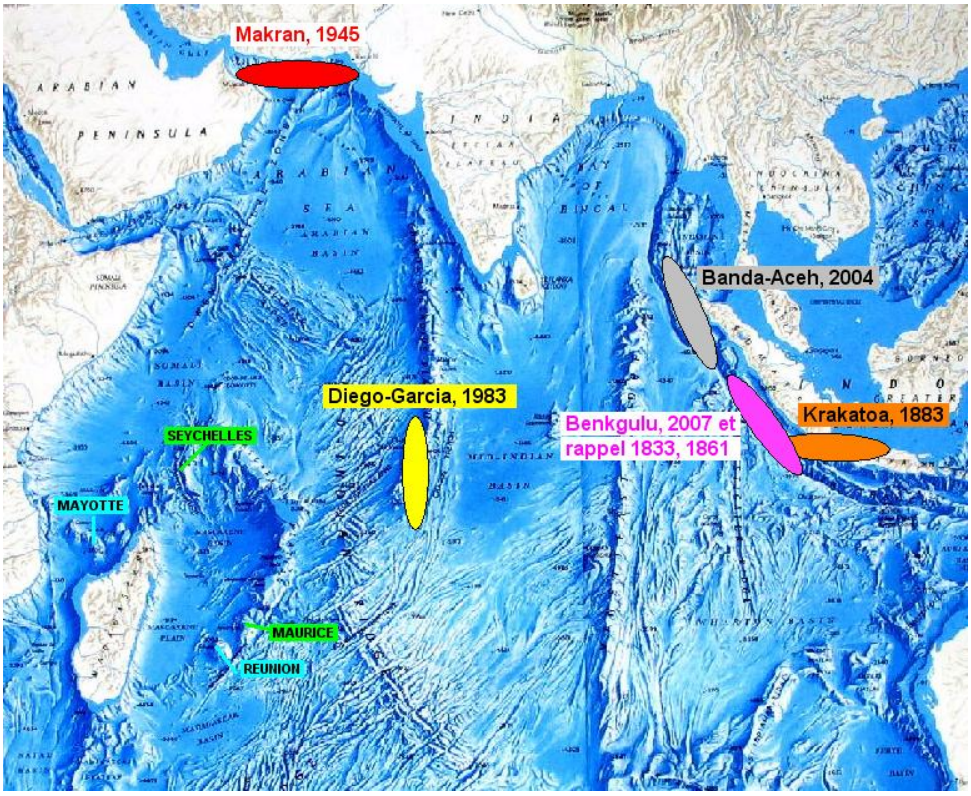

Figure 3 - Localisation des tsunamis abordés dans cette étude.
Image fond océan, d'après orange-smile.com/ru/foto/ocean-maps-eng.htm.

2.1.3. L'échelle des tsunamis de Sieberg-Ambraseys en 6 degrés (rappel)

Dans la mesure où nous allons évoquer les caractéristiques des tsunamis et l'intensité des vagues, nous rappelons ci-dessous les définitions de l'échelle internationale des tsunamis utilisée dans la BD et sur le site Internet.

- degré 1 : **très légère**, onde si faible qu'elle n'est perceptible que sur les marégrammes ;
- degré 2 : **légère**, onde observée par les populations du littoral et les habitués de la mer. Généralement remarquée sur des rivages très plats ;
- degré 3 : **assez forte**, généralement remarquée. Inondation des côtes en pente douce. Embarcations légères échouées. Constructions légères près des côtes faiblement endommagées. Dans les estuaires, inversion des cours d'eau jusqu'à une certaine distance en amont ;
- degré 4 : **forte**, inondation du rivage sous une certaine hauteur d'eau. Affouillement des espaces aménagés. Constructions légères endommagées près des côtes. Constructions et structures en dur abîmées sur la côte. Gros voiliers et petits navires échoués à terre ou emportés au large. Côtes jonchées de débris flottants ;
- degré 5 : **très forte**, inondation générale du rivage sous une certaine hauteur d'eau. Murs de soutènement des quais, constructions et structures en dur proches de la côte endommagés. Structures légères détruites. Profond affouillement des terres cultivées et côtes jonchées d'objets flottants et d'animaux marins. Exception faite

des grands navires, toutes les autres catégories d'embarcations sont échouées ou emportées au large. Grands mascarets dans les estuaires. Ouvrages portuaires endommagés. Noyades. Vagues accompagnées d'un fort rugissement ;

- degré 6 : **désastreuse**, destruction partielle ou complète des constructions et structures édifiées par l'homme jusqu'à une certaine distance du rivage. Inondation des côtes sous une grande hauteur d'eau. Gros navires gravement endommagés. Arbres déracinés ou cassés. Nombreuses victimes.

Passons maintenant aux détails des tsunamis.

2.1.4. Tsunami de la côte du Makran, du 27 novembre 1945

Selon Ambraseys et Melville (*A History of Persian earthquakes, 1982*), le séisme du 27 novembre 1945 à 21 h 56 (T.U.) peut être considéré comme l'un des plus violents du XXe siècle qui ait affecté la côte sud du Pakistan. D'une magnitude de 8.1 avec un épicentre en mer situé à une dizaine de kilomètres de la côte selon Heidarzadeh*, (Historical tsunami in the Makran Subduction Zone…, Ocean Ingineering, vol. 25, 2008*), cette secousse fut destructrice particulièrement pour les villes pakistanaises de Pasni et d'Ormara. Environ 300 personnes périrent.

Selon l'enquête de terrain réalisée par Pendse (*The Mekran earthquake of the 27th November 1945, Scientific notes, India meteorological Department, 1948*), un tsunami constitué de trois vagues principales dont la dernière fut la plus violente atteignit ces deux villes environ 120 mn plus tard avec une hauteur de vague estimée entre 40 et 50 pieds (12 à 15 m). D'importants dommages furent causés par l'envahissement de la mer dans les terres (inondation). Une intensité 5 sur l'échelle des tsunamis est admise.

À quelques 360 km de là, à Karachi (Pakistan), la vague est encore notable (1,50 m) causant quelques désordres dans le port tout comme à Bombay (Inde, aujourd'hui Mumbai), à 1 100 km de l'épicentre ; le tsunami qui y fut noté atteignit la hauteur de 2,00 m, occasionnant des dommages et la mort de plusieurs personnes. Plus au sud, à 1 500 km, à Karwar (Inde), l'onde inonde encore quelques îlets et quelques criques (intensité 3). À l'opposé, en Oman, à 500 km de l'épicentre, la secousse est observée à Muscat, et fut suivie d'une vague « très haute » (« very hight ») selon Ambraseys (1982).

À 3 400 km vers le sud, le tsunami est constaté au cœur de l'Océan Indien, particulièrement dans l'île de Mahé (Seychelles) ; la hauteur de la vague fut mesurée à 0,30 m à Victoria (intensité 2).

Ce tsunami fut-il observé à Mayotte et à la Réunion ? Pour l'heure, aucun renseignement ne nous permet de le savoir, mais si tel fut le cas, probablement aura-t-il été très faible. Voyez la carte ci-après (fig. 4). Cet événement correspond au numevt 9740006 de la BD et du site.

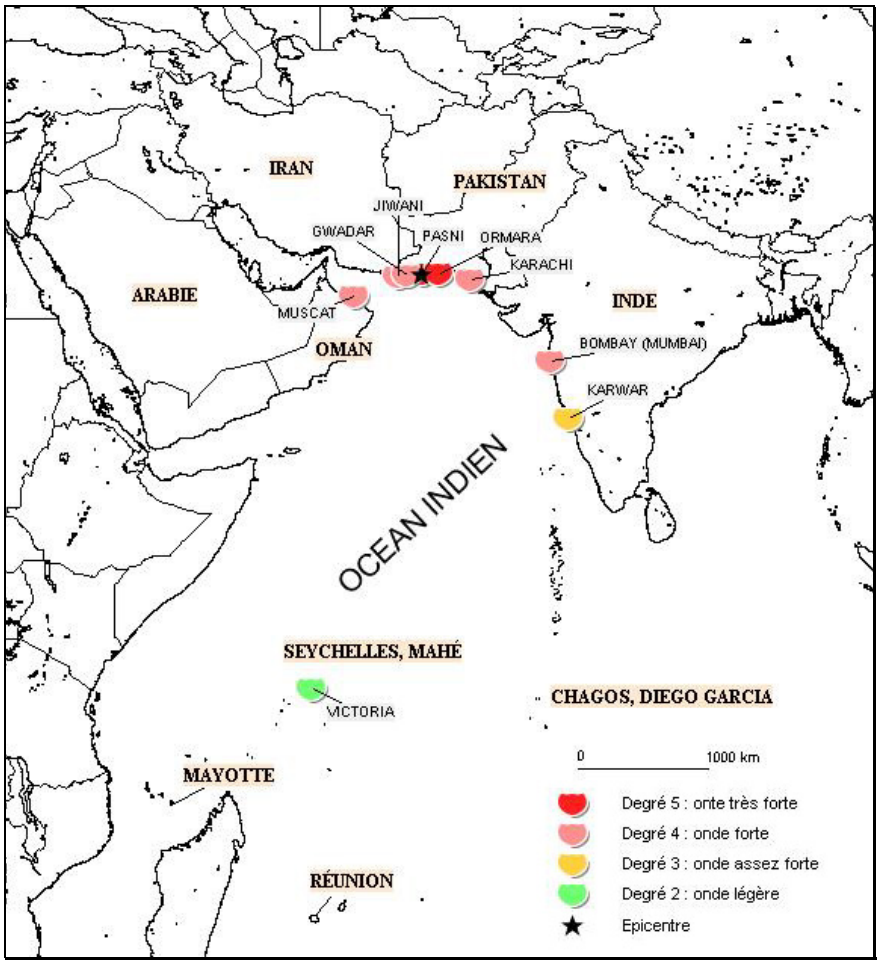

Figure 4 - Lieux affectés par le tsunami du 27 novembre 1945 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 8.1 (Makran, Pakistan), Numevt 9740006 de la BD (2008).

2.1.5. Tsunami de Diego Garcia, du 30 novembre 1983

Diego Garcia est à la fois un port et la principale des îles de l'Archipel des Chagos. Située au cœur de l'Océan Indien, cette unité est rattachée au BIOT (British Indian Ocean Territory) ; elle est distante de 3 000 km de Bombay et de 2 400 km de la Réunion. L'Archipel des Chagos se situe dans le prolongement sud de l'Archipel des îles Maldives.

Le 30 novembre 1983 à 17 h 46 (T.U.), un séisme de magnitude 7.7 estimé à une profondeur de 10 km occasionne un tsunami responsable de légers dommages à Diego Garcia. Selon Rastogi *et al*. (*A catalog of Tsunamis in the Indian Ocean, Science of Tsunamis Hazards, vol. 25, 2006 ; Commission européenne, rapport Niras, 2006*), la hauteur de vague fut de 1,50 m dans la partie sud-est du lagon (intensité 4), endommageant des bâtiments, des jetées et la piste d'atterrissage (fig. 5).

Le tsunami se propagea vers l'est jusqu'à Victoria (1 900 km, île de Mahé, Seychelles) où l'amplitude de la vague fut mesurée à 0,40 m (intensité 2). Aucune information, ni

de Mayotte, ni de la Réunion, n'est actuellement disponible. Cet événement correspond au numevt 9740004 de la BD et du site.

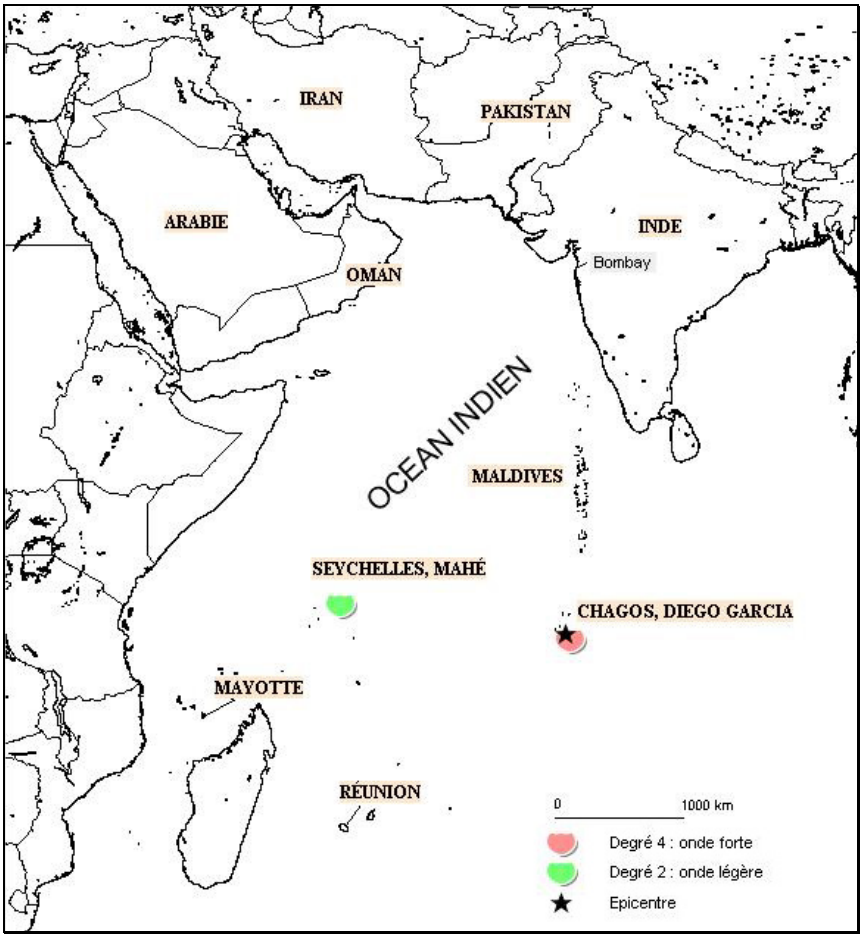

Figure 5 - Lieux affectés par le tsunami du 30 novembre 1983 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 7.7 (Diego Garcia, archipel des Chagos).
L'etoile noire situe l'épicentre. Numevt 9740004 de la BD (2008).

2.1.6. Tsunami de Sumatra, du 26 décembre 2004, observé à Mayotte

Nous rappelons cet événement qui figure déjà dans la BD et sur le site des tsunamis (Numevt 9740002) parce qu'une indication nouvelle a été retrouvée ; elle concerne l'île de Mayotte. D'après l'étude de Obura s'appuyant sur une communication personnelle de F. Seguin *(Impacts of the 26 December 2004 tsunami in Eastern Africa, Ocean & Coastal Management, vol. 49, 2006*), une vague de faible hauteur a atteint Mayotte lors du tsunami du 26 décembre 2004. Aucune autre précision n'est fournie.

2.1.7. Tsunami de Sumatra, du 12 septembre 2007

Le mercredi 12 septembre 2007 à 11 h 10 (T.U.), ou 6 h 10 (heure locale), un puissant séisme de magnitude 8.4 suivi quatre heures plus tard par un second de magnitude 7.1, ébranla la région et la ville de Bengkulu (côte ouest de Sumatra). Selon le rapport de l'USGS, il y eut une dizaine de morts, plusieurs centaines de blessés et des

dizaines de milliers de bâtiments endommagés. Un tsunami se déclencha, atteignant la ville de Padang, à 185 km de l'épicentre. D'après le rapport préliminaire de 2007 de Borrero *et al.* (*Field Survey of the tsunami generated by the Mw 8.4 Earthquake of September 12, 2007*), la côte méridionale de Bengkulu fut inondée en plusieurs lieux jusqu'à des distances de 300 à 500 m (intensité 4).

D'après le compte rendu du CEA-DASE, « ce séisme de subduction, de mécanisme chevauchant et de profondeur superficielle, a généré un tsunami observé dans tout l'Océan Indien. Les premiers résultats des mesures effectuées sur le terrain ont montré que l'eau a pu monter localement jusqu'à des altitudes de 4 m (run-up), avec des pénétrations à l'intérieur des rivières notamment. Le tsunami a donc été important localement, mais n'a pas occasionné de nombreuses victimes, du fait des faibles densités de populations locales sur les côtes. » (CEA-DASE : http://www-dase.cea.fr/actu/dossiers_scientifiques/2007-09-12/index.html).

À la Réunion, selon un communiqué de la Préfecture délivré le jour même du séisme, il est indiqué que le tsunami a été observé à l'île Rodrigues avec une hauteur de vague de 1,00 m et à l'île Maurice avec une hauteur de 0,10 m. Ces deux points sont respectivement à 4 400 km et 5 100 km de l'épicentre (fig. 6).

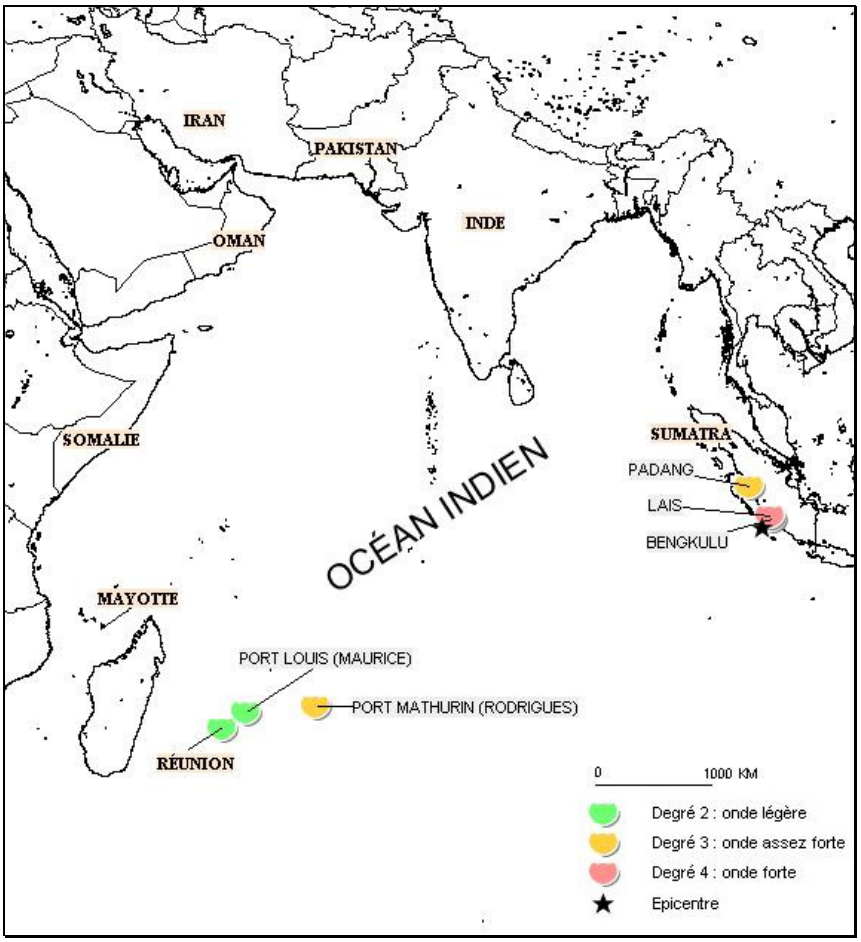

Figure 6 - Lieux affectés par le tsunami du 12 septembre 2007 et intensités correspondantes. Séisme de magnitude 8.4 (Bengkulu, Sumatra).
L'étoile noire figure l'épicentre. Numevt 9740005 de la BD (2008).

