



L'évaluation du risque de tsunamis sur le littoral français

Jérôme Lambert, Monique Terrier, Rodrigo Pedreros

► To cite this version:

Jérôme Lambert, Monique Terrier, Rodrigo Pedreros. L'évaluation du risque de tsunamis sur le littoral français. Géosciences, 2013, 17, pp.54-63. hal-01062255

HAL Id: hal-01062255

<https://brgm.hal.science/hal-01062255>

Submitted on 9 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pour mieux connaître le risque de tsunamis sur le territoire français, divers travaux sont aujourd'hui conduits. Ils concernent à la fois la recherche sur les événements historiques, la simulation numérique à partir de données vécues ou plausibles et enfin l'évaluation des préjudices potentiels pour les secteurs côtiers les plus exposés.

Antibes, Port de la Salis (Alpes-Maritimes) : tsunami du 16 octobre 1979 consécutif à un glissement de terrain sous-marin.

Port de la Salis in Antibes (France): 1979, October 16th, tsunami caused by a submarine landslide.

© Nice Matin, 17.10.1979

L'évaluation du risque de tsunamis sur le littoral français



Jérôme Lambert

BRGM – DIRECTION RISQUES ET PRÉVENTION
j.lambert@brgm.fr

Monique Terrier

BRGM – DIRECTION RISQUES ET PRÉVENTION
m.terrier@brgm.fr

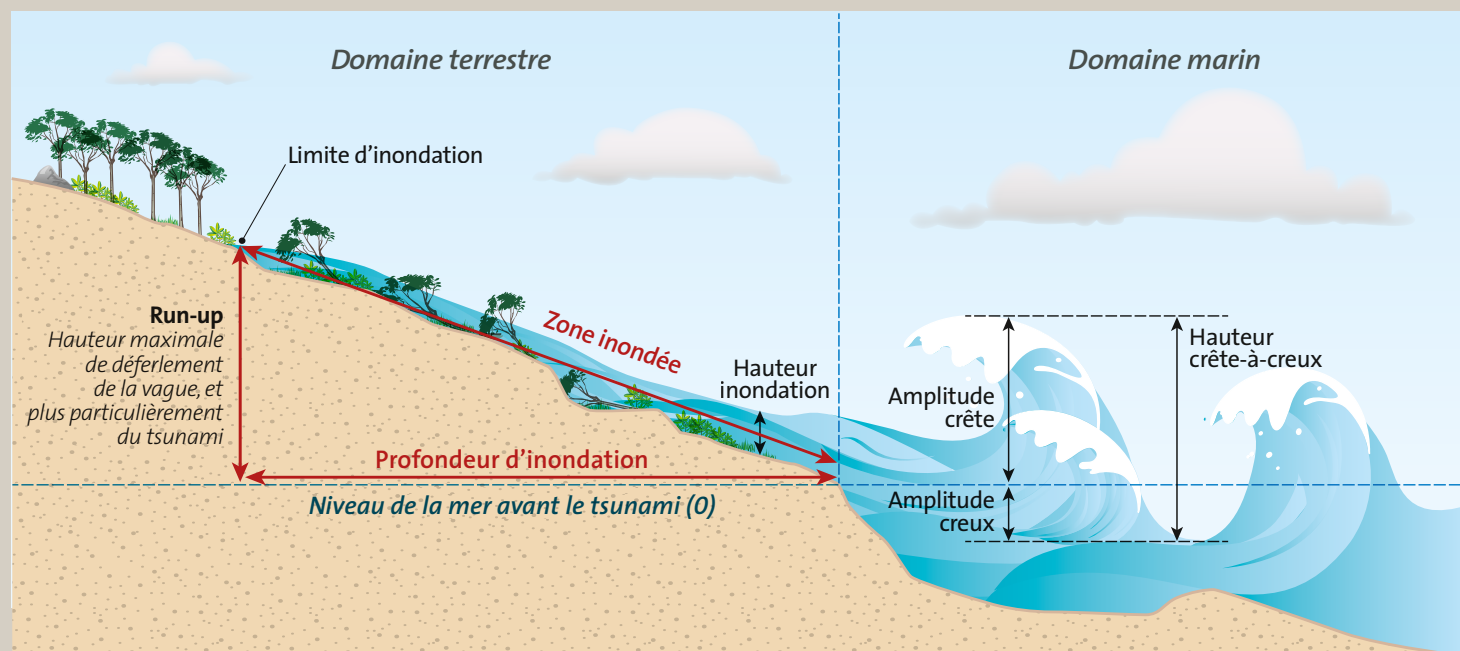
Rodrigo Pedreros

BRGM – DIRECTION RISQUES ET PRÉVENTION
r.pedreros@brgm.fr

Un tsunami est une onde provoquée par un mouvement de flux et de reflux d'un grand volume d'eau (mer, océan), mouvement dont l'origine est le plus souvent un séisme sous-marin, une éruption volcanique ou un glissement de terrain sous-marin. Il est associé à la naissance et au déploiement d'une ou de plusieurs vagues parfois destructrices au contact des rivages. Un tsunami se caractérise par plusieurs paramètres à son approche des côtes (domaine marin) et sur le rivage (domaine terrestre) (figure 1).

Après le tsunami catastrophique de l'océan Indien du 26 décembre 2004, l'État français a souhaité disposer d'une meilleure connaissance du risque de tsunamis susceptible d'affecter son territoire (métropole et DROM). À cette fin, s'intégrant dans la chaîne globale d'évaluation et de gestion du risque, une base de données événementielles sur les tsunamis historiques observés sur le territoire français a été mise en place. En parallèle, des travaux ont été conduits sur les trois composantes du risque, à savoir : 1) l'évaluation de l'aléa (zone exposée, intensité du phénomène/probabilité d'occurrence),

“ Une base de données sur les tsunamis historiques observés sur le territoire français a été mise en place. ”



2) l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux, 3) la réalisation de scénario de risque. En outre, l'État français soutient l'implantation sur son littoral de systèmes d'alerte aux tsunamis, tels que CENALT (Centre d'Alerte aux Tsunamis), aujourd'hui opérationnel, ALDES (ALerte DESCendante) en Méditerranée occidentale (voir encadré p. 56), et TSUAREG (TSUunami ALerte REGionale), dans l'arc des Antilles, en cours de développement.

