



Base de données sur les tsunamis historiques et contemporains en France et simulation de tsunamis majeurs plausibles pour le littoral méditerranéen français

Monique Terrier, Jérôme Lambert, Rodrigo Pedreros

► To cite this version:

Monique Terrier, Jérôme Lambert, Rodrigo Pedreros. Base de données sur les tsunamis historiques et contemporains en France et simulation de tsunamis majeurs plausibles pour le littoral méditerranéen français. Archéosismicité et Tsunamis en Méditerranée IXes Rencontres du Groupe APS, 6-8 décembre 2010, Cagnes-sur-mer, Groupe APS, pp.23-36, 2012. hal-00772121

HAL Id: hal-00772121

<https://brgm.hal.science/hal-00772121>

Submitted on 10 Jan 2013

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.



Groupe APS

Association pour l'identification et l'étude des pathologies d'origine sismique dans le bâti ancien

ARCHÉOSISMICITÉ &

Tsunamis en Méditerranée

Approches croisées

Ouvrage collectif coordonné par
Isabelle RÉBÉ-MARICHAL, André LAURENTI
Isabelle BOEHM et Jean-Philippe GOIRAN



Groupe APS

Centre archéologique Rémy Marichal,
Oppidum de Ruscino, Château Roussillon, F-66000 Perpignan
Tél. : 00 33 [0]4 68 67 47 17
Courriel : groupeaps@free.fr

UMR 5133 - Archéorient et UMR 5189 - HiSoMA
Maison de l'Orient et de la Méditerranée - Jean Pouilloux
7 rue Raulin, F-69365 Lyon Cedex 7

Copyright 2012 Groupe APS

ISBN : 978-2-9515025-5-0

Imprimé en France
Dépôt légal : décembre 2012

ARCHÉOSISMICITÉ

&

Tsunamis en Méditerranée

Approches croisées

Archéosismicité et Tsunamis en Méditerranée

Actes des IX^e Rencontres du Groupe APS, 6-8 décembre 2010, Cagnes-sur-mer

2. Base de données sur les tsunamis historiques et contemporains en France et simulation de tsunamis majeurs plausibles pour le littoral méditerranéen français

Monique TERRIER, Jérôme LAMBERT, Rodrigo PEDREROS*

Résumé

Dans le cadre d'une évaluation des côtes françaises à l'aléa et au risque tsunamis, une étude préalable a été conduite. Elle concerne :

- 1) la réalisation d'une base de données sur les événements historiques ou contemporains ;
- 2) la simulation de scénarios de tsunamis considérés a priori parmi les plus pénalisants pour le littoral français.

La recherche et l'analyse par le BRGM d'un grand nombre de documents historiques ont permis de découvrir des tsunamis jusqu'ici inconnus ayant touché les côtes françaises durant ces derniers siècles ou, au contraire, d'infirmer la nature tsunamigène de plusieurs événements référencés dans des catalogues récemment publiés. Ces informations ont été structurées en une base de données, puis un site internet, www.tsunamis.fr. À partir de l'analyse des sources tsunamigènes potentielles, plusieurs événements majeurs, fictifs ou historiques, ont été retenus. Puis, pour chaque événement de scénario, la simulation (génération et propagation) du tsunami jusqu'à la côte a été entreprise. Les résultats acquis montrent que le littoral méditerranéen n'est pas à l'abri des tsunamis, d'intensité néanmoins modérée.

1. CONTEXTE

La connaissance du risque, c'est d'abord l'évaluation de l'aléa aux tsunamis (zone exposée, intensité du phénomène/probabilité d'occurrence) (figure 1). Pour cela, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des événements passés. De plus, à l'aide de modèle théorique, on réalise des simulations numériques d'événements dont l'interprétation doit permettre de localiser les zones les plus exposées et le niveau d'intensité correspondant. La validation des simulations numériques doit passer par la modélisation d'événements passés ; pour cela on s'appuiera sur des informations sur les tsunamis historiques les plus fiables possibles.

C'est dans ce cadre que, à la fin des années 2005, l'État français a confié au BRGM :

- 1) la réalisation d'une base de données sur les tsunamis historiques, à partir de la recherche et de l'analyse d'archives historiques ou contemporaines décrivant des événements tsunamis ayant pu affecter les côtes françaises (métropole, île de la Réunion, Antilles, Nouvelle-Calédonie) ;
- 2) l'analyse préliminaire de l'aléa tsunami sur les côtes françaises méditerranéennes et antillaises, basée sur la simulation de scénarios majeurs historiques ou fictifs plausibles, la base de données et les résultats des simulations devant par ailleurs constituer des éléments d'information et de communication auprès des services de l'État et de la population.

* BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, FRANCE.

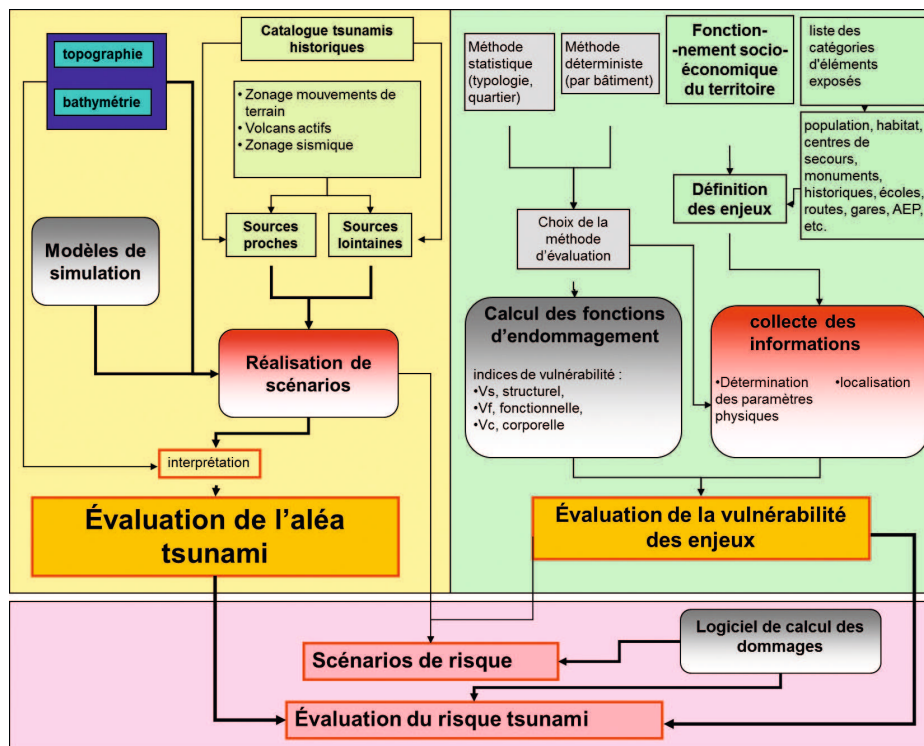


Figure 1 - Principe pour l'évaluation de l'aléa et du risque aux tsunamis (Terrier et al. 2007).

2. LA BASE DE DONNÉES SUR LES TSUNAMIS EN FRANCE

2.1 Recherche d'archives, analyse, interprétation, catalogage

Le travail de recherche des témoignages et caractérisation des tsunamis observés sur le territoire français au cours des temps, non seulement en métropole mais aussi à l'outre-mer (Antilles, Réunion, Nouvelle-Calédonie) concerne (Lambert 2008, 2009) :

- la recherche de sources documentaires imprimées ou manuscrites les plus contemporaines des événements historiques, et cela, quelle que soit la langue ;
- l'analyse et l'interprétation de leurs caractéristiques physiques (lorsqu'elles sont décrites) et le calibrage de ces phénomènes sur l'échelle internationale Ambraseys-Sieberg (6 degrés d'intensité croissante) ;
- la confrontation de ces témoignages d'époque avec certaines sources actuelles (autres catalogues internationaux, publications scientifiques, modélisations).

Il s'agit de travaux de recherche et d'analyse documentaires complexes, qui requièrent un sens critique développé. Vue l'étendue de la côte française et les caractéristiques mêmes de ce type de phénomène (un même événement peut affecter tout un bassin océanique), les archives françaises consultées doivent être complétées par la recherche de nombreuses archives étrangères. En outre, cette analyse demande en particulier de différencier les événements météorologiques à l'origine de houles cycloniques et/ou de marées de tempêtes, des événements sismiques ou gravitaires responsables des tsunamis. Chose qui n'est pas toujours clairement distinguée non seulement dans les témoignages historiques, mais aussi dans certains inventaires actuels sur les tsunamis. À la difficulté de cette analyse, s'ajoute le fait que le terme de « *tsunami* » n'apparaît dans la littérature européenne qu'au milieu du ^{xx}e siècle. Jusqu'alors, le phénomène était décrit sous le terme de « *raz-de-marée* », englobant aussi les phénomènes météorologiques (tempête, cyclone, ouragan, etc.). Ainsi, pour les événements historiques, notamment antérieurs au ^{xx}e siècle (hormis catastrophes majeures, ex. éruption du Krakatoa du 23 août 1887), le tsunami est un phénomène marin qui, dans la littérature, bénéficie d'un impact descriptif bien plus modeste que les effets propres d'un séisme. Cela est d'autant plus vrai lorsque le point initial de déclenchement du phénomène se situe éloigné des côtes françaises, par exemple en Méditerranée à l'occasion de séismes initiés sur la côte d'Afrique du Nord. S'ajoute alors une difficulté supplémentaire celle de retrouver des relations écrites entre l'occurrence d'un séisme et la génération d'un tsunami.