Quant à l'île de la Réunion-même, le communiqué préfectoral précise que « les premières valeurs (du tsunami) constatées dans les ports (Ndlr : Saint-Denis ?) ont été de l'ordre de quelques centimètres » (*Préfecture de la Réunion, communiqué n° 2, séisme à Sumatra, Saint-Denis, 12-09-2007*). Aucune information sur Mayotte n'a jusqu'ici été retrouvée.

2.1.8. Tsunamis de 1833 et 1861 à Sumatra (indications)

Nous évoquions au début de cette étude le rappel des tsunamis liés aux séismes des années 1833 et 1861 ayant pour épicentres les environs proches de la côte de Sumatra. Nous n'avons pas connaissance pour le moment des répercussions éventuelles de ces événements ni à Mayotte ni à la Réunion. Nous empruntons à Perrey (*Les tremblements de terres et les phénomènes volcaniques dans l'île de Sumatra, Nouvelles Annales des voyages, vol. 171, 1861*) la relation qu'il a écrite dans la région épicentrale de ces deux séismes à partir de témoins oculaires et d'articles de presse.

- **le séisme et le tsunami du 24 novembre 1833** : *« À 8 heures du soir, un mouvement d'ondulation, accompagné d'un bruit souterrain, commença à faire osciller la surface du sol, et augmenta ensuite graduellement ; les habitants de Padang s'enfuirent de leurs maisons et virent, à la clarté de la lune, que les cocotiers, qui environnent toutes les habitations, étaient agités de côté et d'autre ; la terre s'entr'ouvrit, de l'eau, de la boue et des vapeurs sulfureuses sortirent des crevasses. La mer s'éleva au-dessus de son niveau ordinaire, les vaisseaux chassèrent sur leurs ancres et le rivage où l'on avait remarqué beaucoup de poissons la veille en certains endroits, resta à sec et couvert de ses poissons morts. À Poelo-Tjingko et dans quelques autres régions d'Indrapoera, la terre fut couverte par les vagues de la mer ; à Benkoelen, des vaisseaux furent lancés et laissés sur la rive… C'est à Palembang que les secousses auraient été les plus fortes selon le Javasche Courant. Les eaux de la mer y furent fortement agitées. »* (Perrey, 1861).
- **le séisme et le tsunami du 16 février 1861** : *« Vers 7 heures du soir, dans l'archipel de la Sonde, tremblement de terre d'une violence extraordinaire. À Padang, la première commotion a duré cent quinze secondes. Grâce à la construction particulière de nos maisons, raconte un témoin, le mal s'est borné à peu de chose, bien que l'extrême violence des mouvements de trépidation du sol nous fit appréhender qu'aucune d'elle ne pourrait résister. Quant à moi, je me croyais sur le pont d'un navire battu par une forte tempête, et j'éprouvais tous les symptômes du mal de mer. L'établissement de Singkel, sur l'extrême frontière septentrionale des possessions hollandaises, du côté du royaume d'Achem, a disparu sous les eaux, par suite de l'affaissement de la presqu'île sur laquelle il était construit ; la mer couvre aujourd'hui l'emplacement où s'élevaient le fort et les magasins du gouvernement.*

  À Pulô-Nyas, la mer, refoulée sur ses rivages par une violente commotion sous-marine, a complètement rasé le fort ainsi que l'établissement de Lagondie et emporté, en se retirant, quarante neuf soldats et indigènes malais. Les secousses étaient si fortes que les hommes les plus robustes étaient violemment renversés sur le sol.

  Sur la côte occidentale de la même île, le sol s'est affaissé sur plusieurs points et soulevé sur d'autres ; des îlots de corail ont surgi du sein des eaux, d'autres, au

contraire, ont disparu. Des centaines d'indigènes ont trouvé la mort au milieu de ces bouleversements subits.

À Baros et à Siboga, la terre s'est entr'ouverte et des sources d'eau bouillante ont jailli en divers endroits. Des témoins oculaires rapportent que çà et là le sol s'ouvrait et se refermait alternativement, comme si la terre se fût tordue sous l'effort volcanique qui s'accomplissait en son sein.

Toute la côte d'Achem a été ravagée par l'invasion subite de la mer qui, pénétrant dans l'intérieur des terres, a renversé maisons, arbres, récoltes, et emporté en se retirant un grand nombre d'habitants. Cent trente cinq indigènes ont péri de la sorte dans le seul port d'Analaboo.

Aux îles Batoa, la mer soulevée par une force irrésistible à une grande hauteur, s'est élancée en bouillonnant à l'intérieur des terres, anéantissant tout ce qui se trouvait sur son passage ; puis se retirant avec la même rapidité, a enlevé sept cents indigènes sur une même île, ne laissant derrière elle qu'un sol affreusement raviné où l'œil cherche en vain un vestige de la luxuriante végétation qui le couvrait quelques heures auparavant (Perrey, d'après le Moniteur du 29/05/1861).

La mer a paru le plus violemment agitée entre Simo, Babanirege et Lakao où un grand nombre d'habitants ont péri… Fuyant devant l'inondation, les habitants de Babanirege ont été ensevelis sous une énorme vague qui a noyé 205 personnes sur 282 » (Perrey, d'après le Moniteur du 25/09/1861).

D'après la littérature sismologique, les secousses de 1833 et de 1861 auraient atteint une magnitude comprise entre 8.5 et 9.0. Potentiellement, les deux tsunamis qui s'y sont déclenchés (fig. 7), sont donc susceptibles d'avoir été observés à Mayotte et à la Réunion. Il reste cependant à vérifier si des témoignages correspondants existent.

Figure 7 - Elipses positionnant les zones de fractures des séismes de 1833, 1861, 2004 et 2005 à l'origine des tsunamis de la région de Sumatra (d'après http://www.drgeorgepc.com/Tsunami2007Indonesia.html).

2.1.9. Tsunami de l'éruption du Krakatoa, du 27 août 1883

Après les séismes, évoquons maintenant la cause volcanique. Le 27 août de l'année 1883, à 10 h 02 du matin, un phénomène cataclysmique se produisit dans le Détroit de la Sonde, entre les îles de Java et de Sumatra (fig. 8) : l'éruption du volcan Krakatoa (ou Krakatau en Indonésien).

Figure 8 - Cartes de situation du volcan Krakatoa (Détroit de la Sonde).

Historiquement, en termes de masse projetée, il s'agirait de la troisième plus grande éruption au monde après celle du Tambora en 1815 (Indonésie) et celle du Mont-Saint-Helen, le 18 mai 1980 (État de Washington). Officiellement, le bilan fut de plus de

36 400 morts. Parmi les phénomènes remarquables, la colonne de cendre atteignit 25 km de hauteur pour une masse projetée de 15 à 20 km^3 environ ; le bruit de l'explosion fut entendu en Australie à 3 500 km et dans l'Océan Indien, à Rodrigues, à 4 600 km ; le tsunami qui s'ensuivit inonda 295 villages et les vagues atteignirent par endroits des hauteurs supérieures à 20 mètres au droit du volcan.

Selon les données rapportées dans l'étude de G. Pararas-Carayannis (*Near and far field effects of tsunamis generated by the paroxysmal eruptions… of the Krakatau Volcano in Indonesia on August 26-27, 1883, Science of tsunami Hazards, vol. 21, n° 4, 2003)*, les vagues dans l'île de Sumatra atteignirent 22 m (72 pieds) à Teluk Batung en submergeant totalement ce village, et 15 m à Vlakke Hook.

À Java, sur la côte ouest de l'île, le tsunami fut destructeur dans maints endroits : le village de Sirih fut entièrement submergé, celui d'Anyer eut toute sa partie basse inondée par une vague de 10 m. À Tyringen, les hauteurs de vagues furent comprises entre 15 et 20 m, tandis qu'à Merak, le maximum fut de 35 m. À Batavia (aujourd'hui Jakarta), la hauteur de vague atteignit 2,40 m.

Ce tsunami fut général dans l'Océan Indien et se propagea aux autres bassins océaniques, selon Pelinovsky (*Analysis of tide-gauge records of the Krakatau tsunami, in Satake Editor : Tsunamis : Cases studies and recent developments, 2005*). Cette étude nous a servi pour positionner un certain nombre de repères (Afrique du Sud, Inde, Yémen) dans la BD tsunamis. Nous nous sommes aussi appuyés sur celle de Berninghausen (*Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean, Bull. Seismological Society of America, vol. 56, n° 1, 1966*).

En territoire français, les vagues liées à l'explosion du Krakatoa furent constatées à la **Réunion**. Nous avons retrouvé une lettre écrite de cette île par un témoin oculaire. Nous transcrivons les passages les plus intéressants qui figurent numérisés sur le site Web tsunamis :

« Il s'est produit à l'île de la Réunion et à Maurice, un phénomène qui peut être regardé comme une conséquence du grand tremblement de terre qui a causé de si grands désastres dans le détroit de la Sonde au mois d'août dernier.

Le lundi 27 août, dit une lettre que nous avons reçue de Saint-Pierre (Réunion), le temps était très calme. Il n'y avait dans la rade et dans les passes conduisant au port aucune houle ; la mer était boueuse jusqu'à une certaine distance au-delà des récifs. Pendant toute la journée, il y a eu alternativement élévation de la mer au-dessus du niveau des plus hautes marées, et recul au-dessous des plus basses mers. Ces variations de niveau se produisaient d'une façon presque brusque. Le flot montait pendant cinq minutes, restait étalé à peu près le même temps, puis se retirait brusquement, pour remonter aussitôt après.

Le recul de la mer était si prononcé, que certains récifs, qui n'avaient jamais été découverts, ont émergé à Saint-Pierre et sur différents points de la côte. La partie du port de Saint-Pierre non encore entièrement creusée était à sec, et on a observé, dans la partie achevée, une diminution de 6 pieds (Ndlr : 1,80 m) dans le niveau de l'eau. Le même phénomène s'est produit à Maurice. » (d'après C.R. des séances de la Société de Géographie, séance du 9 novembre, année, 1883, Paris).

Cette description conduirait à admettre une intensité de degré 3 (tsunami assez fort) à Saint-Pierre de la Réunion. Voyez la carte du tsunami consécutif à l'éruption du Krakatoa telle qu'elle figure actuellement dans la base de données et sur le site (fig. 9).

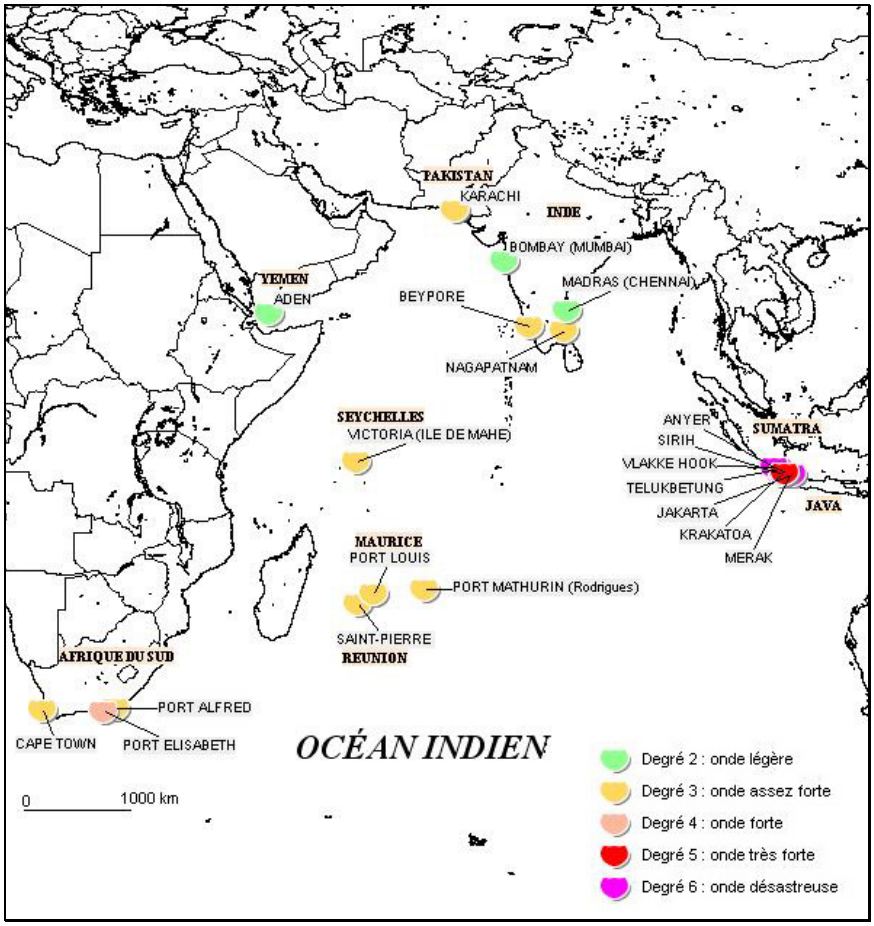

Figure 9 - Lieux affectés par le tsunami du 27 août 1883 et intensités correspondantes. Éruption du volcan Krakatoa (Détroit de la Sonde). Numevt 9740003 de la BD (2008).

2.1.10. Séismicité du canal de Mozambique

Parmi les actions de cette étude, l'une d'elles fut consacrée à la recherche de tsunamis éventuels déclenchés par des séismes de la zone du Canal de Mozambique (*Mozambique Channel*) (fig. 10).

Pour ce faire, nous avons donc étudié les séismes de ce secteur en nous basant sur les données instrumentales de l'American Geological Survey (USGS). Pour les séismes les plus proches de ladite zone et pour ceux plus éloignés, mais de plus forte magnitude, nous avons cherché à les confronter avec des témoignages macrosismiques pouvant indiquer la trace éventuelle de tsunamis. La sélection des événements a été réalisée à partir de la magnitude 5.0 et supérieure pour une période comprenant les années 1950 à nos jours. Au total, 520 événements ont été recensés. Nous les avons positionnés sur la carte associée (fig. 11).

Les résultats obtenus appellent plusieurs commentaires.

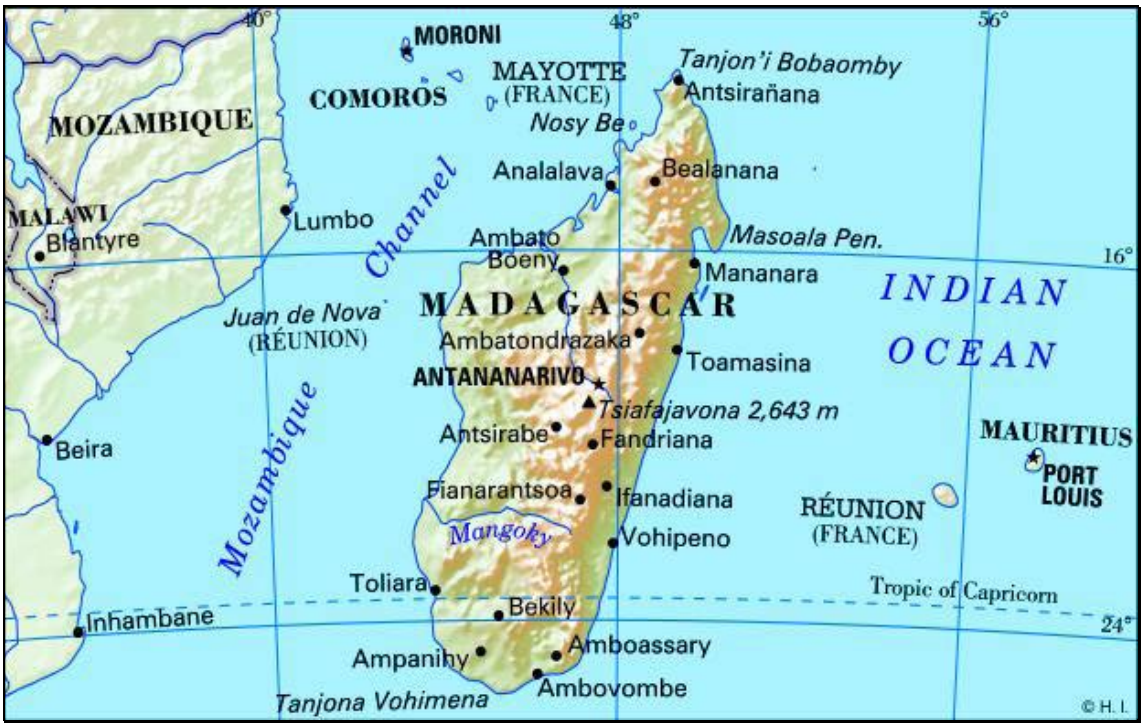

Figure 10 - Carte de situation du Canal du Mozambique (d'après geocities.com).

En premier lieu, dans la région maritime séparant le Mozambique de Madagascar (Canal du Mozambique), trois séismes survenus en 1955, 1981 et 2006 (ronds jaunes sur la carte, fig. 11) ont atteint une magnitude comprise entre 5.6 et 6.0. À notre connaissance, ces événements qui n'ont pas fait l'objet d'observations macrosismiques, n'ont pas causé de tsunami. D'ailleurs, compte tenu de leur magnitude, il n'est pas certain que ces séismes eussent été ressentis étant donné leur éloignement par rapport aux côtes les plus proches (entre 100 et 400 km).

Plus au nord, à la frontière entre la Tanzanie et le Mozambique, un séisme plus puissant eut lieu le 14 mai 1985 (rond rouge) dans la zone qu'on appelle la « ride de Davie ». D'une magnitude de 6.4 selon l'USGS, ce séisme a été ressenti selon la même source à Mtwara et Newala en Tanzanie et dans la région Mocimbao de Praia au Mozambique. Malgré un mécanisme au foyer mal contraint, selon l'USGS, la faille à l'origine de cette secousse correspond à une faille décrochante (coulissage) avec une légère composante normale. Dans ces conditions, un tsunami n'est donc pas envisageable.