Constitution d'une base de données

Que connaît-on de l'histoire passée des tsunamis sur les côtes de France ? Pour répondre à cette question, mission fut confiée au BRGM par le ministère français de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, d'identifier l'occurrence de ces événements à la fois sur les côtes de métropole et de l'outre-mer. Subvenir à cette mission nécessita la création d'une base de données informatisée destinée à identifier d'une part les caractéristiques temporelles et spatiales de ces phénomènes, à interpréter d'autre part leurs caractéristiques physiques tout en y associant la bibliographie correspondante. Les connaissances acquises à ce jour figurent sur le site Tsunamis en France : www.tsunamis.fr/ [Lambert et Terrier (2011)].

La recherche des documents historiques et leur analyse

La recherche sur les tsunamis historiques démarra par une exploration des collections patrimoniales nationales et départementales, puis étrangères (notamment dans le cas des tsunamis transocéaniques). La volonté de recueillir les témoignages écrits laissés

par les contemporains des faits fut et demeure une constante. Cette rigueur a permis de corriger plusieurs interprétations proposées par certains catalogues ou publications. Par exemple, lors du tsunami transocéanique provoqué par le séisme de Lisbonne de 1755, certains catalogues rapportent que la mer aurait pénétré à plus d'un kilomètre à l'intérieur des terres de la Martinique... Or, d'une manière incontestable, les récits originaux de témoins oculaires retrouvés dans les archives françaises n'évoquent quant à eux qu'une distance inférieure à 100 mètres. C'est cette information factuelle qui est retenue dans la base du BRGM.

Autre facteur de difficulté en matière documentaire : le terme « raz-de-marée ». En effet, ce n'est qu'après le séisme le plus violent jamais enregistré à ce jour survenu au Chili (22 mai 1960, magnitude 9,5) que la communauté scientifique en Europe officialisa en 1963 l'utilisation du terme spécifique de « tsunami » depuis longtemps utilisé en Asie et dans une partie du Pacifique. Avant cette époque, dans la littérature française en particulier, c'est le terme de « raz-de-marée » qui prévaut, désignant aussi bien les conséquences sur les côtes d'un phénomène purement météorologique (fortes vagues engendrées par une dépression, un ouragan, une violente tempête) que celles résultant d'un phénomène géologique (puissant séisme, éruption volcanique ou glissement de terrain sous-marin).

Identifier la nature exacte du phénomène constitue donc un préalable à toute interprétation et ce, dans la mesure où les facteurs météorologiques ne constituent en rien les identifiants d'un tsunami.



Fig. 1: Caractéristiques des tsunamis au niveau du rivage d'après le Glossaire des tsunamis, 2003.

Modifié d'après Pedreros et al., 2007.

Fig. 1: Characteristics of tsunamis as they impact the shore according to the Glossaire des tsunamis, 2003.

Modified from Pedreros et al., 2007.

“ Ce n'est qu'après le séisme survenu au Chili le 22 mai 1960 que fut officialisée l'utilisation du terme « tsunami ».”

► LE SYSTÈME FRANÇAIS D'ALERTE AUX TSUNAMIS

Émilie Crochet – Expert risques telluriques au ministère de l'Intérieur – emilie.crochet@interieur.gouv.fr

À l'initiative du ministère de l'Intérieur et du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, en liaison avec le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) s'est vu confier la mission de constituer puis d'exploiter un centre national d'alerte aux tsunamis pour la Méditerranée et l'Atlantique nord-est. C'est ainsi que le Centre national d'alerte aux tsunamis (CENALT), implanté sur le site du CEA de Bruyères-le-Châtel (91), a vu le jour. Il est opérationnel depuis le 1^{er} juillet 2012.

En s'appuyant sur des réseaux de marégraphes et de sismographes, le système permet de détecter la génération d'un tsunami et d'alerter, dans les quinze minutes qui suivent un événement sismique potentiellement tsunamigène, le centre opérationnel de gestion interministérielle des crises (COGIC) via une liaison dédiée et sécurisée, en donnant les paramètres de l'événement (heure d'arrivée, amplitude de la vague, etc.).

Parallèlement à la mise en place de ce centre, le ministère de l'Intérieur travaille sur le réseau d'alerte dite « descendante » à l'échelon local et à l'attention des populations pour le littoral méditerranéen. Les zones les plus vulnérables doivent être identifiées afin de pouvoir mettre en place un système d'alerte des populations adéquat (sirènes, messages

radio, télé et téléphonie mobile, panneaux d'affichage...), de définir les comportements de mise à l'abri ou d'évacuation et de renforcer la résilience du territoire face à un tel risque. Il s'agit du système ALDES.

Pour mener cette démarche, le projet s'est appuyé sur les levés (et les données) de l'Institut géographique national (IGN) et du SHOM, ainsi que sur l'expertise scientifique du BRGM et du CEA dans le domaine de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque tsunami lié à une origine sismique ou gravitaire.

Les études menées dans le cadre d'ALDES ont permis de définir les sources tsunamigènes potentielles et d'établir une typologie côtière. Trois sites pilotes ont été retenus (de Port-Saint-Ange à Leucate-Plage (66), de Bandol à Six-Fours-les-Plages (83) et de Juan-les-Pins à Villeneuve-Loubet-Plage (06) sur lesquels des modélisations ont été réalisées. Un démonstrateur en cours sur une zone comprenant les communes de Bandol, Sanary-sur-Mer et Six-Fours-les-Plages permettra de décliner toutes les planifications (ORSEC, PCS)⁽¹⁾ ainsi que des plans d'évacuation. Une réflexion sur les moyens d'alerte adéquats à un risque de tsunami est menée. Par ailleurs, des actions d'information de la population seront conduites. ■

(1) ORSEC : Organisation de la réponse de sécurité civile ; PCS : Plan communal de sauvegarde.



Projet ALDES.
Exemples
d'enjeux exposés
à un tsunami
dans la côte
méditerranéenne –
plage de la Salis,
Antibes
(Alpes-Maritimes).

ALDES project.
Main stakes
exposed to
a tsunami on the
Mediterranean
coast.
Example of
la Salis beach,
Antibes
(Alpes-Maritimes,
French Riviera)

© Google Street
et BRGM –
D'après Monfort et al.,
2012.

Fig. 2 : Table des localités affectées par le tsunami transocéanique du 1^{er} novembre 1755.
Extrait de la BD Tsunamis – Inventaire historique des tsunamis en France.

Fig. 2: Table of towns and cities affected by the transoceanic tsunami of November 1, 1755.
Excerpt from the Tsunamis database – Historical inventory of tsunamis in France.