Les fondements méthodologiques pour l'analyse des archives ont été les suivants :

- rechercher et acquérir les sources documentaires originales, manuscrites ou imprimées les plus contemporaines de l'événement : les « *primary sources* » ;
- couvrir un champ d'investigations très large, documentation recherchée en France et à l'étranger, et de nature diverse : livres, articles scientifiques, articles historiques, manuscrits, journaux, récits de voyageurs, chroniques, catalogues de séismes, etc. ;
- en parallèle, recherche de données météorologiques : fortes tempêtes subies sur les côtes de France métropolitaine ou sur ses marges, ouragans et cyclones dans les îles françaises de l'océan Indien, de l'océan Pacifique et de la mer des Caraïbes.

Compiler chronologiquement ce canevas documentaire permet une confrontation immédiate et serrée des données. La cause de l'événement est alors recherchée : séisme, mouvement de terrain, explosion sous-marine, éruption volcanique, météorite, seiche, dépression météorologique, ou toujours inconnue. Les événements sont alors catalogués en deux catégories « vrais tsunamis » et « faux tsunamis ou tsunamis douteux ».

Le catalogue des « Vrais tsunamis » concernent les événements dont la description documentaire ne laisse aucun doute sur la nature tsunamigène du phénomène (mouvements de flux et de reflux des eaux ou mouvement de retrait et d'inondation de la mer dans un espace-temps spécifique, etc.). Le catalogue des « Faux tsunamis » rassemble quant à lui les événements générés le plus souvent par des phénomènes météorologiques (dépression, tempête, cyclone) et désignés sous le nom de « *raz-de-marée* ». Les événements dont la nature tsunamigène est considérée comme « incertaine » sont aussi regroupés dans cette catégorie et cela tant qu'aucune information complémentaire n'aura permis de lever le doute.

2.2 Structuration de la base de données

Les informations recueillies ont été structurées en une base de données accessible aujourd'hui sur le WEB à l'adresse www.tsunamis.fr (figure 2). La page d'accueil du site offre via différents menus l'accès :

- 1) à des informations générales (définitions, droits d'usage, présentation du site, contacts, liens) ;
- 2) aux catalogues des « Vrais tsunamis » et des tsunamis « faux ou douteux » ;
- 3) à la distribution géographique des événements actuellement recensés (sélection par bassins océaniques ;
- 4) à un outil de sélection pour un département ou un territoire donné (figure 3).

Concernant le catalogue des « Vrais tsunamis », toutes les données acquises dans le cadre de cette recherche sont librement accessibles en ligne via des tables, des cartes ou des scans d'archives.

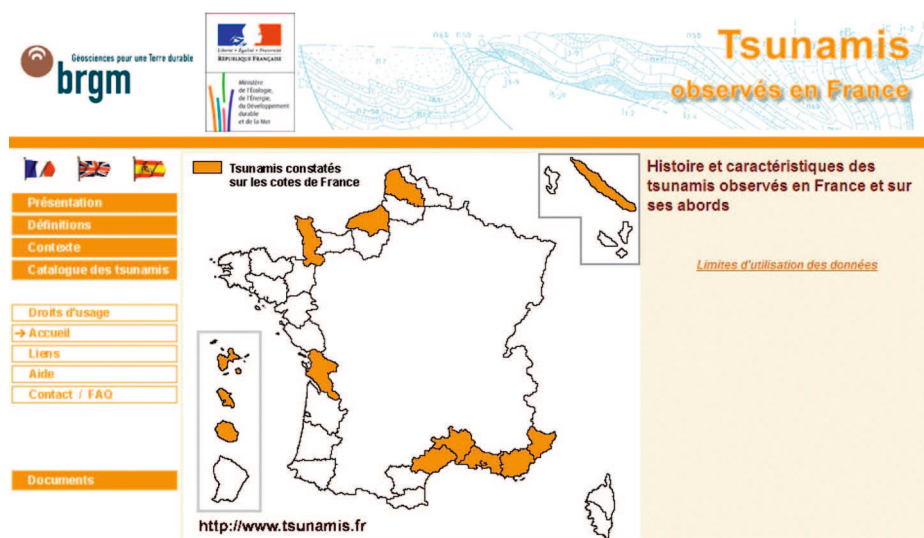


Figure 2 - Extrait du site www.tsunamis.fr (BRGM, millésime 2011) : page d'accueil du site.