En second lieu, et plus particulièrement au sud et au sud-est de Madagascar, à des distances avoisinant les 1 500 km de cette île, une zone de sismicité se distingue par plusieurs séismes (1974, 1988, 2004) de magnitude comprise entre 6.1 et 6.5. Cette zone correspond à la « Dorsale sud-ouest indienne » (cf. fig. 2, page 13). Compte tenu des distances séparant les unités continentales les plus proches (Afrique, Madagascar, Réunion), il est évident que les données macrosismiques correspondantes sont inexistantes. Aucune trace de tsunamis liée à ces secousses n'a pu être identifiée. D'ailleurs, la plupart des mécanismes au foyer et la profondeur focale de ces événements considérée comme superficielle (entre 10 et 20 km) ne favorise pas l'occurrence de tsunamis issus de cette zone.

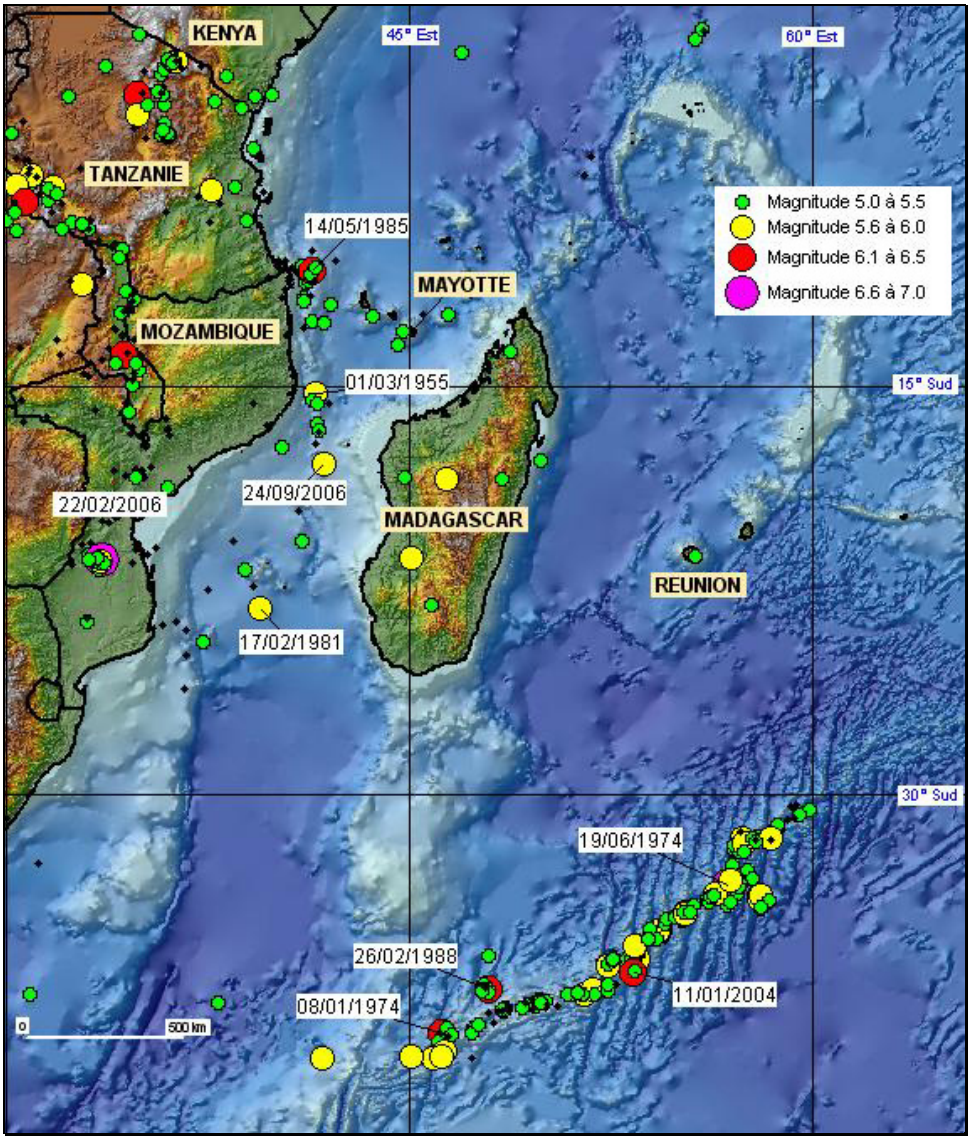

Figure 11 - Séismicité du Canal du Mozambique
(1950-2008, données USGS, Magnitudes égales ou supérieures à 5.0).

Enfin, ce n'est pas l'importante secousse du sud du Mozambique, du 22 février 2006 (magnitude 7.0, région de Manica) avec un épicentre à terre situé à plus de 160 km de la côte la plus proche qui peut influer sur le déclenchement d'un tsunami.

En résumé, selon nos données et d'après l'état des connaissances actuelles, il ne semble pas que la région du Canal de Mozambique puisse être le siège de tsunamis locaux de quelque importance.

2.2. TSUNAMIS AUX ANTILLES ET EN MÉTROPOLE

L'une des missions de cette étude fut aussi consacrée à la recherche et à l'analyse de documents couvrant les Antilles, la Guyane et la métropole.

2.2.1. Tsunamis aux Antilles, actualisation 2008

Parmi les données nouvelles, nous pouvons en distinguer de deux types : les *événements nouveaux* insérés en 2008 d'une part, et les *observations nouvelles* associées à des événements déjà recensés dans la base tsunamis d'autre part.

a) Les événements nouveaux

Aux Antilles, nos recherches nous ont conduits sur la trace de plusieurs « raz-de-marée », expression qui dans les textes occidentaux antérieurs aux années 1950 désignent tout à la fois le véritable tsunami d'origine tectonique/sismique et gravitaire que le « raz-de-marée » d'origine météorologique dû aux effets d'une tempête ou d'une forte dépression. À ce stade, confrontations et contrôles s'imposent pour distinguer le vrai du faux. Aussi, les événements que nous avons identifiés aux Antilles ne se rapportent-ils qu'à des « raz-de-marée » d'origine météorologique, événements que nous avons classés dans la rubrique des *faux tsunamis* de la BD.

Tels sont les événements survenus les 2 octobre 1695, 30 septembre et 4 novembre 1747, 12 janvier 1748, 24 août 1758, 15 novembre 1761, 10 octobre 1780, 14 août 1788.

Nous reproduisons ci-après (fig. 12) l'annotation contemporaine d'un martiniquais sur un raz-de-marée de tempête survenu le 30 septembre 1747 à la Martinique et à Saint-Eustatius.

30. - Mauvais temps et raz-de-marée, qui a occasionné la perte de plusieurs bâtiments jetés à la côte au Fort Saint-Pierre et canots passagers perdus.

15. - Nouvelle que le coup de vent qui s'était fait sentir le 30 du mois dernier avait causé beaucoup de dommage à Saint-Eustache et y avait jeté à la côte 31 bâtiments.

Figure 12 - « Raz-de-marée » (faux tsunami) relaté à la Martinique et à Saint-Eustatius, d'après un contemporain (Journal d'un habitant de Sainte-Marie, Martinique). Numevt 9720017 de la BD (2008).

b) Les données nouvelles sur les vrais tsunamis

Aux Antilles, elles ont trait au séisme et tsunami des Saintes (Guadeloupe) du 21 novembre 2004 (magnitude 6.3). Par l'intermédiaire de l'article de Le Friant *et al.* (*Field survey and numerical simulation of the 21 november 2004 tsunami at les Saintes (Lesser Antilles), Geophysical research letters, Vol. 35, 2008*), un certain nombre d'observations nouvelles (14 sur les 4 existantes) ont été implémentées dans la BD. La figure ci-après (fig. 13) indique les nouveaux repères dorénavant accessibles dans la BD comme sur le site.

Indiquons ici que pour le département de la Guyane, aucun tsunami n'a pu être relevé dans le cadre de cette étude, à la différence de séismes nouveaux, totalement inconnus des catalogues.

Identité : **9710007**
Date du tsunami : **21 novembre 2004**
Appellation : **Séisme des Saintes (Guadeloupe) – Antilles**
Région de l'évènement : **Mer des Caraïbes**

1

Localité	Dept Pays	Vague			Retrait				Inondation				Runup		Intensité de l'onde		Longitude	Latitude	Date	Heure
		Nb	Haut.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Dist.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Prof.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Int.	Fiab.	deg.dec	deg.dec		
ANSE CRAWEN (TERRE-DE-HAUT)	Guadeloupe										10 m	B	0.8 m	B	3	C	-61.60317°	15.85772°		
ANSE DES MURIERS (TERRE-DE-BAS)	Guadeloupe				1.5 m	B	7.5 m	C							2	C	-61.61609°	15.85476°		à 11 h 44 min
ANSE FIGUIER (TERRE-DE-HAUT)	Guadeloupe										16 m	B	1.6 m	B	3	C	-61.58812°	15.85928°		
ANSE PAJOT (TERRE-DE-BAS)	Guadeloupe						2.5 m	C					0.5 m	B	2	C	-61.64489°	15.86065°		
ANSE RODRIGUE (TERRE-DE-HAUT)	Guadeloupe										42 m	B	2 m	B	3	C	-61.57977°	15.85809°		
BAIE DE MARIGOT (TERRE-DE-HAUT)	Guadeloupe				1.2 m	B	80 m	B			14 m	B	2 m	B	3	C	-61.57882°	15.87326°		
CAPESTERRE-BELLE-EAU	Guadeloupe										16 m	B	0.3 m	B	2	C	-61.56136°	16.04518°		
GRANDE ANSE (TERRE-DE-HAUT)	Guadeloupe										32 m	B	2 m	B	3	C	-61.57783°	15.86489°		
GRANDE ANSE (TROIS-RIVIERES)	Guadeloupe				0.5 m	B					13.5 m	B	0.3 m	B	2	C	-61.67135°	15.95978°		
GRANDE BAIE (TERRE-DE-BAS)	Guadeloupe												1.5 m	B	2	C	-61.62038°	15.85536°		
MARINA DE RIVIERE SENS (BASSE-TERRE)	Guadeloupe															A	-61.71571°	15.98065°		
PETITE ANSE (TERRE-DE-BAS)	Guadeloupe										12.5 m	B	1.5 m	B	2	C	-61.64872°	15.85067°		
PLAGE DE GRANDE ANSE (TERRE-DE-BAS)	Guadeloupe										22 m	B	2 m	B	3	C	-61.62448°	15.85907°		
PORT DE PORTSMOUTH (DOMINIQUE)	Dominique														2	C	-61.4678°	15.5746°		

Figure 13 - Actualisation des données relatives au tsunami du 21 novembre 2004 à la Guadeloupe (d'après site Web Brgm-Meeddat www.tsunamis.fr, novembre 2008).

2.2.2. Tsunamis en Métropole, actualisation 2008

a) Les événements nouveaux

Les dépouillements que nous avons réalisés n'ont apporté que peu d'information sur de véritables tsunamis observés sur les côtes de France métropolitaine. À l'occasion du séisme de la côte ligure (Italie) du 26 mai 1831, un petit tsunami a pu être identifié comme ayant été observé à San Remo et à Bussana à quelque distance de la frontière française (Numevt 06 0007 de la BD). Nul autre témoignage n'a pu être relevé quant à ses éventuelles répercussions en France.

Par contre, plusieurs « raz-de-marée » dont nous avons vérifié l'origine ont été repérés, puis finalement intégrés dans la BD à la rubrique des faux tsunamis. Notons en particulier ceux liés à des marées extraordinaires survenues à Dunkerque et

Gravelines le 2 décembre 1766, à Calais le 2 janvier 1767 ainsi que le « coup de mer » dont l'île de Groix a souffert, le 24 novembre 1902. Voyez ci-après un extrait de ce dernier (fig. 14).

Dans la nuit du 24 au 25 novembre, un *ras de marée* d'une grande violence a fait beaucoup de dégâts dans nos ports.

Au commencement de la nuit, la mer était relativement calme dans les coureaux ; les bateaux (une cinquantaine) ne bougeaient pas à Port-Tudy. Mais, vers 11 heures, tout change brusquement. La mer se soulève ; d'énormes vagues entrent dans le port et y produisent une violente agitation. Les hommes de quart, réveillés en sursaut, vont demander de l'aide aux habitants du port. Les femmes s'empressent d'aller aux quatre coins de l'île avertir les équipages.

A minuit le spectacle est affreux. Le dundée *Tony*, mouillé au fond du vieux port, en face de la maison Tristan, a cassé ses amarres et se promène entraîné par les vagues. D'autres dundées sont bientôt dans le même cas. Tous ces bateaux sortent du vieux port avec la vague et, par un nouveau coup de ressac, y sont de nouveau repoussés. Dans cet effrayant va-et-vient ils s'entre-choquent, ils heurtent le bout du petit quai, ils se précipitent sur les autres bateaux restés amarrés. C'est un étrange pêle-mêle, accompagné de bruits de bois qui craque.

Figure 14 - Relation d'un « raz-de-marée » (faux tsunami) survenu à l'île de Groix, le 24 novembre 1902 (d'après La Croix de l'Île de Groix, du 24 décembre 1902).

Nous indiquons ici que le « catalogue » des **faux-tsunamis** de la base de données et du site n'obéit qu'à une seule règle : celle d'identifier ces événements (et donc de les implémenter dans la BD correspondante) dès lors que la *stricte mention* « RAZ-DE-MARÉE » apparaît à la lecture des sources documentaires et ce, à l'exclusion des documents qui présenteraient ces événements comme résultant d'une cause météorologique manifeste. En aucun cas, il ne saurait donc s'agir d'un recensement exhaustif.

Nous rappelons aussi que seule *la date* de ces événements est consultable sur le site à la différence des vrais tsunamis qui sont détaillés.

3. Contenu de la BD Tsunamis en 2008

3.1. LISTE DES « VRAIS » TSUNAMIS (NOVEMBRE 2008)

Le tableau ci-dessous (fig. 15) indique la liste des phénomènes publiés comme « vrais » tsunamis dans la base de données et sur le site. Leur nombre est de **50** ; il était de 16 en 2006, 44 en 2007. La valeur fournie par la colonne de droite correspond à l'intensité du tsunami selon l'échelle internationale des tsunamis Sieberg-Ambraseys en 6 degrés (cf. § 2.1.3.). La case blanche spécifie que l'intensité reste inconnue.

Numevt	Année	Mois	Jour	Appellation	Région	Intensité
60001	1564	7	20	Glissement sous-marin (baie de Nice)	Côte d'Azur	2
130003	1725	6	29	Port de Marseille	Provence	3
500001	1725	7	13	Baie de Flamanville	Cotentin	2
9720002	1755	11	1	Séisme dit de « Lisbonne »	Antilles	3
9710002	1755	11	18	Séisme de la Nouvelle Angleterre (Cape Ann)	Antilles	4
9720001	1767	4	24	Atlantique, séisme du sud-ouest de la Barbade	Antilles (Martinique, Barbade)	4
620001	1810	9	19	Port de Boulogne-sur-Mer	Picardie	3
130001	1812	6	27	Côte et port de Marseille	Provence	4
130010	1812	8	4	Côte et port de Marseille	Provence	2
130004	1817	7	5	Port de Marseille	Provence	
130005	1829	7	8	Port de Marseille	Provence	3
60007	1831	5	26	Séisme de San Remo-Bussana	Ligurie	2
500006	1838	1	23	Baie et port de Cherbourg	Cotentin	3
500007	1838	1	24	Port et baie de Cherbourg	Cotentin	3
500008	1838	1	25	Port et baie de Cherbourg	Cotentin	2
130008	1841	7	14	Port de Marseille	Provence	2
340001	1841	7	17	Port de Sète	Languedoc	3
9710003	1843	2	8	Séisme du nord-est de la Guadeloupe	Antilles	2
130006	1843	2	27	Port de Marseille	Provence	3
60005	1856	8	21	Séisme de Kabylie (Jijel)	Algérie	4
60006	1856	8	22	Séisme de Kabylie (Jijel)	Algérie	4
620002	1858	6	5	Normandie, Kent, Détroit de Calais	Manche	3
9710001	1867	11	18	Séisme des Iles Vierges (Saint-Thomas)	Antilles	4
9880001	1875	3	28	Séisme des Nouvelles-Hébrides	Nouvelle-Calédonie, Vanuatu	6
170002	1875	6	9	Port de La Rochelle	Charente-Maritime	3
170003	1882	4	22	Port de La Rochelle	Charente-Maritime	3
9740003	1883	8	27	Eruption du Krakatoa (Java-Sumatra)	Indonésie	6
60003	1887	2	23	Séisme de la Riviera italienne	Ligurie	3
300001	1890	8	20	Le Grau-du-Roi	Languedoc	3
9720014	1902	5	5	Mt. Pelée : lahar de la Rivière Blanche	Antilles	3
9720015	1902	5	8	Mt. Pelée: explosion et nuée ardente	Antilles	4
9880005	1931	10	3	Séisme de San Cristobal	Archipel des îles Salomon	6
9880006	1934	7	18	Séisme des iles Santa Cruz (Vanikoro)	Archipel des îles Salomon	
9880007	1934	7	21	Séisme des îles Santa Cruz (Nendo)	Archipel des îles Salomon	
9740006	1945	11	27	Séisme de Pasni	Côte du Makran (Pakistan)	5
9720006	1969	12	25	Séisme de l'Est de la Dominique	Antilles	2
170001	1972	9	7	Séisme d'Oléron	Charente-Maritime	2
9880003	1977	6	22	Séisme du sud de l'Archipel des Tonga	Pacifique Ouest	
60002	1979	10	16	Glissement sous-marin (Nice, Baie des Anges)	Côte d'Azur	3
9740004	1983	11	30	Séisme de l'Archipel des Chagos (Diego Garcia)	British Indian Ocean Territory (BIOT)	4

9710005	1985	3	16	Séisme de Redonda	Antilles	1
9710009	1997	12	26	Ecroulement de la Soufriere Hills de Montserrat	Antilles	4
9880002	1998	3	25	Séisme du nord Antarctique	Pacifique Sud	
60004	2003	5	21	Séisme de Boumerdès	Algérie	3
9710006	2003	7	13	Éruption de la Soufrière Hills de Montserrat	Antilles	2
9710007	2004	11	21	Séisme des Saintes (Guadeloupe)	Antilles	3
9740002	2004	12	26	Séisme de Banda Aceh (Sumatra)	Indonésie	6
9710010	2006	5	20	Éruption de la Soufrière Hills de Montserrat	Antilles	
9880004	2007	4	1	Séisme de Guadalcanal	Archipel des îles Salomon	5
9740005	2007	9	12	Séisme de Bengkulu (Sumatra)	Indonésie	4

Figure 15 - Base de données des tsunamis historiques : liste des 50 vrais tsunamis accessibles sur le site Internet www.tsunamis.fr (inventaire novembre 2008).

3.2. RÉPARTITION DES TSUNAMIS PAR « BASSINS OCÉANIQUES »

Le tableau ci-dessous et le graphique associé (fig. 16) indiquent la répartition des tsunamis par bassins océaniques actuellement accessibles sur le site.