© BRGM, www.tsunamis.fr

Identité : 9720002
 Date : 1 novembre 1755
 Appellation : Séisme dit de "Lisbonne" – Océan Atlantique Nord
 Région de l'évènement : Océan Atlantique

1 2 3 > <

Localité	Dept / Pays	Vague			Retrait				Inondation				Runup		Inondité		Longitude	Latitude	Date	Heure
		Nb	Haut.	Flab.	Haut.	Flab.	Dist.	Flab.	Haut.	Flab.	Prof.	Flab.	Haut.	Flab.	Int.	Flab.	Deg	Deg		
ACADIR	Maroc														4	B	-9.0033	30.4055		
ALDEBRAS	Espagne														4	C	-8.9395	36.128		
ASILAH	Maroc										150 m	C	2.7 m	B	4	B	-6.0409	35.4659		
AYAMONTE	Espagne	3													5	B	-7.4099	27.2121		
BREST (BASSIN DE LA MADELEINE)	Finistère	2											0.2 m	B	2	B	-4.4222	48.3837		
BRIDGETOWN	Barbades				0.65 m	B			0.65 m	B					2	C	-69.817	13.1	à partir de 14 h 20 min	
CADIX	Portugal	5							1.05 m	C	110 m	C			5	B	-6.3569	36.5355	entre 11 h 10 min et 13 h 50 min	
CEUTA	Espagne														3	C	-6.3158	35.8958		
CORK	Irlande														3	B	-8.4822	51.9088		
CUL DE SAC DE LA TRINITE (LA TRINITE)	Martinique	3					125 m	B	1.3 m	B	60 m	B			3	B	-60.96187	14.73603	à partir de 16 h	
CUL DE SAC DU FRANCOIS (LE FRANCOIS)	Martinique	4							1 m	C					3	C	-60.99809	14.62098	à partir de 16 h	
STIER DE PETIT CANAL	Guadeloupe	2	3.3 m	B											3	C	-61.49409	16.27087	vers 12 h	
PUNCHAL (MADEIRA)	Portugal	5							200 m	C	4.5 m	B	4	B	4	B	-16.9105	32.8454	vers 11 h 20 min	
GIBRALTAR	Grande-Bretagne												1.8 m	B	4	B	-6.3592	36.1268		
HAYLE	Grande-Bretagne														2	B	-6.4236	50.1872		

1 2 3 > <

Source : BRGM / tsunamis.fr

Source : BRGM / tsunamis.fr

La structure de la base de données

Trois catégories d'information ont été insérées dans la base de données (www.tsunamis.fr) pour répondre aux exigences de l'analyse, évitant ainsi de fausses associations : vrai tsunami (origine démontrée), tsunami incertain (preuves documentaires insuffisantes) et faux tsunami (phénomène relevant d'un facteur à caractère météorologique). La consultation des événements y est rassemblée sous deux catégories : catalogue des vrais tsunamis et catalogue des faux tsunamis (incertains compris). Le classement des événements est organisé par ordre chronologique et/ou par bassins (mers et océans).

Divers champs descripteurs fournissent ensuite, pour chaque tsunami : son identité (date, situation géographique, cause, intensité), la liste des localités côtières affectées, accompagnées des caractéristiques de l'onde tsunamigène en lieu et place de ces dernières (figure 2). À ce stade, comme pour la base de données sur les séismes historiques en France (www.sisfrance.net, BRGM/EDF/IRSN), l'interprétation des paramètres physiques est codifiée avec des indices de fiabilité destinés à traduire au plus près l'état du savoir. Pour chaque événement vrai figure l'ensemble des références documentaires associées, certaines étant consultables au format numérique.

Enfin, une carte interactive (figure 3), interrogeable et à échelle variable, complète la visibilité de chaque tsunami pour lequel les intensités sont attribuées à partir de l'échelle Sieberg-Ambraseys en six degrés d'intensité croissante : 1 = très légère ; 2 = légère ; 3 = assez forte ; 4 = forte ; 5 = très forte ; 6 = désastreuse.

Contenu actuel de la base de données

Dans sa dernière version (décembre 2011), le catalogue des tsunamis recense 80 événements (« vrais tsunamis ») ayant affecté les côtes françaises (métropole et outre-mer). Les causes de déclenchement du phénomène se répartissent de la manière suivante : sismique (35), gravitaire (5), volcanique (7), inconnue (33). Le catalogue recense 388 lieux d'observations associés à 335 références bibliographiques dont 364 pages d'archives numérisées. Parmi les événements recensés

Fig. 3 : Aperçu général des effets du tsunami transocéanique lié au séisme dit « de Lisbonne », du 1^{er} novembre 1755.

Fig. 3: An overview of the effects of the transoceanic tsunami generated by the so-called "Lisbon" earthquake on November 1, 1755.

© BRGM, www.tsunamis.fr

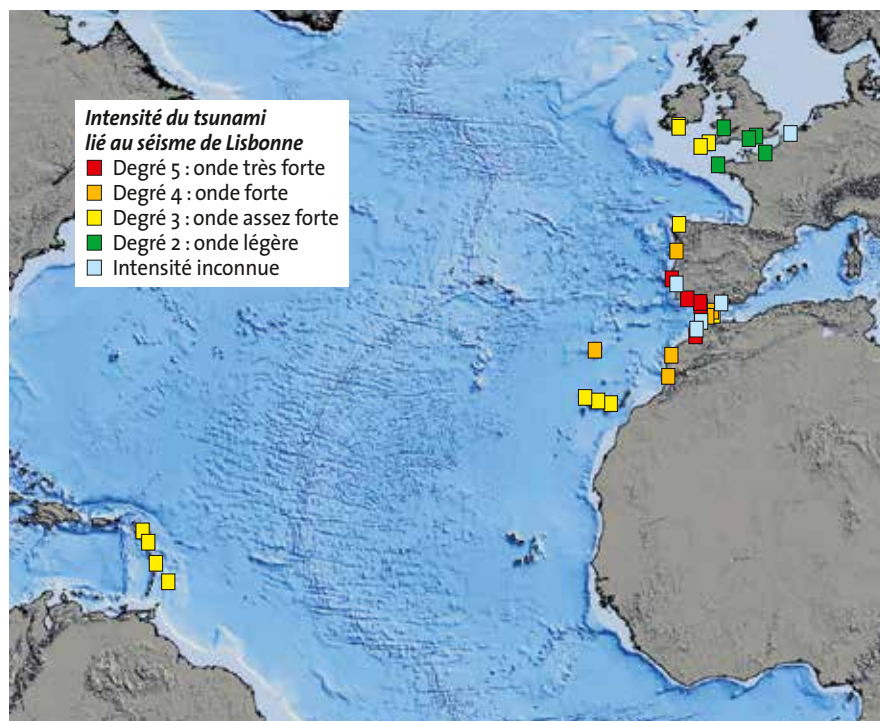




Fig. 4 : Tsunami du 5 mai 1902 à Saint-Pierre de la Martinique consécutif à l'arrivée brutale en mer d'une coulée de lave boueuse (lahar) issue de l'éruption volcanique de la Montagne Pelée.