Votre sélection: département des Alpes-Maritimes (06)

Cliquez dans la colonne "appellation" pour connaître les caractéristiques du tsunami

1

Date	Heure	Dommages	Appellation	Région	Intensité
21 mai 2003	18 h 44 min	Dommages légers	Séisme de Boumerdes	Algérie	3.0
16 octobre 1979	13 h 45 min	Dommages modérés	Glissement sous-marin (Nice, Baie des Anges)	Côte d'Azur	3.0
23 février 1987	5 h 59 min	Dommages modérés	Séisme de la Riviera (italienne)	Ligurie	3.0
20 juillet 1564		Dommages légers	Glissement sous-marin (baie de Nice)	Côte d'Azur	2.0

Figure 3 - Extrait du site www.tsunamis.fr (BRGM, millésime 2011) : liste des tsunamis référencés au niveau du département des Alpes-maritimes.

Chaque observation relative au catalogue de « vrais tsunamis » est décrite par une suite de paramètres caractérisant l'onde tsunamigène dans la localité où le tsunami a été observé (figure 4) :

- Nombre et hauteur maximale de vagues (en mètres) ;
- Hauteur maximale et distance de retrait (en mètres) ;
- Hauteur maximale et distance d'inondation (en mètres) ;
- Run-up (mesuré en mètres) ;
- Intensité de l'onde, d'après l'échelle Sieberg-Ambraseys (Ambraseys 1962) ;
- Longitude et latitude du point d'observation du tsunami (coordonnées WGS 84) ;
- Date : ce champ est rempli si la date d'arrivée du tsunami dans un lieu est différente de la date d'occurrence de l'événement (cas des tsunamis transocéaniques) ;
- Heure : heure d'arrivée du tsunami dans une localité (heure locale).

La qualité des observations sur les paramètres physiques du tsunami est appréciée sous la forme d'indice de fiabilité (figure 4, Fiab.), avec :

- a) donnée très sûre (code A), estimée d'après plusieurs indications tirées de témoignages de personnes ayant vécu et « mesuré » l'événement ;
- b) donnée assez sûre (code B), estimée d'après le témoignage d'un contemporain, avec recoupement de sources plus tardives ;
- c) donnée incertaine (code C), ou à vérifier, fournie par des sources de seconde main ne permettant pas une confrontation avec des témoignages contemporains.

En fonction des informations disponibles, les colonnes sont ou non renseignées.

Identité : 60003
 Date du tsunami : 23 février 1887
 Appellation : Séisme de la Riviera Italienne – Ligurie
 Région de l'événement : Mer Méditerranée

1

Localité	Dept Pays	Vague			Retrait				Inondation				Runup		Intensité de l'onde		Longitude deg.dec	Latitude deg.dec	Date	Heure
		Nb	Haut.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Dist.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Prof.	Fiab.	Haut.	Fiab.	Int.	Fiab.				
ALASSIO	Italie	3			1 m	C	30 m	C	1 m	C					3	C	8.172104	43.999742		
ANDORA	Italie				1 m	C			1 m	C					3	C	8.188059	43.9555		
ANTIBES	Alpes- Maritimes				1,5 m	C			1 m	C					3	C	7.129091	43.582096		
CANNES	Alpes- Maritimes				1 m	C			1 m	C					2	B	7.009374	43.547895		
DIANO MARINA	Italie				1 m	B			1 m	B					3	C	8.078682	43.99782		
GENOVA	Italie				0,2 m	C	25 m	C							2	B	8.947204	44.396178		
MARSEILLE	Bouches- du-Rhône														0	A	8.354443	43.27928		
MENTON	Alpes- Maritimes				0,85 m	C					2,5 m	C			2	B	7.558372	43.779351		
MONACO	Monaco (principauté)							0,6 m	C						2	C	7.42198	43.73542		
NICE	Alpes- Maritimes	2	0,55 m	B											2	C	7.255015	43.694404		entre 6 h 0 min et 6 h 8 min
ONEGLIA	Italie				1 m	C	4 m	C	1 m	C					3	C	8.050638	43.894233		
PORTO MAURIZIO (MURERA)	Italie				1 m	B			1 m	C					3	C	8.039	43.882		
SAINTE- JEAN-CAP- FERRAT	Alpes- Maritimes						100 m	C							2	C	7.333848	43.692327		
SAN REMO	Italie				1 m	C			1 m	C					3	B	7.777789	43.817567		
SAVOÑA	Italie															A	8.449210	44.282198		

Figure 4 - Extrait du site www.tsunamis.fr (BRGM, millésime 2011) : liste des observations relatives à l'événement du 23 février 1887.