Mer Méditerranée	Océan Atlantique	Manche	Mer des Caraïbes	Océan Indien	Océan Pacifique
16	**8**	**6**	**8**	**5**	**7**

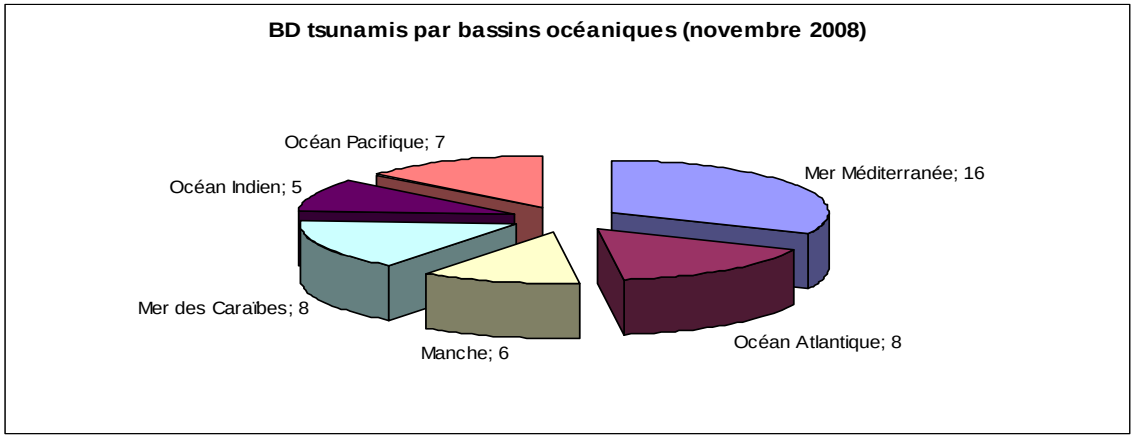

Figure 16 - BD Tsunamis : distribution par bassins océaniques (novembre 2008).

3.3. RÉPARTITION DES TSUNAMIS PAR « CAUSES »

Le tableau ci-dessous et le graphique associé (fig. 17) indiquent la cause à l'origine du tsunami. Le terme de « gravitaire » renvoie aux glissements sous-marins et/ou écroulements de matières rocheuses. La mention « inconnue » est attribuée lorsque la cause du tsunami n'est pas indiquée par les témoignages, même après confrontation.

Sismique	Volcanique	Gravitaire	Inconnue
26	**5**	**2**	**17**

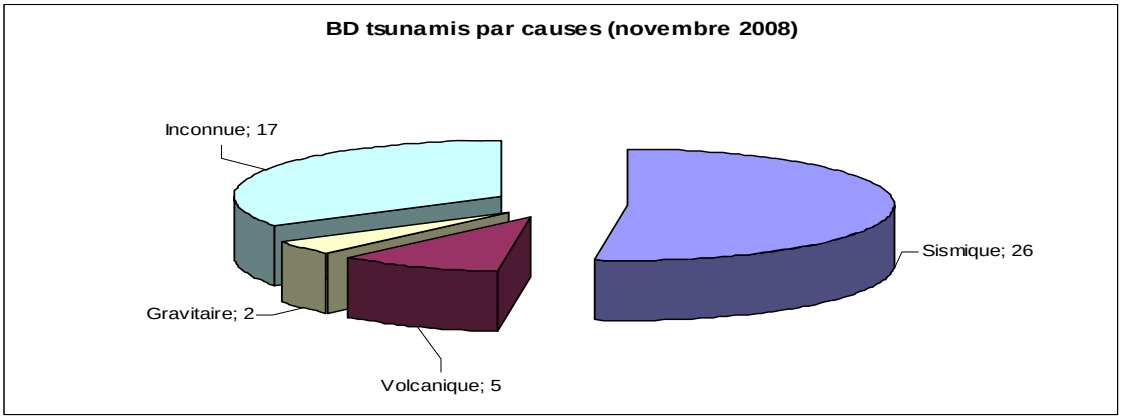

Figure 17 - BD Tsunamis : répartition par causes (novembre 2008).

3.4. LISTE DES FAUX TSUNAMIS (NOVEMBRE 2008)

Ci-dessous (fig. 18), liste des « raz-de-marée » ou faux tsunamis et tsunamis d'origine incertaine enregistrés dans la BD et sur le site. Seule, la consultation des dates est accessible en ligne (cf. § 2.2., page 30).

Numevt	Année	Mois	Jour	Appellation	Région
9720022	1695	10	2	Raz de marée de tempête à la Martinique	Antilles
9720004	1718	3	6	Ouragan à Martinique et Saint-Vincent	Antilles
9720017	1747	9	30	Ouragan	Martinique, Saint-Eustache
9720018	1747	11	4	Ouragan	Martinique
9720019	1748	1	12	Coup de vent	Martinique
9720003	1751	9	15	Ouragan	Martinique, Haïti,
9720020	1758	8	24	Coup de vent	Martinique
9720021	1761	11	15	Ouragan	Martinique
9710004	1765	7	31	Contexte d'ouragan	Antilles
590001	1766	12	2	Marée extraordinaire à Dunkerque, Gravelines	Manche
620003	1767	1	2	Marée extraordinaire à Calais	Manche
640001	1773	4	11	Coup de mer à Saint-Jean-de-Luz	Golfe de Gascogne
9720023	1780	10	10	Ouragan	Antilles
9720016	1788	8	14	Contexte d'ouragan	Antilles
9720007	1804	9		Contexte d'ouragan ?	Martinique
9720005	1822	12	18	Contexte d'ouragan	Martinique
9720012	1823	11	30	Confusion de date avec 1824	Antilles
9720011	1824	11	30	Raz de marée de tempête à la Martinique	Antilles
9720010	1827	11	30	Contexte de coup de vent	Antilles
9740001	1829	2	10	Raz-de-marée de tempête à Saint-Denis	Ile de la Réunion
9720009	1829	10	26	Raz de marée de tempête à la Martinique	Antilles
500003	1833	3	7	Contexte de grande marée	Cotentin
500005	1836	12	25	Contexte d'ouragan	Cotentin
9720008	1837	7	26	Raz de marée de tempête à la Martinique	Antilles
500004	1839	9	17	Contexte d'ouragan	Cotentin
340002	1844	10	22	Trombe dans le port de Sète	Languedoc
130007	1846	12	4	Port de Marseille	Provence
130009	1849	7	20	Port de Marseille	Provence
9710008	1867	7	29	Raz de marée de tempête aux Saintes	Antilles
500002	1889	5	30	Séisme du nord Cotentin	Cotentin, Normandie
560002	1902	11	24	Coup de mer (île de Groix)	Bretagne
130002	1909	6	11	Forte mer	Côte de Provence

110001	1950	6	28	Coup de mer à Gruissan et Port-la-Nouvelle	Golfe du Lion
830001	1963	7	19	Déferlement de vagues à Cogolin	Côte varoise

Figure 18 - BD Tsunamis : liste des faux tsunamis (BD, novembre 2008).

3.5. DONNÉES ACCESSIBLES EN LIGNE (NOVEMBRE 2008)

Le tableau et graphique ci-dessous (fig. 19) indiquent le nombre de tsunamis consultables en ligne, le nombre total d'observations (localités) associées aux vrais tsunamis (VT), la quantité de références bibliographiques qui leur est associée et le nombre de pages d'archives au format numérique[1].

Catalogue Faux tsunamis	Catalogue Vrais tsunamis	Observations	Bibliographie	Archives numérisées
34	**50**	**245**	**192**	**146**

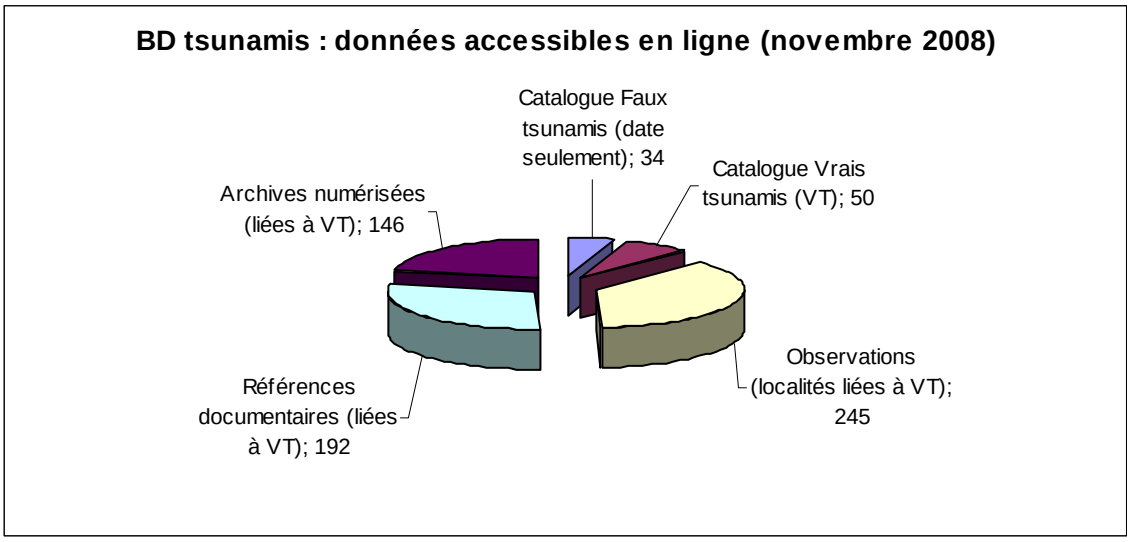

Figure 19 - Site Internet Tsunamis : distribution des données consultables en ligne (novembre 2008).

Pour information, le tableau indique la proportion des données relatives aux « Faux tsunamis » intégrées à ce jour dans la BD correspondante. Seule la date de ces événements et leur localisation géographique, accessibles par le « Catalogue des faux tsunamis », sont consultables sur le site.

3.6. BILAN DES TRAVAUX 2008

Dans le temps imparti de cette étude, le tableau et la figure ci-après (fig. 20) indiquent la répartition des principales interventions réalisées sur la BD tsunamis.

[1] Les documents numérisés en 2008 sont fournis sur un CD Rom avec le présent rapport.

Création et/ou correction d'événements	Création et/ou correction d'observations	Acquisition de sources documentaires nouvelles	Création de références bibliographiques	Mise en ligne d'archives numérisées
19	**71**	**42**	**53**	**27**

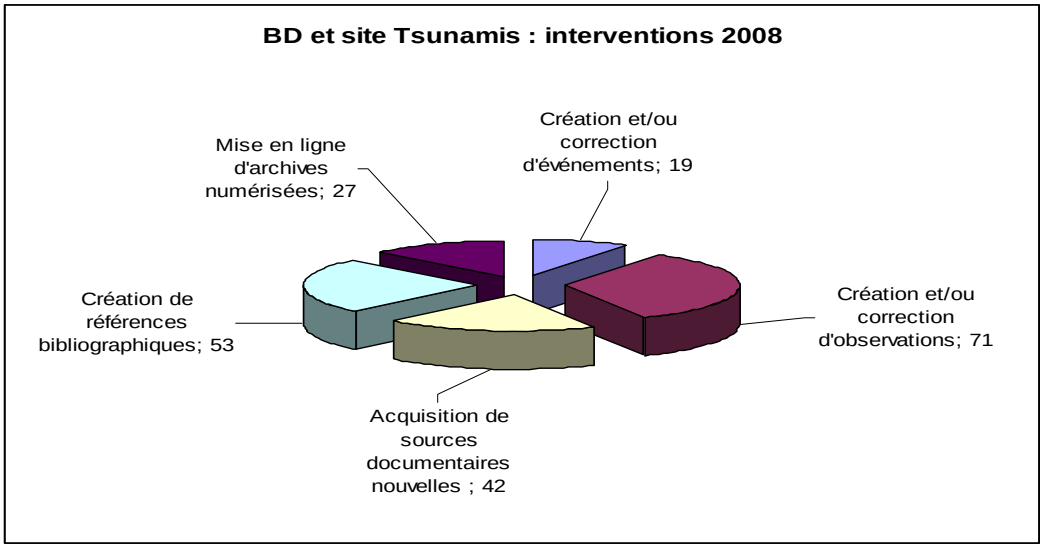

Figure 20 - BD Tsunamis : récapitulatif des principales interventions 2008 (édition novembre 2008).

N.B. : Distinction « source documentaire » et « référence bibliographique ». En soi, une source documentaire est associée à une référence bibliographique par un index numérique qui lui est propre : le chrono. Si cette source documentaire ne décrit qu'un seul événement, le chrono sera unique et constituera une unique référence bibliographique. Par contre, si cette même source documentaire décrit plusieurs événements, son chrono (donc sa référence) sera répété autant de fois pour chaque événement décrit : ceci explique pourquoi le nombre de sources documentaires et le nombre de références bibliographiques sont différents.

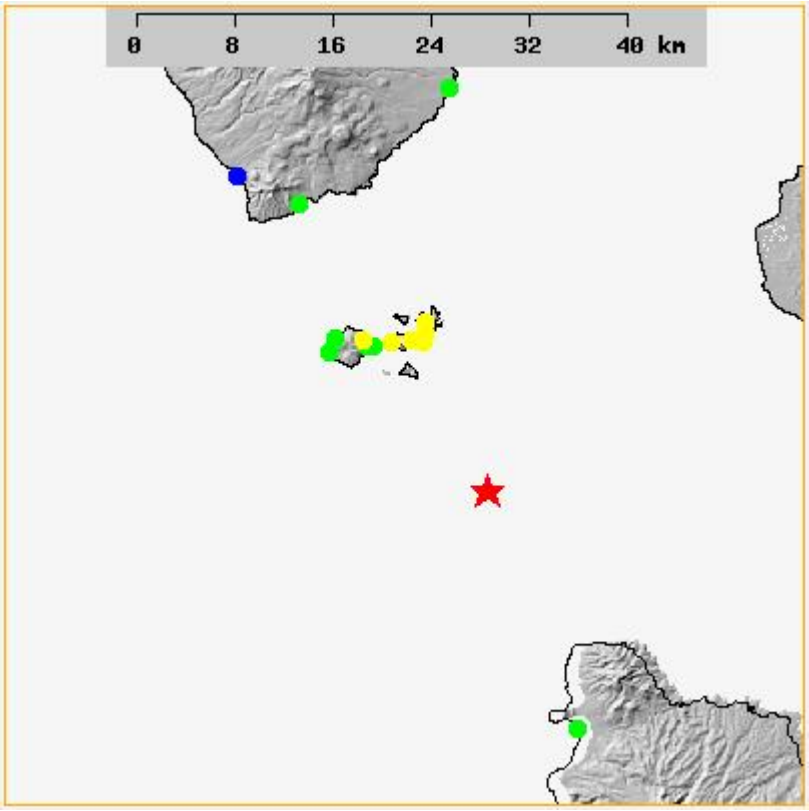

Figure 21 - Site Web tsunamis : carte initiale du tsunami du 20 novembre 2004 aux Antilles, entre Guadeloupe et Dominique. Au centre : l'archipel des Saintes.

4. Site Web Tsunamis en 2008

Ce chapitre informe de la mise en place de nouvelles dispositions techniques sur la consultation du site et en particulier sur la précision cartographique des données à l'outre-mer. Il fournit ensuite les statistiques de consultation pour la période de référence (septembre 2007 à septembre 2008).

4.1. AMÉLIORATIONS TECHNIQUES : CARTOGRAPHIE

Les données d'observation des tsunamis sont en général assez précises géographiquement ; ce peut être une plage, un port, une anse, etc. L'année précédente 2007, lors de la première mise en service de la BD et du site tsunamis, nous avions dû revoir la précision des coordonnées géographiques associées aux observations de Métropole. Nous étions passés alors de 2 à 6 décimales. Un problème subsistait cependant : la trop faible précision des coordonnées géographiques des observations à l'outre-mer. Pour remédier à ce problème, le BRGM a entrepris la digitalisation du trait de côte des territoires français des Antilles (Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Guadeloupe, les Saintes, Marie Galante, Désirade, Martinique), de la Guyane et de la Réunion. Ce nouveau trait de côtes a été réalisé à partir des cartes au 1/25 000 de l'IGN.

Dans le même temps, la projection des cartes correspondantes (fond topo, scan 25) a été adaptée pour intégrer le système de projection : le système international de coordonnées WGS 84 exprimées en degrés décimaux. Cette nouvelle disposition à l'Outre-mer rejoint donc celle mise en place pour la Métropole où, à partir de la carte initiale (fig. 21), et en fonction du zoom demandé, la carte restitue ou non le fond topographique à petite échelle (fig. 22).

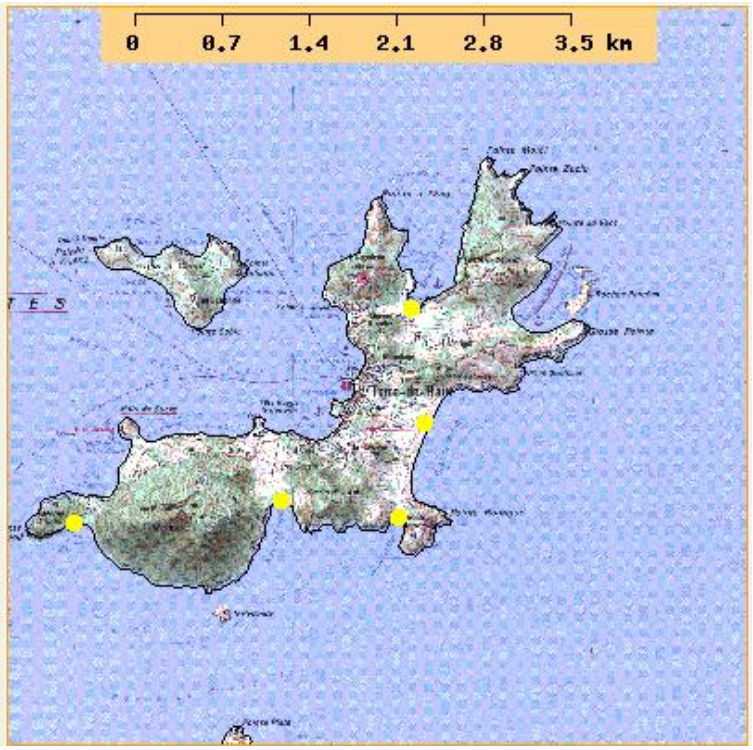

Figure 22 - Site Web tsunamis 2008 : carte zoomée du tsunami du 20 novembre 2004 avec affichage du fond topographique de l'IGN sur la commune de Terre-de-Haut (Archipel des Saintes).