Fig. 4: The May 5, 1902, tsunami in Saint-Pierre de la Martinique resulting from the sudden discharge into the sea of a mudflow (lahar) from the volcanic eruption of the Montagne Pelée.

Source : in Jean Hess, La Catastrophe de la Martinique. Notes d'un reporter, Paris, 1902.

ayant touché les côtes de France, 29 concernent la façade méditerranéenne, 13 les Caraïbes, 13 la Manche-mer du Nord, 14 l'océan Pacifique, 5 l'océan Indien et 6 l'océan Atlantique. Sur les 35 tsunamis d'origine sismique, 23 sont identifiés à l'Outre-mer français (figure 4), les tsunamis d'origine inconnue concernant majoritairement les côtes métropolitaines (Manche, Méditerranée).

Tel qu'il se présente, ce catalogue constitue d'ores et déjà un outil de sensibilisation au risque de tsunamis en France avec, par exemple, la découverte de plusieurs événements historiques dans certains secteurs côtiers jusqu'alors non identifiés (tels que le littoral de Marseille ou de Perpignan). En outre, il constitue une référence pour la validation des simulations numériques d'événements historiques nécessaires aux études d'évaluation de l'aléa aux tsunamis. Le catalogue des « faux tsunamis » rassemble des documents et interprétations qui seront utiles pour la création d'une future base d'événements météorologiques exceptionnels en France.

Simulation et évaluation du risque de tsunamis

Avec le catalogue des tsunamis historiques, la simulation d'événements tsunamigènes historiques ou fictifs constitue un préalable indispensable à

“ La simulation d'événements tsunamigènes constitue un préalable indispensable à l'évaluation de l'aléa et du risque tsunamis. ”

l'évaluation de l'aléa et du risque tsunamis (figure 5). Les simulations sont réalisées à l'aide de modèles numériques. L'interprétation des résultats vise à disposer d'éléments généraux sur le niveau d'exposition potentielle des côtes. Appréhender l'incidence et la forme sous laquelle les tsunamis peuvent se présenter, tel est l'objectif des études de simulation.

La démarche d'évaluation du risque aux tsunamis

L'évaluation de l'exposition des côtes aux phénomènes tsunamis est réalisée dans un premier temps pour des échelles cartographiques régionales (de l'ordre du 1/250 000) et suivant les étapes listées ci-après :

- Identification et caractérisation des sources tsunamigènes proches et lointaines, susceptibles d'avoir un impact sur les côtes étudiées. Les sources peuvent être d'origine sismique, gravitaire ou volcanique.

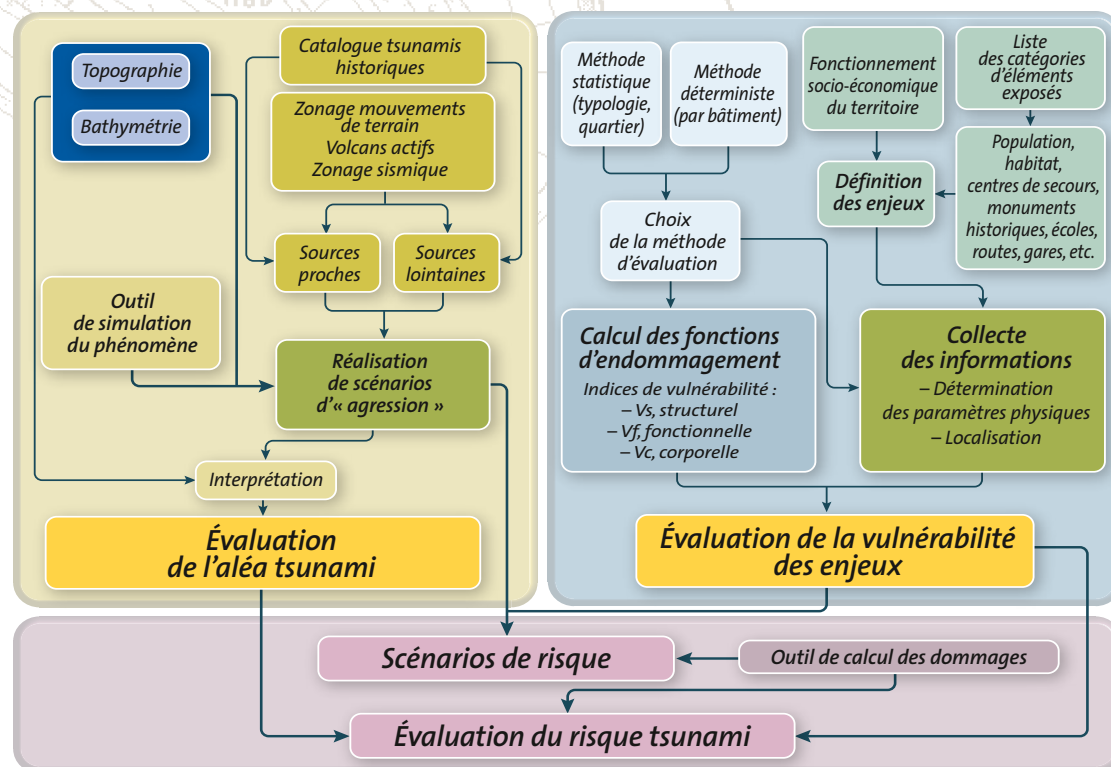


Fig. 5 - Principe d'évaluation du risque aux tsunamis.

D'après Terrier et al., 2007.

Fig. 5: The principle of tsunami risk assessment.

From Terrier et al., 2007.