4.2. STATISTIQUES DE CONSULTATION DU SITE TSUNAMIS (2007-2008)

La fourniture des statistiques de fréquentation du site tsunamis est extraite du rapport de P. Herniot (*Hébergement et maintenance des sites risques, MEEDDAT-DGPR, rapport final, BRGM-RP 56657-FR, octobre 2008*).

Nous rappelons ici que le site internet des Tsunamis historiques en France a été mis en ligne pour la première fois en septembre 2007.

Les graphiques correspondants indiquent tour à tour dans la colonne Tsunamis :

- nombre total de visiteurs par mois (septembre 2007 à septembre 2008) et nombre de pages visitées (fig. 23) ;
- la durée moyenne d'une visite (exprimée en secondes) et le pourcentage des accès venant de France (fig. 24) ;
- pourcentages de répartition des visites entre France et Étranger (fig. 25).

						Nombre total de visites							
Site web	**oct-07**	**nov-07**	**déc-07**	**janv-08**	**févr-08**	**mars-08**	**avr-08**	**mai-08**	**juin-08**	**juil-08**	**août-08**	**sept-08**	**Total**
argiles	65 569	65 951	52 270	65 636	61 764	60 310	69 134	64 507	66 695	64 585	43 226	58 957	738 604
basias	48 100	48 004	42 141	55 789	53 669	55 579	65 818	64 424	71 826	61 473	47 737	48 659	663 219
sisfrance	43 842	48 701	51 187	59 487	43 390	41 161	51 791	60 526	49 585	47 736	42 851	56 720	596 977
cavites	23 432	24 900	17 636	24 304	22 720	23 548	26 459	25 620	26 467	27 691	22 527	24 544	289 848
mvt	21 750	21 601	19 996	22 663	19 225	20 407	25 672	24 807	23 456	25 045	18 867	20 765	264 254
inondationnappe	19 459	18 585	16 632	20 227	17 363	18 228	19 775	20 127	21 707	23 953	17 762	20 872	234 690
planseisme	16 966	17 294	21 588	23 736	11 109	9 744	13 946	15 643	11 795	10 581	9 877	18 794	181 073
neopal	2 777	2 992	3 533	3 473	2 635	2 598	3 361	3 728	3 317	4 196	4 442	3 117	40 169
dechargesillegales	1 306	1 211	1 497	1 774	1 657	1 691	1 891	1 924	1 594	1 684	1 477	1 474	19 180
tsunamis	156	140	108	275	229	376	693	1 038	527	1 290	1 080	1 554	7 466
Total	243 357	249 379	226 588	277 364	233 761	233 642	278 540	282 344	276 969	268 234	209 846	255 456	3 035 480
						Nombre total d'accès							
Site web	**oct-07**	**nov-07**	**déc-07**	**janv-08**	**févr-08**	**mars-08**	**avr-08**	**mai-08**	**juin-08**	**juil-08**	**août-08**	**sept-08**	**Total**
argiles	1 002 526	1 019 934	768 351	984 579	907 135	957 028	1 026 917	950 198	897 579	853 731	606 322	813 050	10 787 350
basias	400 510	429 098	341 933	489 383	1 055 773	741 840	669 839	470 781	825 401	486 383	428 886	463 652	6 803 479
planseisme	684 995	742 044	865 151	864 226	359 818	172 518	218 714	252 181	186 294	138 655	127 832	349 278	4 961 706
sisfrance	324 867	372 061	377 774	451 535	350 004	234 820	224 691	305 121	246 720	200 786	188 746	427 725	3 704 850
cavites	299 166	320 616	211 248	287 365	277 773	307 366	300 617	279 583	275 392	279 972	304 001	291 698	3 434 797
inondationnappe	281 088	266 106	215 559	249 455	230 858	245 730	236 765	233 076	255 749	278 337	213 180	268 752	2 974 655
mvt	265 506	261 788	219 395	242 752	209 340	225 083	249 914	215 389	212 094	225 928	177 369	207 302	2 711 860
neopal	16 881	18 623	17 998	18 295	17 487	15 443	15 160	16 735	13 526	18 803	12 200	16 210	197 361
dechargesillegales	11 214	8 753	8 983	10 475	11 395	11 810	9 582	9 473	8 076	7 958	5 831	8 184	111 734
tsunamis	2 030	1 649	1 199	3 137	1 987	1 477	2 844	3 422	2 481	4 325	4 001	5 399	33 951
Total	3 288 783	3 440 672	3 027 591	3 601 202	3 421 570	2 913 115	2 955 043	2 735 959	2 923 312	2 494 878	2 068 368	2 851 250	35 721 743

Figure 23 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : nombre de visiteurs par mois et nombre pages consultées (accès).

						Durée moyenne en secondes d'une visite par mois							
Site web	**oct-07**	**nov-07**	**déc-07**	**janv-08**	**févr-08**	**mars-08**	**avr-08**	**mai-08**	**juin-08**	**juil-08**	**août-08**	**sept-08**	**Moyenne**
planseisme	438	472	485	549	563	720	790	861	1077	1221	1257	1106	795
sisfrance	378	448	493	460	497	523	456	486	662	633	677	554	522
basias	451	483	584	472	468	457	395	426	484	469	544	481	476
tsunamis	113	83	66	202	151	362	643	503	351	503	350	571	325
neopal	145	173	189	211	251	165	233	227	310	172	290	322	224
mvt	165	182	182	217	203	181	201	233	228	221	244	235	208
cavites	207	223	155	177	193	187	180	220	240	212	242	237	206
argiles	181	193	201	182	190	193	184	200	222	198	197	193	195
inondationnappe	156	159	205	174	169	165	163	164	196	181	178	176	174
dechargesillegales	88	188	223	221	154	95	155	165	177	143	192	175	165
						Visites venant de France (%)							
Site web	**oct-07**	**nov-07**	**déc-07**	**janv-08**	**févr-08**	**mars-08**	**avr-08**	**mai-08**	**juin-08**	**juil-08**	**août-08**	**sept-08**	**Total**
argiles	81,74%	79,30%	75,02%	76,95%	79,98%	81,04%	75,04%	75,25%	70,85%	70,27%	65,54%	73,81%	75,40%
inondationnappe	78,95%	75,90%	70,23%	71,31%	75,22%	75,57%	69,09%	66,01%	66,35%	64,23%	60,13%	69,26%	70,19%
cavites	77,59%	72,63%	67,78%	70,46%	73,55%	76,07%	68,66%	65,32%	63,17%	62,99%	59,18%	68,28%	68,81%
mvt	75,20%	73,05%	67,24%	68,57%	72,48%	74,19%	62,81%	60,73%	60,65%	60,29%	55,12%	66,02%	66,36%
basias	73,72%	72,18%	65,82%	70,08%	73,52%	72,71%	66,21%	63,57%	62,75%	62,83%	55,21%	67,68%	67,19%
tsunamis	78,85%	90,71%	76,85%	70,91%	79,04%	52,39%	54,69%	49,33%	45,35%	43,26%	37,96%	50,39%	60,81%
sisfrance	66,34%	63,61%	58,78%	62,43%	64,13%	60,32%	53,12%	53,62%	51,05%	50,23%	45,90%	60,87%	57,53%
dechargesillegales	65,24%	60,53%	54,71%	55,75%	65,12%	64,64%	58,91%	54,68%	47,87%	49,35%	46,58%	56,85%	56,69%
plan-seisme	66,19%	57,06%	62,37%	62,73%	61,17%	52,59%	46,67%	50,94%	53,09%	48,58%	49,29%	63,07%	56,15%
neopal	59,20%	56,75%	52,59%	53,47%	54,23%	57,47%	47,72%	50,59%	44,71%	43,28%	40,85%	51,36%	51,02%

Figure 24 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : durée moyenne d'une visite (exprimée en secondes) et pourcentage de visiteurs de France.

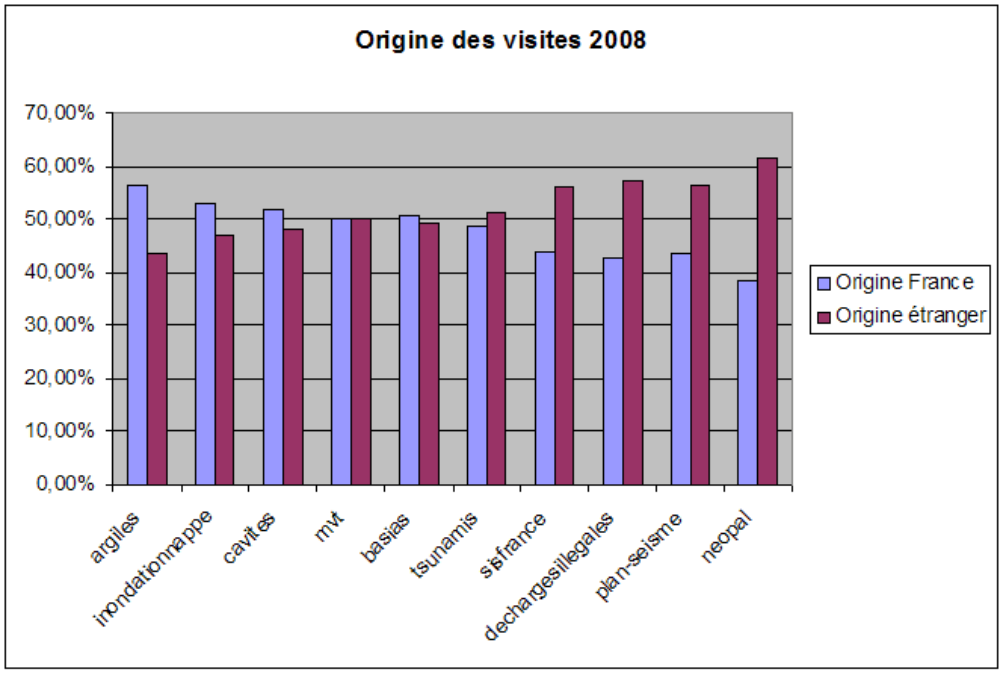

Figure 25 - Statistiques Site Web tsunamis octobre 2007 à septembre 2008 : pourcentages de répartition entre visiteurs de France (60, 81 %) et visiteurs de l'Étranger (39,19 %).

5. Conclusion et perpectives 2009

En 2008, le BRGM, avec le soutien du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, a poursuivi l'inventaire historique des tsunamis observés sur le territoire français métropolitain et Outre-mer (Martinique, Guadeloupe, Réunion). Son adresse est www.tsunamis.fr.

Cet inventaire destiné à mieux appréhender le risque tsunami, a été entrepris grâce à des recherches documentaires permettant le recueil et l'interprétation de ces phénomènes.

Par rapport à l'année précédente, les travaux 2008 ont permis de faire progresser l'état des connaissances en intégrant à la base de données :

- événements nouveaux et/ou actualisés : **19** ;
- observations ponctuelles nouvelles et/ou actualisées : **71** ;
- sources documentaires nouvelles (historiques, récentes) : **42** ;
- références bibliographiques nouvelles : **53** ;
- pages d'archives numérisées en 2008 (**27**) et consultables sur le site : **146**.

En 2009, les perspectives devraient s'orienter vers la poursuite de ces travaux.

Annexes

À la présente étude, sont annexés les deux documents suivants :

- W. Berninghausen : *Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean,* in Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 56, n° 1, 1966.

  Tsunamis-Indian-ocean-1966_Berninghausen.pdf 354 Ko Adobe Acrobat

- B.-K. Rastogi et R.-J. Jaisval : *A catalog of tsunamis in Indian Ocean*, in Science of tsunamis Hazards, vol. 25, n° 3, 2006.

  tsunamis-catalogue_ocean-indien_Rastogi.pdf 809 Ko Adobe Acrobat

Annexe 1

W. Berninghausen (1966). Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean, in *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 56, n° 1

Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 56, No. 1, pp. 69–74. February, 1966

TSUNAMIS AND SEISMIC SEICHES REPORTED FROM REGIONS ADJACENT TO THE INDIAN OCEAN

By Wm. H. Berninghausen

ABSTRACT

References have been made in the past to the absence of tsunamis and seismic seiches in the Indian Ocean. However, a survey of available literature indicates that at least 27 such waves have been reported. Most of these were reported from the coastal regions of the seismically active Indonesian Arc, whereas progressively fewer such waves were reported from the coastal regions adjacent to the Bay of Bengal, Arabian Sea, and the southeastern coast of Africa and the western coast of Australia.

The accompanying list presents information on 27 waves of seismic origin which have been reported from the shores bordering the Indian Ocean. Most of these waves were tsunamis, several might well be classed as seiches and a few, due to the vagueness of the information may fall in either class.

The search for references to tsunamis in the Indian Ocean was based on a bibliography of some 1,800 items on file with the Geological Section, U. S. Naval Oceanographic Office. This file has been compiled during the past 12 years by searching through literature contained in the Library of Congress, U. S. Coast and Geodetic Survey, U. S. Geological Survey, U. S. Weather Bureau, and U. S. Naval Oceanographic Office libraries, as well as other libraries in the Washington area. It is probable that a more time-consuming search, coupled with a knowledge of some of the languages indigenous to the area, would have uncovered more reports and helped to classify some of the waves mentioned more precisely.

Geographically one of these waves, which was caused by the explosive eruption of Krakatau, was reported from places throughout the region as well as elsewhere. There were six reports from the Bay of Bengal, three from the west coast of India and the Arabian Sea, and seventeen from the coasts of Java and Sumatra.

Destructive waves have been restricted to the Java-Sumatra coast and northern end of the Arabian Sea.

Several seiches have been caused by the large earthquakes which have occurred in the region to the north of the Bay of Bengal. It is not unlikely that similar activity accompanying other shocks in this region may have gone unnoted or unrecorded in the general holocaust.

The epicenter of the 1881 Bay of Bengal shock was assumed to have been located near the center of the Bay. If such was the case, the resulting tsunami was unusual in that most tsunamis are generated by shocks which have occurred on or near the flanks of continental or insular slopes.

Waves accompanying seismic activity were reported from the Ran of Cutch in 1819 and 1845. In both cases mention is made of rapid movements of water into the area from the ocean. There is no mention of waves resulting from these earthquakes along the coast adjacent to the Arabian Sea. Hence it may be assumed that in all probability no such waves occurred.

The 1945 Makran coast earthquake and tsunami was considered by some as at least a partial conformation of Suesses hypothesis that the Noachin Deluge was an earthquake generated tsunami in the Persian Gulf, (Rothe, 1946).

TABLE 1

TSUNAMI IN THE BAY OF BENGAL, 31 DECEMBER 1881

Places Reporting the Wave	Latitude	Longitude	Remarks
Ceylon			
Trincomalee	08°34′N.	81°14′E.	Waves noted
Batticaloa	07°43′N.	81°42′E.	Waves noted
India			
Diamond Harbor	22°12′N.	88°12′E.	Hardly perceptible
Dablat	*	*	1 ft.
False Point	20°18′N.	86°48′E.	2 inches
Visākhāpatnam	17°42′N.	83°18′E.	Waves noted
Paumben	*	*	Waves noted
Madras	13°05′N.	80°17′E.	Waves noted
Negapatam	10°46′N.	79°50′E.	4 ft.
Andaman Islands			
Port Blair	11°36′N.	92°45′E.	3 ft.
Nicobar Islands			
Car Nicobar	09°10′N.	92°47′E.	2½ ft.

* This cannot be located in available gazetteers, maps, and atlases.

The place names used in this paper are spelled in accordance with the latest available gazetteers. The location of the more obscure places is given when the name first appears in the list. Places which could not be located in any available gazetteer, map or atlas are designated by an asterisk.

TSUNAMIS AND SEISMIC SEICHES REPORTED FROM INDIAN OCEAN REGIONS

1750± Burma Coast, Cheduba Island (18°48′N., 93°38′E.). Several small non-damaging waves; fish were stranded. These waves may have been caused by an eruption of a mud volcano or more likely by the earthquake of April 12, 1762, (Mallet, 1878), see below.

1762 April 12. Earthquake felt most severely along the north western coast of the Bay of Bengal. Waves as high as six feet were reported from the distributaries of the Ganges Delta, (Hirst, 1809; Oldham, 1883).

1797 February 10. Sumatra. Waves of great force near Padang (0°58′S., 100°22′E.). The town was inundated, (Heck, 1947).

1799 — —. Sumatra. Wave about 50 feet above ordinary water level, (Heck, 1947).

1818 March 18. Sumatra, Bengkulu (3°48′S., 102°15′E.). Sea withdrew and returned with great force and overflowed the land, (Heck, 1947).

1819 June 16. India, Kutch. Severe earthquake with large changes in the elevation of the land. ". . . the town of Sindree (Sindri, 26°35′ ± N., 71°55′ ± E.) and adjoining country were inundated by a tremendous rush from the ocean, and all submerged, the ground sinking apparently about 14 feet", (Macmurdo, 1821; Oldham, 1883).

1833 January 29. Sumatra. A great sea wave destroyed a breakwater at Bengkulu. Wave damage was reported from Padang. At Priana* the wave tore ships from their anchors, (Heck, 1947).

1842 November 11. Epicenter near the northern end of the Bay of Bengal. The waters of the distributaries of the Ganges Delta were agitated. Boats were "tossed about as if by waves in a squall of wind", (Oldham, 1883; Smith, 1843).

TABLE 2

TSUNAMI GENERATED BY THE 27 AUGUST 1883 ERUPTION OF KRAKATAU

Places Reporting the Wave	Latitude	Longitude	Distance from Krakatau in Nautical Miles	Time of Arrival of First Great Wave GMT	Height of 1st Great Wave in Inches	Height of Maximum Wave in Inches
Sunda Strait						
Krakatau	06°06 S.	105°25 E.		0258		1,200 ±
South coasts of Sumatra and Java						
Bengkunat Bay	05°37 S.	104°18′E.	90			Slight
Palabuhan Ratu (Wijnkoops baai)	07°05′S.	106°27′E.	147			60
Teluk Sambat	04°50′S.	103°20′E.	160			72
Mana	04°28′S.	102°54′E.	210			36
Pino	*	*	215			84
Bengkulu	03°48′S.	102°15′E.	265			36
Tjilatjap	07°44′S.	109°01′E.	330	0958		72
Mukomuko	02°35′S.	101°08′E.	370			48
Painan	01°21′S.	100°34′E.	455			108
Padang	00°58′S.	100°22′E.	490	0644		Noted
Cocos (Kelling) Islands	12°00′S.	96°50′E.	623			50?
Andaman Islands						
Port Blair†	11°36′N.	92°45′E.	1485	0747	7	
Southwest coast of Ceylon						
Galle	06°02′N.	80°13′E.	1678	0754		48
Colombo	06°56′N.	79°51′E.	1760	0911		44
East coast of Ceylon						
Arugam Bay	06°51′N.	81°50′E.				Noted
Batticaloa	07°43′N.	81°42′E.				36?
Trincomalee	08°34′N.	81°14′E.	1694	0805		40?
Mullaittivu	09°16′N.	80°49′E.				Noted
Point Pedro	09°50′N.	80°14′E.				24?
East Coast of India						
Negapatam†	10°46′N.	79°50′E.	1840	0920	11	12
Madras†	13°05′N.	80°17 E.	1905	0912	4	4
Visākhāpatnam	17°42′N.	83°18′E.	2012	0949	6	6
False Point†	20°18′N.	86°48′E.	2068	1049	8	12
Dublat†	*	*	2116	1204	8	8
In River Hoogly						
Diamond Harbor†	22°12′N.	88°12′E.	2151	1414	8	8
Kidderpore†	22°32′N.	88°19′E.	2194	1619	4	4
West Coast of India						
Beypore†	11°11′N.	75°49′E.	2150	1046	8	14
Bombay†	18°45′N.	72°50′E.	2634	1359	5	7
West Pakistan						
Karāchi†	24°52′N.	67°03′E.	3210	1412	10	15
Arabian Peninsula						
Aden†	12°46′N.	45°01′E.	3804	1449	4	5
South Africa						
Port Alfred†	33°36′S.	26°54′E.	4632	1522	17	19
Port Elizabeth†	33°58′S.	25°35′E.	4687	1610	16	30
Seychelles Islands						
Mahé Island	04°40′S.	55°28′E.	2983	1218		12
Cargados Carajos						
Avocaire Island	16°36′S.	59°38′E.	2753	1101		Noted
Rodrigues Island						
Mathurin Bay	19°40′S.	63°25′E.	2579	1006		24
Muritius						
Port Louis	20°10′S.	57°30′E.	2913	1025		18
West coast of Australia						
Cossack	20°42′S.	117°12′E.	1107			60
Geraldton	28°46′S.	114°38′E.	1456			72
Ashburton River	21°40′S.	114°56′E.	1080			Noted
Rottnest Island	32°00′S.	115°30′E.	1653			18

* This cannot be located on available gazetteers, maps, and atlases.
† Records from tide guages.

1843 January 5 and 6. Sumatra. The village of Barus (2°00′N., 98°23′E.) and Pulau Nias (Nias Island 1°05′N., 97°33′E.) reported large waves on both days, (Heck, 1947; Oldham, 1883).

1845 June 19. India, Kutch. Local earthquake. "The sea rolled up the Koree (Kori Creek 23°35′N., 68°22′E.) (the east) mouth of the Indus overflowing the country as far westward as the Goongra river*, northward to the vicinity of Veyre*, and eastward to the Sindree Lake*," (Nelson, 1846).

1847 October 31. Little Nicobar (7°20′N., 93°40′E.). The small island of Koudul (7°13′N., 93°42′E.) was inundated, (Heck, 1947).

1859 October 20. Java. Patjitan (8°11′S., 111°07′E.) and vicinity. Strong wave, (Heck, 1947).

1861 February 16. Sumatra. A wave of great force reported from Anjer Bangis* and the south coast of Pulau Nias and Padang. The Pulau Pulau Batu (Batu Islands 0°10′S., 98°25′E.) were inundated. The wave was noted by several vessels at sea, (Heck, 1947).

TABLE 3

MAKRAN COAST TSUNAMI OF 28 NOVEMBER 1945

Places Reporting the Wave	Approximate Distance from Epicenter (nautical miles)	Estimated Wave Height (in feet)	Remarks
Kārwār—14°48′N., 74°08′E.	1,000		Wave flooded creeks and inlets
Bombay—18°54′N., 72°50′E.	750	6½	Waves caused some loss of life; boats were smashed at their moorings
Karāchi—24°52′N., 67°03′E.	275	4½	Wave caused damage in the Karāchi harbor and loss of life and property along the adjacent coast
Ormāra—25°12′N., 64°38′E.	130	40–50	Waves causes serious loss of life and property
Pasni—25°16′N., 63°28′E.	75	40–50	Waves caused serious loss of life and property
Victoria, Mahé Island, Seychelles—44°37′S., 55°27′E.	1,780	1	Waves noted on the tide gage

1861 September 25. Sumatra, Padang and Indrapoera (2°04′S., 100°56′E.). High wave swept the coast, (Heck, 1947).

1864 ——. Sumatra. Earthquake and tsunami reported from Padang, and Pulau Pulau Batu. No wave is mentioned in one reference, (Heck, 1947).

1881 December 31. Bay of Bengal. Epicenter supposedly near the center of the Bay. Waves were reported from Ceylon northward along the east shore of the bay to the Ganges Delta and along the Andaman and Nicobar islands as far south as Sumatra. Four waves were noted at some locals. No waves were recorded at the tide stations on the Burma coast. (Oldham, 1884; Walker, 1883). Wave heights are given in Table 1.

1882 January or February. Ceylon, Trincomalee (8°34′N., 81°14′E.), (Heck, 1947).

1883 August 26. Sunda Strait (Selat Sunda 6°00′S., 105°45′E.). Several explosive eruptions of Krakatau generated wave which destroyed near shore houses at Tjaringin (6°21′S., 105°49′E.) and Merak (5°55′S., 106°00′E.) in Java and Telukbetung (5°27′S., 105°16′E.) on Sumatra, (Evans *et al*, 1888).

August 27. Sunda Strait. Explosive eruptions of Krakatau at 0100, 0630 and 0730, local time, generated waves which destroyed or damaged Sirik (6°07′S., 105°53′E.) and Anjerlor (6°05′S., 105°55′E.) on Java and Telukbetung on Sumatra, (Evans *et al*, 1888). At 1000

local time, 0258 GMT, a fourth explosive eruption of Krakatau generated waves, with local heights up to 100 feet, which devastated the adjacent shores of Java and Sumatra. Waves were reported from South Africa, Arabian Peninsula, points on both sides of the Indian Peninsula, Ceylon, Sumatra, Java, Australia, and various islands in the Indian Ocean as well as from locals in the Atlantic and Pacific. Table 2 gives a summary of the reports of the tsunami in the Indian Ocean, (Evans, *et al*, 1888; Verbeek, 1886).

1904 July 4. Sumatra. Waves generated by a submarine shock off the Siri-Sori* coast sank a sailing boat and damaged a pier, (Soetadi, 1962).

1907 January —. Sumatra. Wave followed an earthquake on the west coast, (Heck, 1947).

1908 February 6. Epicenter 5°S. 100°E. Earthquake and wave noted along the middle part of Sumatra, (Milne, 1912).

1928 March 26. Sunda Strait. An eruption of Krakatau was accompanied by waves in the vicinity. The sea rose and fell nine times, (Georgetown University, 1928).

1945 November 28. Mekran Coast, northern Arabian Sea. Epicenter 24°12′N., 62°36′E., time 21 h. 56 m. 40 s. GMT Magnitude 6.65. The sea wave swept the whole of the Arabian sea coast causing casualities as far away as Bombay, and producing noticeable effects at Kārwār (14°48′N., 74°08′E.) about 1,000 miles from the epicenter. Waves supposedly, caused by the shock, were recorded on the tide guage at Victoria, Mahé Island, Seychelles, about 1,780 miles away. Table 3 gives a summary of the reports of the tsunami in the Arabian Sea, (Beer *et al*, 1946; Anon., 1945; Pendse, 1946(a); Pendse, 1946(b); Rothe, 1946).

Bibliography

Anonymous, (1945). News and Views, Earthquake in the Arabian Sea, *Nature* **156**, 712–713.

Beer, A. and J. M. Stagg (1946). Seismic sea wave of November 27, 1945, *Nature*, London, **158**, 63.

Evans, F. J. and W. L. Wharton (1888). On the Seismic Sea Waves Caused by the Eruptions of Krakatoa, in *The Eruption of Krakatoa and Subsequent Phenomena*, (Part III), Royal Soc. London, pp. 89–150.

Georgetown University (1928). *Seismological Dispatches*, Seismological Observatory, Georgetown University, Washington, D. C.

Heck, N. H. (1947). List of seismic sea waves, *Bull. Seism. Soc. Am.* **37**, No. 4, 269–286.

Hirst, Rev. Wm. (1809). Of the same earthquake in the East Indies, *Royal Soc. (London) Phil. Trans.* Abridged (from 1763–1769). **12**, 12.

Macmurdo, Capt. (1821). Account of the earthquake which occurred in India in June 1819, *Edinburgh Phil. J.* **4**, 106–109.

Mallet, F. R. (1878). Mud volcanoes of Ramri and Cheduba, *Geol. Survey, India, Recs.* **11**, Pt. 2, 190.

Milne, J. (1912). *Seismological Investigations*. Seventeenth Report of the Committee: Report of the Eighty-Second Meeting of the British Association for the Advancement of Science, p. 69–103.

Nelson, Capt. (1846). Notice of an earthquake and a probable subsidence of the land in the District of Cutch, near the mouth of the Koree, or eastern branch of the Indus in June 1845, *Geol. Soc. London, Quart. J.* **2**, 103.

Oldham, R. D. (1884). Note on the earthquake of 31st December 1881, *Geol. Survey, India, Recs.* **17**, Pt. 2, 47–53.

Oldham, Thomas (1883). Catalogue of Indian earthquakes, *Geol. Survey, India, Mem.* **19**, Pt. 3, 163–215.

Pendse, C. G. (1946*a*). A short note on the Mekran earthquake of 28th November 1945, *J. Sci. and Indus. Res. (India)* **5**, No. 3, 106–108.

——— (1946*b*). The Mekran earthquake of the 28th November 1945, *India Meteorol. Dept. Sci. Notes* **10**, No. 125, 141–146.

Rothe, J., 1946, Le seisme de 27 November 1945 et l'hypothese de Suess sur la caused du deluge, *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris* **222**, 301–302.

Smith, R. Baird (1843). Memoir on Indian earthquakes, *Asiatic Soc. Bengal*, **12**, No. 136, 257–293.

Soetadi, R. (1962). Seismic zones in Indonesia, *Geophysical Notes, No. 2*, Department Perhubungan Udara-Djawatan Meteorologi Dan Geofisik, Djakarta-Indonesia.

Verbeek, R. D. M. (1886). *Krakatau, Batavia, Imprimerie de l'Etate*, pp. 426–429, 438.

Walker, J. Y. (1883). On the earthquake of the 31st of December 1881, *Asiatic Soc. Bengal, Proc.* (1882–1883) **3**, 60–62.

Marine Sciences Department
U. S. Naval Oceanographic Office
Washington, D.C. 20390

Manuscript received July 9, 1965.

Annexe 2

B.-K. Rastogi et R.-J. Jaisval (2006). A catalog of tsunamis in Indian Ocean, in *Science of tsunamis Hazards*, vol. 25, n° 3

A CATALOG OF TSUNAMIS IN THE INDIAN OCEAN

B. K. Rastogi and R. K. Jaiswal
National Geophysical Research Institute,
Hyderabad, India

SUMMARY

A catalog of about ninety tsunamis in the Indian Ocean has been prepared from 326 BC to 2005 AD. In the nineteenth and twentieth centuries tsunamis have occurred once in three years or so. Sunda Arc is the most active region that has produced about seventy tsunamis. The source zones of the remaining tsunamis are Andaman-Nicobar islands, Burma-Bangladesh region in the eastern side, while Makran accretion zone and Kutch-Saurashtra region are in the west. These zones are subduction zones or zones of compression.

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 128 (2006)

GENERAL DESCRIPTION

Tsunamis are not as common in the Indian Ocean as in the Pacific. As compared to average eight tsunamis per year in the Pacific, Indian Ocean has one in three years or so. A catalog of tsunamis presented here includes about ninety tsunamis in the Indian Ocean out of which over 70 tsunamis are from Sunda. Some 20 tsunamis are reported from rest of the Indian Ocean, though source region of five of them may be in Sunda arc. Hence, eighty percent of the tsunamis of the Indian Ocean originate in Sunda arc covering Java and Sumatra. Figure 1 shows the locations of significant tsunamis and Figure 2 shows the annual number. Table 1 gives the list of tsunamis from Sunda arc and Table 2 from rest of the Indian Ocean.

The Sunda belt extends northward to Andaman-Nicobar Islands where a few tsunamis have originated. Further north, Bangladesh-Myanmar coast has produced some well-documented tsunamis. Makran coast in the northwest is known to have generated at least one major tsunami. Karachi-Kutch coast region has also produced some possible tsunamis. Cause of tsunamis is mostly thrust-type earthquakes with vertical uplift in subduction zones and zones of compression. The seismic gap areas along the subduction zones are possible sites of future great earthquakes. Along the Sunda arc, great earthquakes of magnitude 8.5 or greater can repeat every two centuries at a site but smaller tsunamigenic earthquakes can repeat every few decades. Along Sunda Arc volcanic eruptions have also given rise to large tsunamis. There appears to have been a hiatus in tsunami generation in this region, with a significant gap in events occurring from around 1909 through 1967 (Tsunami Laboratory, Novosibirsk, Russia). The Carlsberg spreading ridge or old oceanic ridges like Chagos Ridge and Ninetyeast Ridge with normal faulting can give rise to local tsunamis. Many of the tsunamis and their effects are described in some details. However, tsunamis from Java region are not described in detail as they did not affect the countries other than Indonesia.

TSUNAMIS FROM SUNDA ARC REGION

Newcomb and McCann (1987) compiled historical records of earthquakes and tsunamis from Sunda arc region. Heck (1947), Berninghausen (1966), Litzin (1974) and USGS catalogs list some more. Updated list is given in **Table 1**. The Sumatra part of the Sunda arc had been much more active than Java part. Detailed description of some of the significant earthquakes and the tsunamis caused by them are given below:

Earthquakes/Tsunamis in Sumatra

11 Dec 1681. "Strong earthquake" shook the Sumatra mountains near Mentawai Archipelago and a seaquake was observed.

3 Nov 1756. Many houses collapsed in several towns of Sumatra near to Enganno Is. No tsunami was reported.

No date, 1770. Severe damage in the same general area as the 1756 event, but a tsunami was reported.

10-11 Feb 1797, Mw 8.2. A large earthquake and tsunami was observed in ports on the coast of the mainland and on the Batu Is. Waves of great force near Padang (0.99S 100.37E) The town was inundated and more than 300 fatalities occurred (Heck, 1947).

18 Mar 1818. A very strong shock associated with both tsunami and seaquake near to Enganno Is.

24 Nov 1833. The great earthquake of magnitude > 8.7 had maximum intensities and generated a tsunami over 550km along the south central coast of Sumatra that also caused

much damage to the coast. Numerous deaths occurred in W. Sumatra. This earthquake ruptured the plate margin from the southern island of Enggano to Batu.

5-6 Jan 1843, Mw 7.2. The earthquake caused severe damage, liquefaction and many fatalities in Nias Is. A tremendous tsunami wiped out towns on the east coast of Nias and mainland. The damage and associated tsunami were very localized. The village of Barus (2N 98.38E) and Palan Nias (Nias Is. 1.1N 97.55E) reported large waves on two days.

11 Nov 1852. Earthquake near Nias generated seaquake.

16 Feb 1861. A great earthquake of magnitude 8.5 ruptured a major segment of the plate boundary in northern Sumatra. The tsunami that was generated extended over 500km along the arc. Tsunami destroyed southern towns of Batu Is., and a town on the southwest side of Nias experienced a tsunami height of 7m. The earthquake and tsunami caused 1000s of fatalities at west coast of Sumatra. Two aftershocks on March 9 and April 26, 1861 also caused tsunamis. There was no major shock for almost 50years.

The historic record shows that the strongest tsunami was associated with the volcanic eruption of Krakatau in Indonesia on 27 Aug. 1883. The 35m-high tsunami took a toll of 36,000 lives in western Java and southern Sumatra. Tsunami waves were observed throughout the Indian Ocean, the Pacific Ocean, the American West Coast, South America, and even as far away as the English Channel. On the facing coasts of Java and Sumatra the sea flood went many kilometers inland and caused such vast loss of life that one area was never resettled and is now the Ujung Kulon nature reserve.

Subsequent local tsunamis in the Sunda Strait were generated by the 1927 and 1928 eruptions of the new volcano of Anak Krakatau (Child of Krakatau) that formed in the area. Although large tsunamis were generated from these recent events, the heights of the waves attenuated rapidly away from the source region, because their periods and wavelengths were very short. There was no report of damage from these more recent tsunamis in the Sunda Strait (George, 2003).

According to ancient Japanese scriptures, the first known supercolossal eruption of Krakatau occurred in the year 416 A. D. – Some have reported it to occur in 535 A.D. The energy of this eruption is estimated to have been about 400 megatons of TNT, or the equivalent of 20,000 Hiroshima bombs. This violent early eruption destroyed the volcano, which collapsed and created a 7 km wide submarine caldera. The remnants of this earlier violent volcanic explosion were the three islands of Krakatau, Verlaten and Lang (Rakata, Panjang, and Sertung). Undoubtedly the 416 A.D. eruption/explosion/collapse generated a series of catastrophic tsunamis, which must have been much greater than those generated in 1883. The time of tsunami with wave height of several meters that affected Tamilnadu in India matches with this early Krakatau eruption. However, there are no other records to document the size of these early tsunamis or the destruction they caused. Subsequent to the 416 A.D. eruption and prior to 1883, three volcanic cones of Krakatau and at least one older caldera had combined again to form the island of Rakata.

4 Jan 1907, Ms 7.6. This event caused tsunamis that devastated Simeuleu, Nias and Batu Islands of Sumatra and extended over 950km as measured by tide gauges.

25 June 1914. M7.6 earthquake destroyed buildings in southern Sumatra. No tsunami was reported.

1935: Mw 7.7. Tsunami in SW Sumatra.

The 2004 Sumatra-Andaman earthquake of magnitude 9.3 generated 30m-high tsunami when upward slip of the ocean floor was up to 15m along a 1300 km long and 160 to 240km wide rupture. It was the deadliest tsunami killing about 300.000 people in 13 countries situated all around the Indian Ocean. The earthquake had created large thrust ridges, about 1500m high, which collapsed in places to produce large landslides, several kilometers across. The force of displaced water was such that blocks of rocks, massing

millions of tons apiece, were dragged as much as 10km. An oceanic trench several kilometers wide was also formed. The run up in the India was 5m or less.

Magnitude 8.7 great Sumatra Earthquake of 28 Mar. 2005 with an upward movement of 2m of seafloor in an area of 400kmx100km generated locally damaging 4m-high tsunami that struck nearby islands and coastal Sumatra and was recorded by tidal stations in the Indian Ocean (asc.India.org). The earthquake and tsunami killed 665 people. The tsunami struck Nias Island with wave heights of 4-5 m. A 3-4m wave struck the islands of Banyak and Simeulue and the Singkil district of Sumatra. According to the Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) tide gauges in the Indian Ocean recorded minor wave activity in the Australian Cocos Island (10-22cm), the Maldives (10cm), and Sri Lanka (25-30cm).