- Réalisation d'une grille bathymétrique. À ce stade d'étude, la taille de maille reste supérieure au décimètre. Pour optimiser les temps de calcul, on utilise généralement des grilles de taille emboîtées, avec une précision croissante à l'approche des côtes étudiées.
- Choix des événements historiques de référence (vérification et calages des modèles) ou fictifs plausibles (choisis selon leur caractère *a priori* majorant par rapport aux côtes étudiées).
- Simulation numérique du tsunami avec le code GEOWAVE [Watts et al. (2003)]. Réalisation de cartes de hauteur maximale du plan d'eau (figure 6) et temps d'arrivée du train d'ondes à la côte.
- Interprétation cartographique de l'exposition régionale de la côte aux phénomènes tsunamis.

Ces analyses ont été réalisées pour les côtes méditerranéennes françaises, et celles de la Martinique, de la Guadeloupe, de la Guyane et de la Polynésie française.

À cette échelle de travail, les documents délivrés constituent un outil pour l'information et la sensibilisation des populations au risque de tsunamis, et une aide à la décision pour identifier et fixer des priorités pour des évaluations d'aléa à plus grande échelle (1/10 000 à 1/25 000).

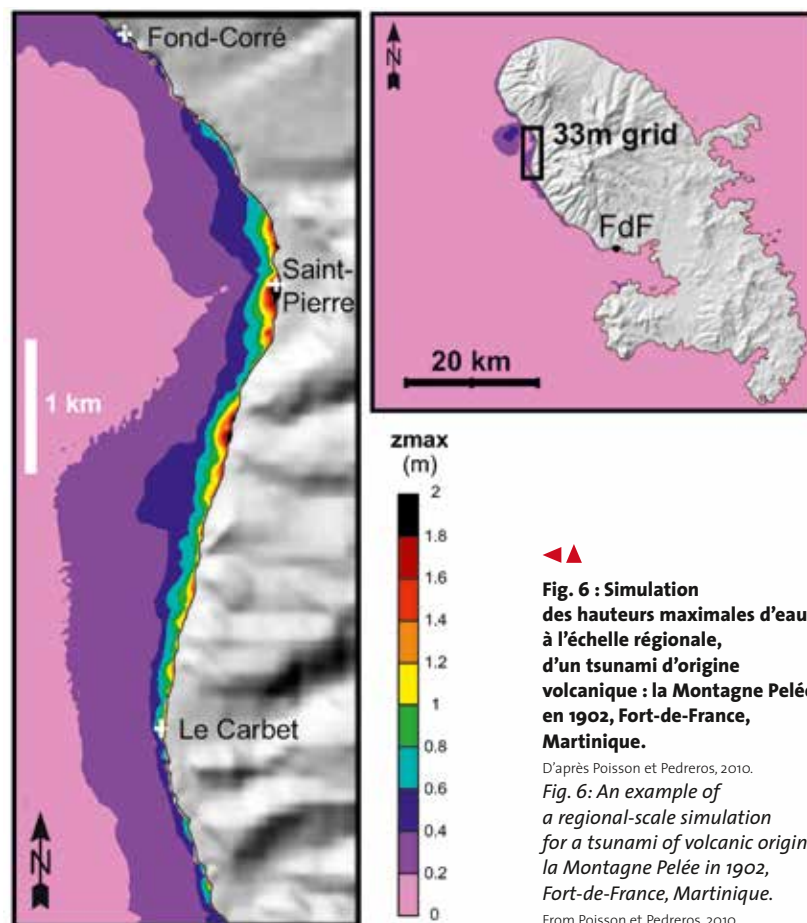


Fig. 6 : Simulation des hauteurs maximales d'eau, à l'échelle régionale, d'un tsunami d'origine volcanique : la Montagne Pelée en 1902, Fort-de-France, Martinique.

D'après Poisson et Pedreros, 2010.

Fig. 6: An example of a regional-scale simulation for a tsunami of volcanic origin: la Montagne Pelée in 1902, Fort-de-France, Martinique.

From Poisson et Pedreros, 2010.

► L'ALÉA ET L'ALERTE TSUNAMI EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

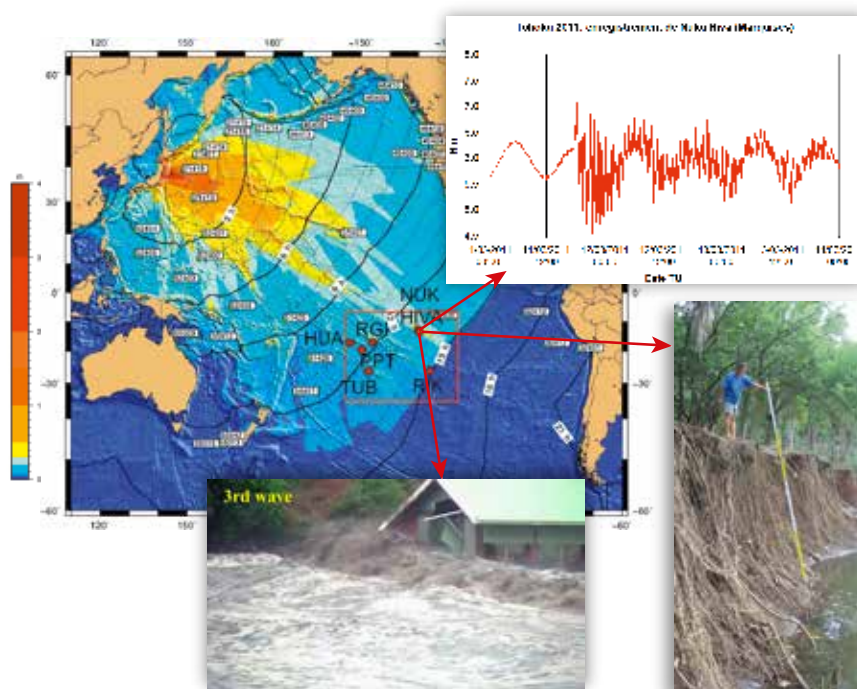
Dominique Reymond, Olivier Hyvernaud, Anthony Jamelot – Laboratoire de Géophysique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Tahiti, Polynésie française – reymond.d@labogeo.pf, hyvernaud@labogeo.pf, jamelot@labogeo.pf
François Schindelé, Hélène Hébert – CEA/DIF – francois.schindele@cea.fr, helene.hebert@cea.fr

La Polynésie française est le premier territoire français à avoir été équipé d'un système de surveillance et d'alerte au tsunami. Ce territoire, composé de 118 îles, s'étale au centre du Pacifique Sud sur une superficie comparable à celle de l'Europe. Du fait de cette position centrale, la Polynésie se retrouve fréquemment impactée par les tsunamis générés par les grands séismes des zones de subduction du pourtour du Pacifique. Toutefois, la distance qui la sépare des sources tsunamigènes la préserve du danger immédiat et toujours plus grave d'un tsunami en champ proche (les temps de propagation des tsunamis sont compris entre 3 h pour la région des Tonga, et 12 h pour la zone Japon-Kuriles pour l'île de Tahiti—figure 1). Les séismes du Chili de février 2010 et du Japon de mars 2011 ont par exemple eu des effets destructeurs dans la région de l'épicentre, suivis quelques minutes après par un tsunami bien plus dévastateur.