TSUNAMIS THAT AFFECTED THE INDIAN REGION AND VICINITY

Though rare, tsunamis have hit India earlier. The tsunamis in the Indian region and vicinity are listed in Table 2. The oldest record of tsunami is available from November 326 BC earthquake near the Indus delta /Kutch region that set off massive sea waves in the Arabian Sea. Alexander the Great was returning to Greece after his conquest and wanted to go back by a sea route. But a tsunami due to an earthquake of large magnitude destroyed the mighty Macedonian fleet (Lisitzin, 1974).

Poompuhar is a town in the southern part of India in the state of Tamil Nadu. It was a flourishing ancient town known as Kaveripattinam that was washed away in what is now recognized as an ancient Tsunami in about 500 AD This time matches with the Krakatoa explosion

There is mention of tsunami effect in scriptures at Nagapattinam in 900AD that destroyed a Budhist monastery. According to literature available in the library of Thondaiman kingdom in Puduckottai, Tamilnadu, it was during the reign of Raja Raja Chola that waves had washed away the monastery and several temples and killed hundreds of people. There is evidence of this in Kalaki Krishnamurty's book "Ponniyin Selvan- The Pinacle of Sacrifice". In the chapter "The Sea Rises", the author explains how the sea had risen very high and the black mountain of water moved forward. The sea inundated warehouses and sheds and began to flow into the streets. Ships and boats seemed suspended in mid-air, precariously poised on the water peaks. The book also describes how an elephant was swallowed by the gushing water.

Tsunami has been observed in the North Indian Ocean on the Iranian coast from a local earthquake between 1st April and 9th May 1008 (Murty et al., 1999).

An earthquake occurred during 1524 A.D. off the coast of Dabhol, Maharashtra and. a resulting large tsunami caused considerable alarm to the Portuguese fleet that was assembled in the area (Bendick and Bilham, 1999).

A tsunami is known to have occurred in the Bay of Bengal on April 2, 1762, caused by an earthquake in Bangladesh – Myanmar border region. The epicenter is believed to be 40 km SE of Chittagong, or 61 km N of Cox's Bazaar, or 257 km SE of Dhaka, Bangladesh. The shock caused severe damage at Chittagong and other areas on the eastern seaboard of the Bay of Bengal. The Arakan coast was elevated for more than 160 km. The quake also caused a tsunami in the Bay of Bengal. The water in the Hoogly River in Kolkata rose by two meters. The rise in the water level at Dhaka was so sudden that hundreds of boats capsized and many people were drowned. This is the earliest well-documented tsunami in the Bay of Bengal (Mathur, 1998).

1819 June 16, India, Kutch, Mw 7.8. Severe earthquake with large changes in the elevation of the land. The town of Sindri (26.6N 71.9E) and adjoining country were

inundated by a tremendous rush from the ocean, and all submerged, the ground sinking apparently by about 5m (Macmurdo,1821)

An earthquake on 11th November 1842 near the northern end of Bay of Bengal caused a tsunami by which waters of the distributaries of the Ganges Delta were agitated. Boats were tossed about as if by waves in a squall of wind.

1845 June 19, India, Kutch. "The sea rolled up the Koree (Kori creek, 23.6N 68.37E) (the east) mouth of the Indus overflowing the country as far westward as the Goongra river, northward to the vicinity of Veyre, and eastward to the Sindree Lake," (Nelson,1846)

On October 31, 1847 the small island of Kondul (7°13'N 93°42'E) near Little Nicobar was inundated (Heck, 1947; Berninghausen, 1966) by an earthquake whose Mw, magnitude could have been >7.5 (Bilham et al. 2005).

Mihir Guha (http://www.freejournal.net), former Director General of the India Meteorological Department, informed that a tsunami struck Sunderbans (Bangladesh) in May 1874, killing several hundred thousand people. It was result of an earthquake in Bhola district. Earthquake and tsunami both played havoc in vast areas of Sunderbans, 24-Prganas, Midnapore, Barishal, Khulna and Bhola. Even Kolkata felt its impact. It was the same year that the meteorological center in Alipore was set up. However, no written record of such an earthquake or tsunami is available.

Other minor tsunamis of height up to 2m hit the east coast of India in 1842 and 1861 (from Sumatra), 1881 (from Car Nicobar), 1883 (Krakatau), 1907 (Sumatra) and 1941 (Andaman). The 1881 Andaman earthquake of Mw7.9 caused 1.2-m high tsunami. Indonesian earthquake of 1907 registered about a meter high tsunami in India. Madras Port Trust recorded a 2m high tsunami due to the eruption of the Krakatau volcano in Indonesia on 27 Aug 1883. Andaman earthquake of Mw7.7 in 1941 registered a 1.5m high tsunami. Some of these tsunamis are described below:

An earthquake of magnitude Mw 7.9 occurred at Car Nicobar Island on 31 Dec. 1881. A tsunami was generated by this earthquake in the Bay of Bengal. Though the run-ups and waves heights were not large, its effects were observed in the Andaman & Nicobar Islands and were recorded on the east coast of India. A meter high wave was recorded at Port Blair on South Andaman Island (Berninghausen, 1966). In the Nicobar Islands, the waves were less than 75 cm high. On the east coast of India, the tsunami first arrived at Nagapatinam at around 10:15 am local time (LT) with a 1.2m high waves. Tidal gauges at other locations recorded minor variations from normal tidal changes. The tsunami then struck the rest of the Tamil Nadu coast, first hitting Chennai and then progressing north toward Vishakhapatnam in Andhra Pradesh at 10:43 LT. Waves arrived at False Point on the Mahanadi delta in Orissa at 11:15 LT and at Pamban in the Gulf of Mannar at 11:32 LT. Waves less than 0.3 metres high were recorded later in the day in West Bengal by tidal gauges at Dublat at the mouth of the Hoogly river at 13:00 LT and then in Diamond Harbour at 15:10 LT (Ortiz and Bilham, 2003). Waves attributed to this tsunami were also observed at Batticaloa and Trincomalee on the east coast of Sri Lanka (Berninghausen, 1966). No tsunami was reported from tidal gauges in Myanmar (Ortiz and Bilham, 2003).

A tsunami was noticed at Dublet (mouth of Hoogly River) near Kolkata due to earthquake in the western part of the Bay of Bengal in 1884 (Murty et al. 1999) that reached up to Port Blair.

June 26, 1941 Andaman earthquake had a moment magnitude Mw 7.7 and was located at 12.1° N and 92.5° E (Bilham et al., 2005). A tsunami was triggered by this earthquake in the Bay of Bengal. Height of the tsunami was reported to be of the order of 0.75 to 1.25 meters. At the time no tidal gauge was in operation. Mathematical calculations suggest that the height could be of the order of 1m. This tsunami was witnessed along the eastern coast of India. It is believed that nearly 5,000 people were killed by the tsunami on the east coast

of India. Local newspapers are believed to have mistaken the deaths and damage to a storm surge, however, a search of meteorological records does not show any storm surge on that day on the Coromandel Coast (Murty, 1984). National dailies like the Times of India, which reported the quake's shaking effects, did not mention any deaths, either as a result of a storm surge or a tsunami.

The deadliest tsunami prior to 2004 in South Asia was in November 1945, which originated off the Makran coast of Pakistan in the Arabian Sea and caused deaths as far as Mumbai. More than 4000 people were killed on the Makran Coast by both the earthquake and the tsunami. The earthquake was also characterized by the eruption of a mud volcano, a few kilometers off the Makran Coast, which are common features in Western Pakistan and Myanmar. It led to the formation of a four small islands. A large volume of gas that erupted from one of the islands, sent flames leaping "hundreds of meters" into the sky (Mathur, 1988). The most significant aspect of this earthquake was the tsunamis that it triggered. The tsunami reached a height of 17m in some Makran ports and caused great damage to the entire coastal region. A good number of people were washed away. The tsunami was also recorded at Muscat and Gwadar. The tsunami had a height of 11.0 - 11.5 m in Kutch, Gujarat (Pendse, 1945). At 8:15am, it was observed on Salsette Island i.e Mumbai (Newspaper archives, Mumbai). It was recorded in Bombay Harbour, Versova (Andheri), Haji Ali (Mahalaxmi), Juhu (Ville Parle) and Danda (Khar). At Versova (Andheri, Mumbai), 5 persons who were fishing were washed away. At Haji Ali (Mahalaxmi, Mumbai), 6 persons were swept into the sea. At Danda and Juhu, several fishing boats were torn off their moorings. The tsunami did not do any damage to Bombay Harbour. Most persons who witnessed the tsunami said that it rose like the tide coming in, but much more rapidly. The height of the tsunami in Mumbai was 2m. A total of 15 persons were washed away in Mumbai.

Mw 7.7, 1983 earthquake in Chagos Archipelago, was one of the strongest earthquakes ever recorded in the Indian Ocean. It occurred at 17:46pm UTC. The earthquake caused some damage (NEIC) to buildings and piers on Diego Garcia. Diego Garcia is part of the Chagos Archipelago. The 1983 earthquake spawned a tsunami in the region. In the lagoon, on Diego Garcia, there was a 1.5-meter rise in wave height and there was some significant wave damage near the southeastern tip of the island. A 40 cm wave was also recorded at Victoria, Seychelles. There was a large zone of discolored seawater observed 60 - 70 km NNW of Diego Garcia. Moment-tensor solution indicated normal faulting along an E-W plane at a depth of 10km with source duration of 34 sec.

CONCLUSIONS

The catalog prepared for tsunamis in the Indian Ocean includes about ninety tsunamis. Eighty percent of the tsunamis in the Indian Ocean are from Sunda arc region where on an average tsunamis are generated once in three years. In rest of the Indian Ocean tsunamis can be generated once in ten years or so. The Makran accretion zone of southern Pakistan has produced some tsunamis. The 28 Nov. 1945 (Mw 8.0) earthquake generated the last major tsunami in the Arabian Sea. Indus Delta and may be the Coasts of Kutch and Saurashtra are also potential zones for great earthquakes and tsunami. Tsunami was generated by an earthquake in 1762 in Myanmar and in 1874 by an earthquake near Bangladesh. The Chagos ridge has given rise to a local tsunami due to a normal earthquake of Mw 7.7 on 30 Nov. 1983 near Diego Garcia.

This work was carried out under CSIR Emeritus Scientist Scheme.

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 133 (2006)

REFERENCES

Bendick, R, and R. Bilham, (1999). A Search for Buckling of the SW Indian Coast related to Himalayan Collision, in Macfarlane, A., Sorkhabi, R. B., and Quade, J., eds., Himalaya and Tibet: Mountain Roots to Mountain Tops: Geol Soc Amer. Special paper 328. 313-322.

Berninghausen, W. H., (1966). Tsunamis and Seismic Seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean, Bull. Seism. Soc. Am., 56 (1), 69-74.

Bilham, R, R. Engdahl, N.Feld, and S.P. Sayabala (2005). Partial and complete rupture of the Indo-Andaman plate boundary 1847-2004, Seism. Res. Lett., 76 (3), 299-311.

George Pararas-Carayannis (2003). Near and Far-Field Effects of Tsunamis Generated By the Paroxysmal Eruptions, Explosions, Caldera Collapses and Massive Slope Failures of The Krakatau Volcano in Indonesia on August 26-27, 1883, Science of Tsunami Hazards, 21 (4), 191-222.

Heck, N.H. (1947). List of seismic sea waves, Bull.Seism. Soc. Am., 37, 269-286.

Lisitzin, E. (1974). Sea Level Changes, Elsevier Oceanographic Series, No.8, New York, 273pp.

Macmurdo, Captain (1821). Account of the earthquake which occurred in India in June 1819, Edinburgh Phil.J. 4, 106-109.

Mathur, S.M., (1998). "Physical Geology of India", National Book Trust of India, New Delhi.

Murty, T. S., A. Bapat & Vinayak Prasad (1999). Tsunamis on the coastlines of India, Science of Tsunami Hazards, 17 (3), 167-172.

Murty, T.S. (1984). Storm surges- meteorological ocean tides, Bull. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.

Nelson, Captain (1846). Notice of an earthquake and a probable subsidence of the land in the district of Cutch, near the mouth of Koree, or the eastern branch of the Indus in June 1845, Geol.Soc. London, Quart. J.,2, 103.

Newcomb, K.R. and McCann, W.R. (1987). Seismic history and tectonics of the Sunda Arc, JGR, 92 (B1), 421-439.

Ortiz, M., and Bilham, R. (2003). Source Area and Rupture Parametres of the 31 December 1881 Mw=7.9 Car Nicobar Earthquake estimated from tsunamis recorded in the Bay of Bengal, J. Geophys. Res- Solid Earth, 108(4), ESE 11, 1-16.

Pendse, C. G. (1945). The Mekran earthquake of the 28th November 1945, India Met. Deptt. Scientific Notes, 10, 141-145.

Table 1

List of Tsunamis in Sumatra-Java region

N	Year	Location	Long.	Lat.	Mag	Ca	Pro	I	Max Run up (run ups)	Ref.
1	416.09.10	Java-S	120	-10		6	2			NOAA/NESDIS
2	1681.12.11	Sumatra				1	4			Newcomb& Mccann
3	1768.06.22	Bali Sea	115	-7	Ms 7.5	1	4			NOAA/NESDIS
3	1770	Sw. Sumatra	102	-5	Ms 7	1	3	0.5	(1)	NGDC/NOAA
4	1797.02.10	Sw. Sumatra	99	-1	Ms 8	1	4	3.0	(1)	Berninghausen
5	1799	Se. Sumatra	104.75	-2.983		1	2			Berninghausen
6	1815.04.10	Java-Flores Sea	118	-8.2		6	4			NOAA/NESDIS
7	1815.11.22	Bali Sea	115.2	-8	Ms 7	3	3			NOAA/NESDIS
8	1816.04.29	Penang Island	100.25	5.383		1	2		(1)	NGDC/NOAA
9	1818.03.18	Bengkulu, Sumatra	102.267	-3.77	Ms 7	3	3	1.5	(1)	Berninghausen
10	1818.11.08	Bali Sea	117	-7	Ms 8.5	1	2			NOAA/NESDIS
11	1820.12.29	Flores Sea	119	-7	Ms 7.5	1	4			NOAA/NESDIS
12	1823.09.09	Java	108.5	-6.5	Ms 6.8	1	2			NOAA/NESDIS
13	1833.01.29	Bengkulu, Sumatra								Berninghausen (1966)
14	1833.11.24	Sw. Sumatra	102.2	-3.5	Mw 8.7	1	4	2.5	(3)	NGDC/NOAA, Newcomb & McCann (1987)
15	Sep. 1837	Banda Ache	96	5.5	Ms 7.2	4	2	0.5	(1)	NGDC/NOAA
16	1843.01.05	Sw. Sumatra	98	1.5	Ms 7.2	1	4	3.0	(3)	Berninghausen (1966), Heck1947
17	1843.01.06	Sw. Sumatra	97.33	1.05						Berninghausen (1966)m Heck1947
18	1852.11.11	Sibolga, Sumatra	98.8	1.7	Ms 6.8	1	1		(1)	NGDC/NOAA
19	1856.07.25	Java-Flores Sea	116	-8.5		1	2			NOAA/NESDIS
20	1857.05.13	Bali Sea	115.5	-8	Ms 7	1	4		(2)	NOAA/NESDIS
21	1859.10.20	S. Java Sea	111	-9		1	2		(1)	Berninghausen (1966)
22	1861.02.16	Sw. Sumatra	97.5	-1	Ms 8.5	1	4	3.0	(9)	Berninghausen (1966)
23	1861.03.09	Sw. Sumatra	99.37	0.3	Ms 7	1	4	2.0	(4)	NGDC/NOAA
24	1861.04.26	Sw. Sumatra	97.5	1	Ms 7	1	4	1.5	(1)	NGDC/NOAA
25	1861.06.05	Java,	107.3	-6.3			2			NOAA/NESDIS
26	1861.06.17	Sw. Sumatra	97.5	1	Ms 6.8	1	3			NOAA/NESDIS

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 135 (2006)

27	1861.09.25	Sw. Sumatra	100	-1.5	Ms 6.5	1	3	1.5	(1)	Berninghausen (1966)
28	1864	Sumatra								Berninghausen
29	1883.08.26	Krakatau	105.423	-6.10		6	3	1.0	(8)	Berninghausen
30	1883.08.27	Krakatau (Volcano)	105.25	-6.06		6	4	4.5	35 (67)	Berninghausen
31	Feb. 1884	Krakatau	105.423	-6.10		1	2			Murty et al. (1999)
32	1885.07.29	Ajerbangis	99.383	0.2	Ms 6.8	1	2			NGDC/NOAA
33	1889.08.16	Java, Indones.	106	-6	Ms 6	1	3	1.0		NGDC/NOAA
34	1892.05.17	Malay Peninsula	99.5	2.5	Ms 7.5	1	3		4 (4)	NGDC/NOAA
35	1896.10.10	Sw. Sumatra	102.5	-3.5	Ms 6.8	1	2		1 (1)	NGDC/NOAA
36	1904.07.04	Sumatra								
37	1907.01.04	Sw. Sumatra	94.5	2	Ms 7.6	1	4	2.0	2.8 (7)	NGDC/NOAA / Newcomb &McCann
38	1908.02.06	Sw. Sumatra	100	-5	Ms 7.5	1	4	1.0	1.4 (1)	NGDC/NOAA
39	1909.06.03	Sumatra	101	-2	Ms 7.7	1	2	1.0	1.4	NGDC/NOAA
40	1914.06.25	W. Coast Of S. Sumatra	102.5	-4.5	Ms 8.1	1	0			NGDC/NOAA
41	1917.01.21	Bali Sea	115.4	-8	Ms 6.5	1	3		2	NGDC/NOAA
42	1921.09.11	S. Java Sea	111	-11	Ms 7.5	1	4		0.2	NGDC/NOAA / Newcomb &McCann
43	1922.07.08	Lhoknga, Ache	95.233	5.467		1	1			NGDC/NOAA
44	1926.06.28	Sw. Sumatra	99.5	-1.5	Ms 6.7	1	0			NGDC/NOAA
45	1928.03.26	Krakatau	105.423	-6.102		6	1			NGDC/NOAA
46	1930.03.17	Java-S.	105.4	-6.1		6	1			NGDC/NOAA
47	1930.06.19	Java-S.	105.3	-5.6	Ms 6	1	3		0.7	NGDC/NOAA
48	1930.07.19	S. Java Sea	114.3	-9.3	Ms 6.5	1	2		0.1	NGDC/NOAA
49	1931.09.25	Sw. Sumatra	102.7	-5	Ms 7.5	1	3		31.4	NGDC/NOAA
50	1935.12.28	Sw. Sumatra	98.25	.001	Ms 8.1	1	1			NGDC/NOAA
51	1936.08.23	Malay Peninsula	95	6	Ms 7.3	1	2			NGDC/NOAA
52	1948.06.02	Malay Peninsula	94	5.5	Ms 6.5	1	2		0.7	NGDC/NOAA
53	1949.05.09	Malay Peninsula	95	5	Ms 6.7	1	2			NGDC/NOAA
54	1955.05.17	Malay Peninsula	94	6.5	Ms 7.2	1	2			NGDC/NOAA
55	1957.09.26	S. Java Sea	107.3	-8.2	Ms 5.5	1	3		0.7	NGDC/NOAA
56	1958.04.22	Sw. Sumatra	104	-4.5	Ms 6.5	1	2		1	NGDC/NOAA
57	1963.12.16	Java	105.4	-6.2	6.5	1	2		0.7	NGDC/NOAA
58	1964.04.02	Off Nw Coast Of Indon.	95.7	5.9	Ms 7.0	8	3		0.7	NOAA/NESDIS
59	1964.04.02	Malay	95.7	5.9	Ms 7.0	1	3		**2**	NOAA/NESDIS

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 136 (2006)

		Peninsula								
60	1967.04.12	Malay Peninsula	97.3	5.5	Ms 7.5	1	3	**1.5**		NGDC/NOAA
61	1977.08.19	Sunda Islands	118.4	-11	Ms 8	1	4			NOAA/NESDIS
62	1982.02.24	Java Trench	97.7	4.37	Ms 5.4	1	4			NGDC/NOAA
63	1984	Off West Coast Of Sumatra	97.955	0.18	7.2					Engdahl et al. (1998)
64	1985.04.13	Bali Island, Indonesia	114.2	-9.2	Ms 6.2	1	2			NGDC/NOAA
65	1994.02.15	Southern Sumatra	104.3	-5	Ms 7.0	1				NGDC/NOAA
66	1994.06.02	Java, Indonesia	112.8	-10.5	Ms 7.2	1	4		**13** (15)	NGDC/NOAA
67	2000.06.04	Off West Coast of Sumatra	102.09	-4.72	Ms 7.8				(1)	USGS/NEIC(PDE)
68	2000.06.18	South Indian Ocean	97.45	-13.8	Ms 7.8	1	4		**0.3**	NOAA/NESDIS
69	2004.12.26	Off West Coast Of Sumatra	95.947	3.307	Mw 9.3	1	4	**3.0**	**24** (302)	NGDC/NOAA
70	2005.03.28	Off West Coast Of Sumatra	97.013	2.074	Mw 8.7	1	4		**4** (2)	NOAA/NESDIS
71	2005.04.10	Kepulauanmentavia	99.607	-1.64	Ms 6.7	1	4		**1** (1)	NOAA/NESDIS

I is tsunami intensity, max. run up is in meters, reported number of runups are given within brackets. The data are taken from National Geophysical Data Center (NGDC); National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS). A "-1" is used as a flag (missing) value in some fields. The cause and probability of the tsunamis are shown by “Ca.” and “Pro.” respectively. The cause and probability of the tsunamis are given by following codes.

Cause Code:

Cause code indicates the cause or source of the tsunamis.
Valid values: **1 to 12**
1 = earthquake
2 = questionable earthquake
3 = earthquake and landslide
4 = earthquake and volcano
5 = earthquake, volcano and landslide
6 = volcano
7 = volcano and earthquake
8 = volcano and landslide
9 = volcano, earthquake, and landslide
10 = landslide
11 = meteorological
12 = explosion

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 137 (2006)

Event Probability:

Probability of actual tsunami occurrence is indicated by a numerical rating of the validity of the reports of that event:
Valid values: 0 to 4
4 = definite tsunami
3 = probable tsunami
2 = questionable tsunami
1 = very doubtful tsunami
0 = erroneous entry

Tsunami Magnitude:

Tsunami magnitude, Mt is defined in terms of tsunami-wave amplitude by Iida et al. (1967) as:
$Mt = \log_2 Hmax$
Some other formulae are also in use.

Tsunami Intensity:

Tsunami intensity scales have been suggested based on its effect and damage caused by it. There are many formulae for intensity based on tsunami runups. Tsunami intensity is defined by Soloviev and Go (1974) as
$I = \log_2 (2^{1/2} * h)$
where "h" is the maximum run up height of the wave.

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 139 (2006)

Table 2

List of Tsunamis that Affected Indian Region and Vicinity

S. N.	Date	Location	Long.	Lat.	Eq. Mag	Cau	Pro	I	Max Run up (run ups)	Ref.
1	326 B.C.	Indus delta /Kutch region				1	4			Lisitzin (1974)
2	About 500 AD	Poompuhar, Tamilnadu (probably due to Krakatau eruption)	79.52	11.12			4			Wikipedia
3	900 AD	Nagapattinam, Tamilnadu (may be from Sunda-Andaman arc)	79.53	10.46			4			Kalaki Krishnamurty
4	1008	Iranian Coast	60	25		1	4			Murty et al. (1999)
5	1762.04.12	Bay of Bengal (Bangladesh)	92	22		1	4		**>2** (1)	Mathur (1988)
6	1819.06.16	Kutch	26.6	71.9	Mw 7.8	1	3			Macmurdo
7	1842.11.11	N.Bay of Bengal	90	21.5		1	4		(3)	Oldham (1883)
8	1845.06.19	Kutch	23.6	68.37		1	3			Nelson
9	1847.10.31	Little Nicobar Island	93.667	7.333	Mw 7.5-7.9	1	3			Berninghausen (1966), Heck,1947
10	1868.08.19	Andaman Islands	92.73	11.67		1	4		**4**	NGDC/NOAA
11	1874	Sunderbans (Bangladesh)	89	22		1	2			Mihir Guha, Free Journal
12	1881.12.31	W. of Car Nicobar	92.43	8.52	Mw 7.9	1	4		**1.2**	Berninghausen (1966), Ortiz and Bilham (2003)
13	Jan. 1882	Sri Lanka (may be from Indonesia)	81.14 E	8.34		1	3			Berninghausen (1966)
14	1883.08.27	Krakatau (Volcanic Eruption)	105.25	-6.06		6	4	4.5	**2**	Berninghausen (1966)

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 139 (2006)

15	1884	W. of Bay Of Bengal								Murty et al. (1999)
16	1935.05.31	Andaman-Nicobar			Mw 7.5	1	4		(1)	NGDC/NOAA
17	1935.11.25	Andaman-Nicobar	94	5.5	Ms 6.5	1	2			NGDC/NOAA
18	1941.06.26	Andaman Islands	92.5	12.1	Mw 7.7	1	4		**1.25**	Bilham et al. 2005
19	1945.11.27	Makran Coast	63.5	25.2	Mw 8.0	1	4		**17**	Murty et al. (1999)
20	1983.11.30	Chagos ridge	72.11	-6.85	Mw 7.7	1	4		**1.5** (2)	NGDC/NOAA
21	2004.12.26	Off west coast of Sumatra and Andaman-Nicobar	95.947	3.307	Mw 9.3	3	4	3.0	**30**	NGDC/NOAA

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 140 (2006)

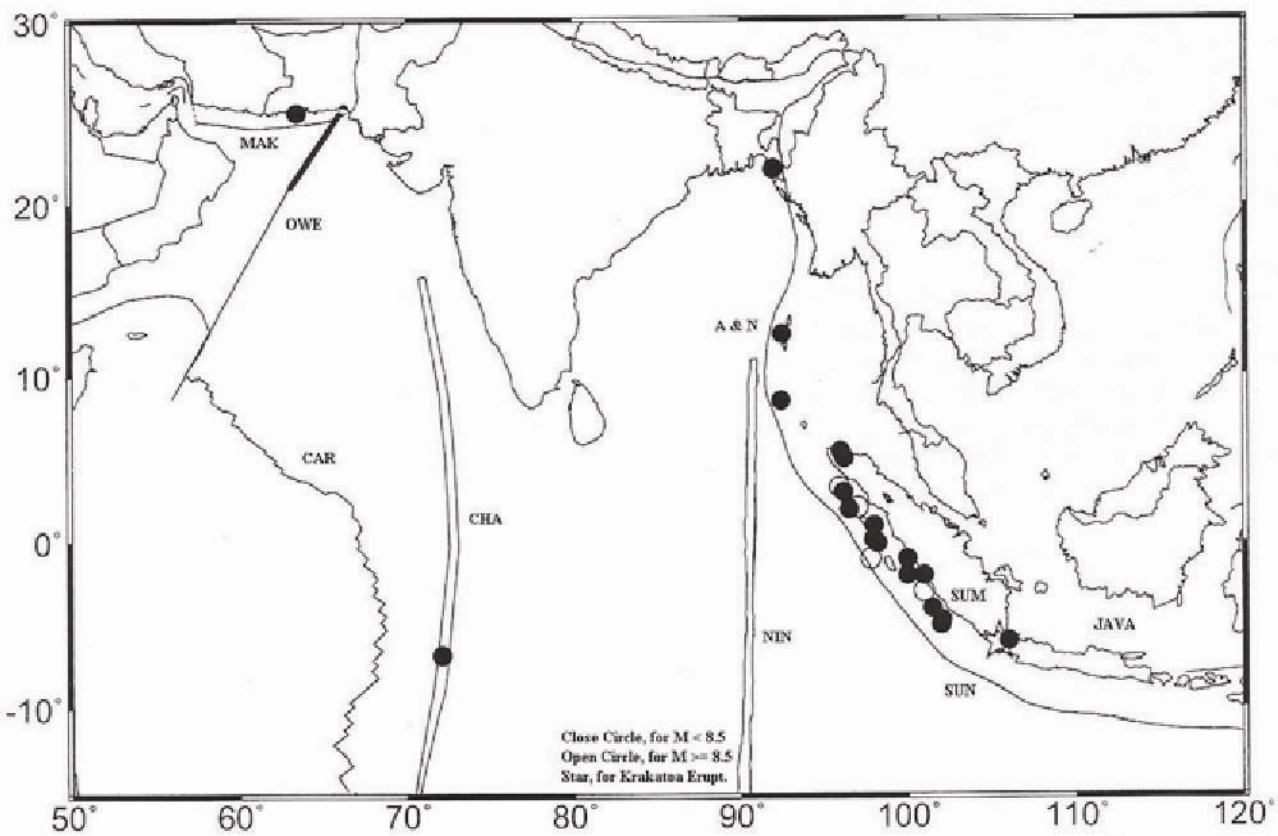

Fig.1. Locations of tsunamis in the Indian Ocean.

MAK - Makran Accretion Zone, OWE – Owen Fracture Zone, CAR – Carlsberg Ridge, CHA – Chagos Archipelago, A & N – Andaman & Nicobar Islands, SUM – Sumatra, NIN – Ninety East Ridge, SUN – Sunda Subduction Zone and JAVA- Java.

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 141 (2006)

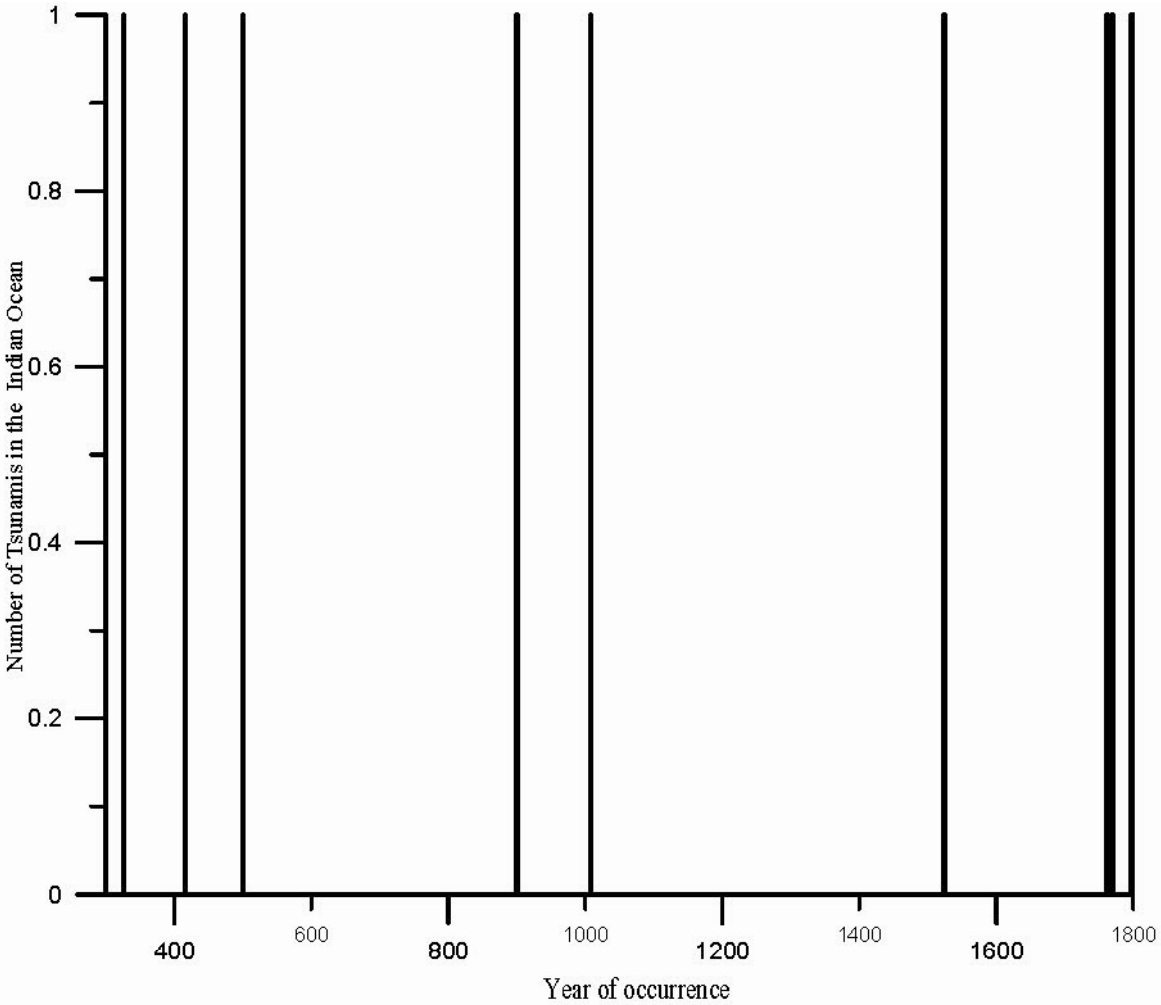

Fig. 2a. No. of Tsunamis in the Indian Ocean vs. Years of occurrences, Prior to 1800.

Science of Tsunami Hazards, Vol. 25, No. 3, page 142 (2006)

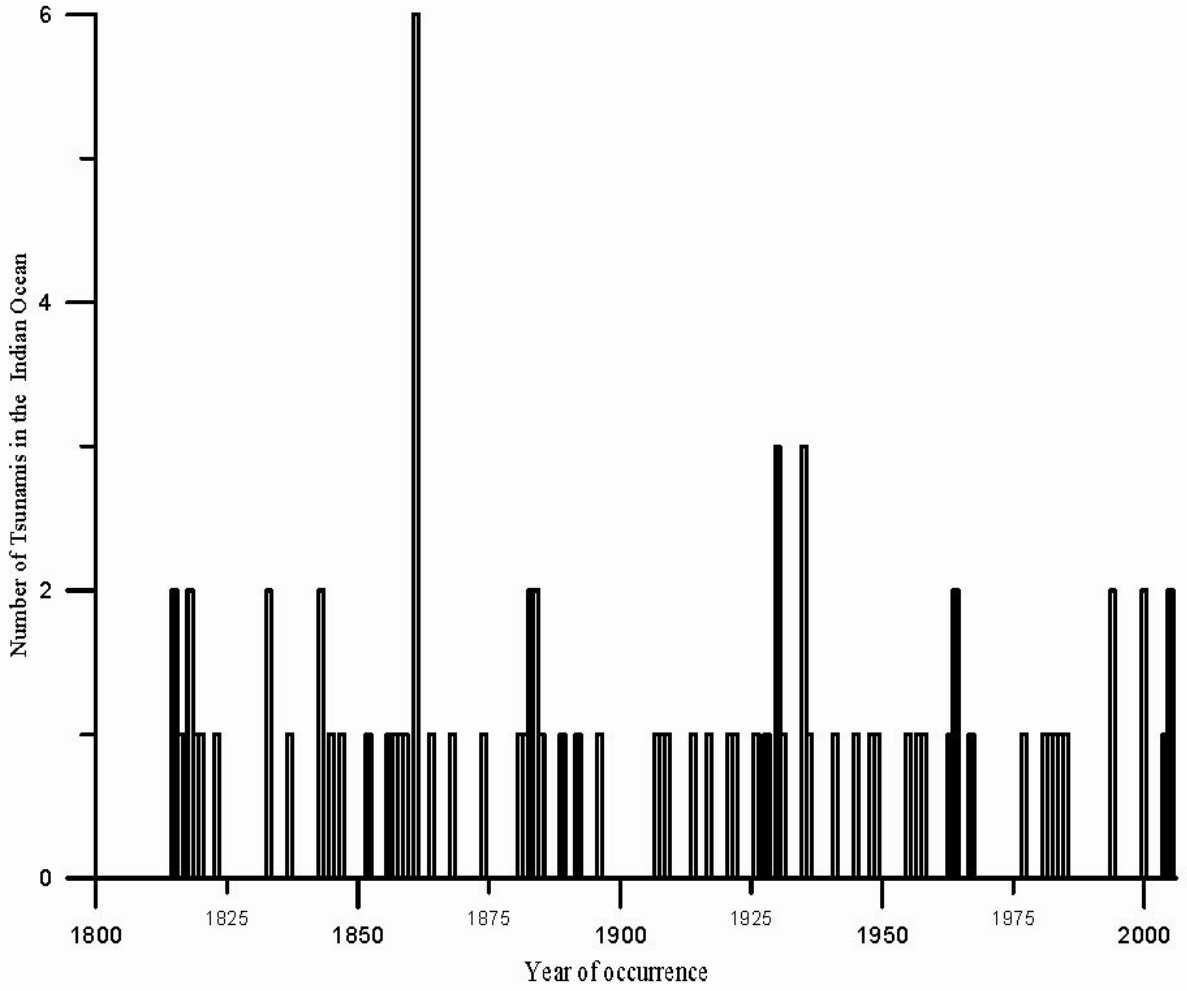

Fig. 2b. No. of Tsunamis in the Indian Ocean vs. Years of occurrences, 1800 Onward to Present.

Centre scientifique et technique
Service aménagement et risques naturels
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34