Bien que la distance procure un délai appréciable pour organiser les alertes tsunamis, elle n'écarte pas tout danger. C'est pourquoi le CPPT (Centre polynésien de prévention des tsunamis) a été créé par le CEA à Tahiti après le fort séisme du Chili du 22 mai 1960. Le CPPT, qui dispose de son propre système d'alerte sismique, a un rôle de déclencheur et de conseiller pour l'alerte tsunami qui se déroule sous la responsabilité du Haut-commissariat de la République en Polynésie française.

Le centre collabore notamment avec l'ICG/PTWS (*Intergovernmental Coordination Group/Pacific Tsunami Warning System*), qui fédère les centres d'alerte tsunami du Pacifique dans le but d'améliorer le système international d'alerte, et dont les 2 centres d'alerte internationaux sont le *Pacific Tsunami Warning Center* (Hawaii) et la *Japan Meteorological Agency* (Japon).

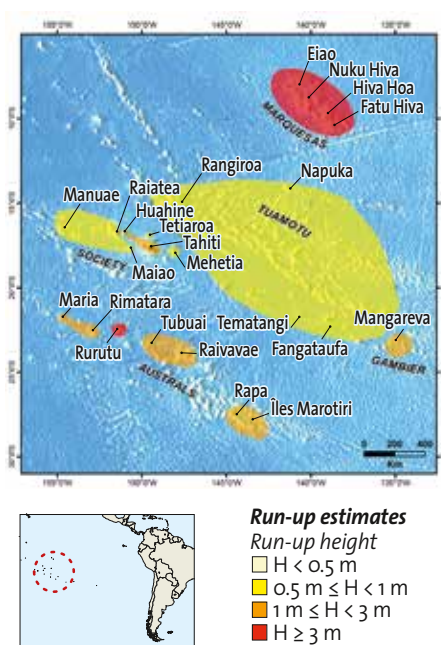
Les tsunamis du Chili de février 2010 et du Japon de mars 2011 ont été les plus forts tsunamis observés depuis 1960 en Polynésie, notamment aux îles Marquises où les *run-up* mesurés ont atteint 4 à 5 m avec des dégâts mineurs (figure 1); à l'inverse, ces tsunamis sont restés inaperçus aux Tuamotu. En effet, le risque lié aux tsunamis n'est pas le même pour les différents archipels de Polynésie; il dépend essentiellement de la configuration côtière, et notamment de la présence ou non d'une barrière récifale protectrice, de la raideur des pentes sous-marines, et de l'ouverture des baies sur le large. Les résultats des études de l'aléa tsunami sur l'ensemble de la Polynésie française (étude État-Territoire-BRGM, 2005) montrent que l'archipel des Marquises est la zone où le risque est maximum et que le risque est le plus faible aux Tuamotu (figures 1 et 2). ■



▲ Fig. 1 : Hauteurs maximales du tsunami modélisées en océan profond avec les temps de propagation pour le tsunami de Tohoku 2011. Le rectangle rouge encadre la Polynésie française. Les points rouges désignent les stations marégraphiques installées en Polynésie. L'encart en haut à droite est l'enregistrement du tsunami par le marégraphe de Nuku Hiva. Les photographies montrent l'arrivée de la troisième vague détruisant un hangar à Nuku Hiva (Marquises), et l'effet d'érosion importante du lit d'une rivière suite au tsunami sur le même site.

Fig. 1: Tohoku 2011. Numerical modeling of tsunami travel time and maximum height offshore and tsunami record at Nuku Hiva (Marquesas Island) tide gage. Pictures show the arrival of the third wave at Nuku Hiva destroying a hangar, and the erosion impact in a river bed at the same site. The red points represent the tide stations installed in French Polynesia with their code name.

© CEA/LDG, Photo A. Vohi®



▲ Fig. 2 : Représentation de la carte d'aléa tsunami en Polynésie française élaborée à partir d'observations de tsunamis historiques et de modélisations numériques (étude de l'aléa tsunami en Polynésie, contrat État-Territoire-BRGM, 2005).

Fig. 2: French Polynesia tsunami hazard map based on historical tsunamis records and numerical modeling (Tsunami hazard study in French Polynesia, État-Territoire-BRGM contract, 2005). © BRGM/CEA



Une analyse du risque à une échelle plus détaillée (1/25 000 à 1/10 000) peut être réalisée ensuite. Pour cela, il est nécessaire d'intégrer des modèles bathymétriques ou topographiques plus fins (taille de maille inférieure à 5 mètres). Entre 2009 et 2010, le projet de recherche RATCOM (Réseau d'Alerte aux Tsunamis et COtier en Méditerranée) a permis de fixer les principes d'évaluation des conséquences liées à des tsunamis d'intensité faible à moyenne [Terrier *et al.* (2012)]. La méthode développée est complémentaire de celles déjà élaborées pour des tsunamis de plus forte intensité. Elle permet une estimation quantitative des dommages aux personnes et aux biens pour différents niveaux d'agression (scénario de tsunami). Les applications de cette méthode démontrent que, en quelques décennies seulement, le risque s'est accru de façon considérable, et cela même pour des tsunamis de faible à moyenne intensité (hauteur d'eau inférieure à 1 mètre). Ceci est dû principalement à l'augmentation exponentielle de l'urbanisation du littoral et de la pression touristique.

“ En quelques décennies, le risque de tsunami s'est accru de façon considérable en raison de l'augmentation exponentielle de l'urbanisation du littoral. ”

L'exemple du glissement sous-marin au large de Nice

À titre d'exemple, le 16 octobre 1979, un glissement sous-marin de 10 millions de m³ de sédiments occasionna la destruction partielle du complexe aéroportuaire de Nice. Moins de huit minutes après le glissement, trois vagues déferlèrent sur la côte entre Antibes et Beaulieu. Pareil tsunami a été reproduit par simulation [Le Roy *et al.* (2012)] en tenant compte des infrastructures actuelles. Les calculs réalisés grâce au couplage des codes GEOWAVE et SURF-WB [Marche *et al.* (2007)] indiquent que l'arrivée de la première vague sur la côte semble causer la majeure partie de l'inondation, la hauteur maximale de cette dernière atteignant en moyenne 1 à 2,5 mètres,

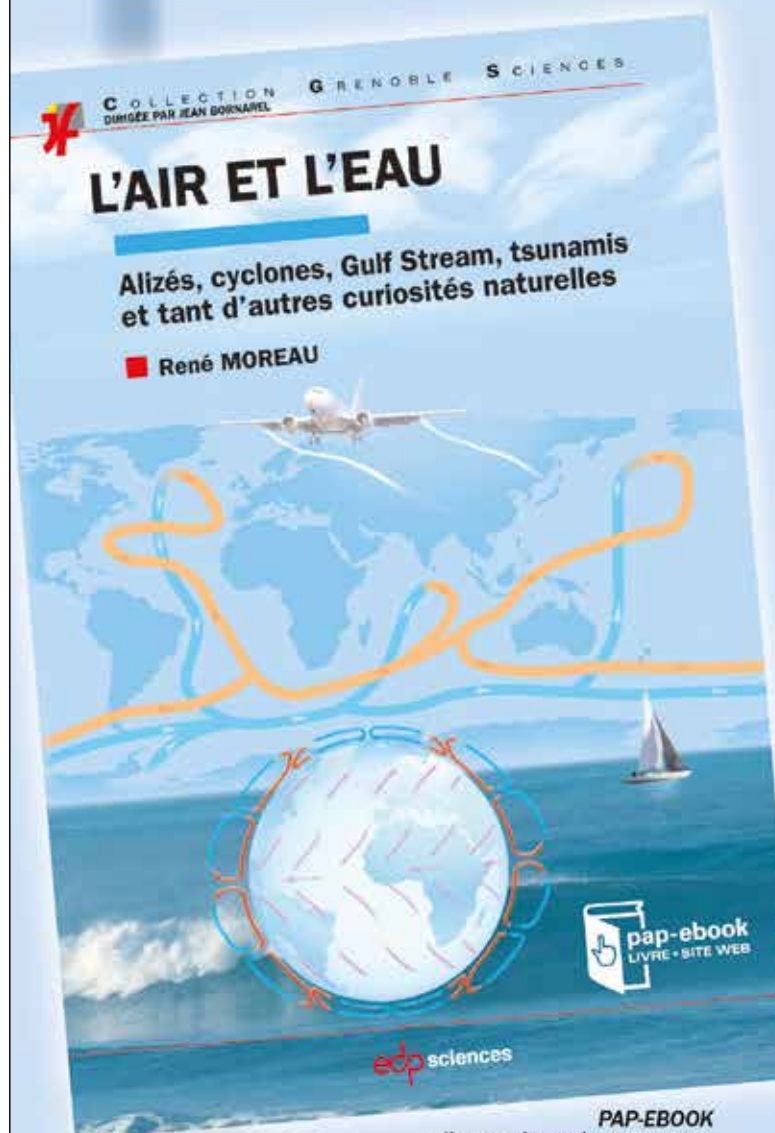
Publicité

GRENOBLE SCIENCES

NOUVEAUTÉ

L'AIR ET L'EAU de René Moreau

Cet ouvrage en couleur propose une promenade sur Terre pour connaître et comprendre les phénomènes observables dans l'air et dans l'eau.



PAP-EBOOK
= livre + site web compagnon
en libre accès

LE LABEL DE GRENOBLE SCIENCES

est attribué à des ouvrages originaux sur des critères de clarté des objectifs et de qualités pédagogique et scientifique. Depuis quelques années, la collection de Grenoble Sciences s'est enrichie de titres labellisés en Sciences de la Terre, tels que ■ **Les Roches, mémoire du temps** de Georges Mascle et ■ **Hydrothermalisme** de M. Chenevoy et M. Piboule.

POUR COMMANDER

Ces ouvrages sont en vente dans le rayon Sciences des librairies ou sur internet : <http://www.grenoble-sciences.com>
<http://www.edition-sciences.com>

Grenoble Sciences, Université Joseph Fourier,
Bât. B de Physique, 230 rue de la Physique
BP 53, 38041 Grenoble cedex 9
Tél. (33)4 76 51 46 95
Email : Grenoble.Sciences@ujf-grenoble.fr
<http://www.grenoble-sciences.com>



Rhône-Alpes

Fig. 7 : Antibes, quartier de la Salis, France.
Image extraite de la simulation 3D
du tsunami de Nice de 1979.

D'après Leroy et al., 2012.

Fig.7: Antibes, La Salis, France.
Image excerpted from the 3D simulation
of the 1979 Nice tsunami.

From Leroy et al., 2012.



voire 4 à 5 mètres très localement (*figure 7*). La profondeur maximale d'inondation (distance inondée depuis la côte) atteint 150 à 200 mètres et les vitesses maximales du flux et du reflux indiquent des valeurs supérieures à 3 m/s à proximité du rivage.

Le calcul de dommages a ensuite été évalué selon les principes de la vulnérabilité développés dans RATCOM et grâce à l'outil de simulation de scénario de risque BRICE@brgm. Le scénario a tenu compte de la répartition et de la typologie actuelle du bâti, de la densité de population, hors saison et en saison touristique. D'après les calculs [Monfort et al. (2012)], près de 70 bâtiments seraient touchés par les flots, dont une quarantaine avec un niveau d'exposition élevé entraînant une incapacité de fuite de la population située à l'intérieur des habitations du fait de la vitesse ou de la hauteur de l'eau (*figure 8*). À propos de l'estimation des préjudices humains pour les personnes

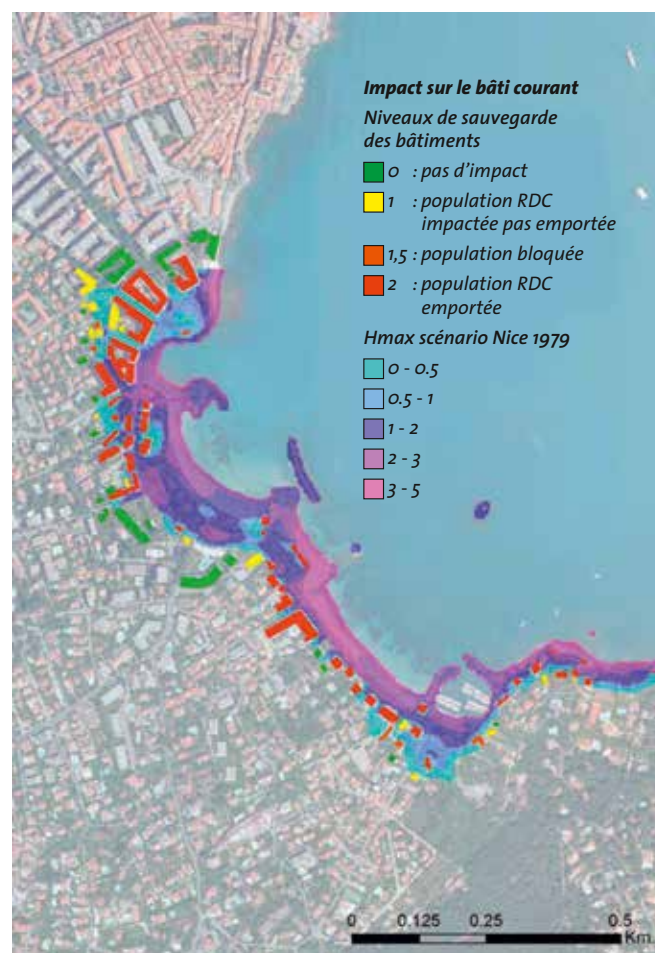


Fig. 8 : Simulation du tsunami de Nice (1979)
sur la commune d'Antibes : carte de la hauteur maximale du plan d'eau (en m),
et calcul des niveaux d'exposition des bâtiments.

D'après Monfort et al., 2012.

Fig. 8: Simulation of the Nice tsunami (1979), Antibes township;
map of the maximum run-up in meters and calculation
of the exposure levels for of the buildings.

From Monfort et al., 2012.



Evaluating tsunami risk along French coasts

The deadly December 24, 2004 tsunami, which devastated Indonesia but also many other coastal areas all around the Indian Ocean, acted as a wake-up call concerning the level of danger, basin-wide, potentially associated with this type of phenomenon. In the wake of this catastrophic event, tsunami risk has become a source of major concern for densely populated coastal zones, even in regions seemingly less liable to such events, and studies devoted to this hazard have accordingly multiplied.

In this framework, BRGM has, for the past five years, been engaging in an effort of research and analysis of historical documents dealing with tsunamis that may have affected French shores (mainland France and overseas departments and territories). This information is structured in a national, web-accessible database www.tsunamis.fr. Concurrently, simulations of plausible major events triggered by earthquake, volcanic or gravity-related phenomena are being conducted. These provide an indication of tsunami exposure level on a regional scale. For zones believed to be at greatest risk and where the stakes are important, more detailed simulations allow the inundated zone, the height of run-up, and the speed of flow to be mapped. Additionally, possible losses and damage are assessed. Applications to several sites show that, in the space of just a few decades, the level of risk has sharply increased, even for tsunamis of weak to intermediate intensity (heights under 1 m). This mainly results from the exponential intensification of urban development and of tourist pressures. Moreover, in the framework of tsunami risk prevention, the French government is also backing the installation of a tsunami-alert system along its coast.

situées en extérieur, celle-ci atteindrait : 2 000 et 4 000 personnes le 15 août, en milieu d'après-midi ; 60 à 80 personnes, le 15 janvier, en milieu d'après-midi. L'analyse en retour des tsunamis d'Indonésie (2004) ou du Japon (2010) donne un taux moyen de 10 % de personnes gravement blessées ou décédées sur le nombre des personnes impactées par les flots.

Les calculs réalisés sur le sud de la France montrent que, suivant le scénario de tsunami choisi, le nombre de victimes potentielles est suffisamment élevé pour nécessiter la mise en place dès aujourd'hui de mesures préparatoires visant à faire face à l'éventualité d'un tel événement [Terrier *et al.* (2012)]. Même s'ils ne produiront pas de destructions de bâtiments comparables aux événements d'Indonésie ou du Japon, des phénomènes de faible intensité peuvent cependant provoquer de graves préjudices.

C'est dans ce contexte qu'un Centre d'alerte aux tsunamis (CENALT), placé sous la responsabilité du CEA, a été mis en place avec pour charge la surveillance des forts séismes et des tsunamis de la Méditerranée occidentale et de l'Atlantique nord-est. Concernant le territoire français, la Direction générale de la Sécurité civile (DGSC) du ministère de l'Intérieur a été chargée de la coordination du projet ALDES (pour ALerte DEScendante) relatif à la partie descendante du système d'alerte aux tsunamis.

Conclusion

Dans le cadre de la prévention du risque de tsunamis, le BRGM a développé plusieurs actions complémentaires : 1) par les échelles de travail concernées (de régionale à locale), 2) par les thématiques abordées (phénomène, aléa, vulnérabilité, estimation des pertes potentielles, risque). Les résultats obtenus à ce jour constituent des outils de sensibilisation de la population au risque tsunamis, des documents pour la prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire, mais aussi des informations utiles à l'organisation des secours en cas d'alerte.

La connaissance des événements passés reste indispensable à une évaluation de l'aléa tsunamis sur les côtes françaises : sensibilisation de la population, localisation des côtes exposées par le passé, calage des modèles numériques, information sur la probabilité de survenance d'un tsunami d'intensité donnée pour un secteur côtier donné. Malgré les incertitudes, la simulation numérique des tsunamis permet de donner un ordre de grandeur de l'événement attendu, permettant de discriminer sans trop d'erreurs un tsunami dévastateur d'une perturbation inoffensive. La mise à disposition de données topographiques et bathymétriques fines dans la zone proche du littoral et la prise en compte des infrastructures côtières restent indispensables pour une évaluation à l'échelle locale du risque. Par ailleurs, l'évaluation des dommages aux tsunamis ne retient aujourd'hui que la hauteur d'inondation et la vitesse du flot. Cette évaluation devrait pouvoir tenir compte aussi d'autres paramètres tels que le nombre de vagues de submersion, leur orientation, la durée de l'inondation, les charges solides transportées... C'est ce vers quoi tendent certains travaux de recherche engagés aujourd'hui. ■