2.3 Les événements référencés

Le catalogue actuel des « Vrais tsunamis » répertorie et décrit une soixantaine d'événements (« Vrais tsunamis ») ayant affecté les côtes du territoire français (métropole et Outre-mer). Ces tsunamis sont associés : à 288 lieux d'observations, 258 références bibliographiques fiables parmi lesquelles, 223 pages d'archives numérisées accessibles en ligne.

À propos des tsunamis observés sur la façade française de la Méditerranée, l'origine de la majorité d'entre eux est méconnue, la cause météorologique ayant été écartée. Quelques tsunamis dus à des glissements sous-marins sont bien identifiés : 1979 à Nice, 1564 à Antibes et Villefranche-sur-Mer, 1887, 1819 et 1831 proches des côtes françaises (San Remo). Plusieurs tsunamis sont référencés sur la côte des environs de Marseille. Parmi eux, celui du 27 mai 1812, d'intensité estimée à 4, est relaté par plusieurs témoins contemporains.

Le catalogue des « Faux tsunamis » livre uniquement la date et la localisation des événements dans le but d'éviter les confusions ou de ne pas donner l'impression d'avoir omis un événement. Ce catalogue référence aujourd'hui 80 événements (Lambert, Terrier 2011).

Des centaines d'ouvrages, d'articles, de manuscrits et de journaux ont déjà été dépouillés. Une attention toute particulière a été portée sur la recherche et l'acquisition des sources documentaires les plus contemporaines des événements. Ce travail minutieux a permis une confrontation et une interprétation critiques sur l'origine et la nature des événements. Plusieurs confusions ont ainsi été dévoilées pour des événements assimilés jusqu'alors à des tsunamis.

Le catalogue et la base de données des tsunamis ayant affecté le territoire français constituent d'ores et déjà un outil de sensibilisation au risque de tsunamis, avec par exemple la découverte d'événements dans certains secteurs côtiers jusqu'alors non identifiés (tels que le littoral de Marseille ou de Perpignan). En outre, ils constituent des éléments de référence pour la validation des simulations numériques d'événements historiques nécessaires aux études d'évaluation de l'aléa aux tsunamis.

3. SIMULATION DE SCÉNARIOS DE TSUNAMIS

Avec le catalogue des tsunamis historiques, la simulation d'événements tsunamigènes, historiques ou fictifs constitue un préalable indispensable à l'évaluation de l'aléa (figure 1). En effet, à partir de scénarios choisis pour leur caractère majorant vis-à-vis des côtes étudiées, les simulations permettent de disposer d'éléments généraux sur le niveau d'exposition potentielle des côtes et d'appréhender l'incidence et la forme sous laquelle les tsunamis peuvent se présenter en atteignant le littoral. C'est dans ce cadre que plusieurs scénarios ont été réalisés. Les caractères des événements tsunamigènes ont été fixés en fonction des éléments d'observation et de connaissances existants. Les principales étapes de l'étude ont consisté en :

- la caractérisation des sources tsunamigènes pour la côte méditerranéenne française ;
- la réalisation de plusieurs grilles bathymétriques à différentes échelles adaptées aux tsunamis en champ proche et lointain ;
- le choix d'événement de référence, leur simulation ;
- la réalisation de cartes de hauteur maximale du plan d'eau et des temps d'arrivée à la côte pour chaque scénario.

3.1 Caractérisation des sources tsunamigènes

3.1.1 Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale

Hormis dans le cas d'une éruption volcanique de très grande ampleur ou de l'effondrement quasi généralisé d'un cône volcanique (type Krakatoa en 1883 ou Santorin vers 1650 BP) et contrairement aux tsunamis générés par les glissements de terrain, les tsunamis d'origine sismique peuvent se propager sur de très grandes distances (plusieurs centaines à milliers de kilomètres). Dans le cadre de cette étude, il était donc indispensable de rechercher non seulement les sources sismiques proches du littoral français, mais aussi celles situées sur les rives plus lointaines de la Méditerranée occidentale. Or, une cartographie des failles actives du territoire marin, avec caractérisation de leur potentiel sismogène n'étant pas réaliste dans l'état actuel des connaissances, la phase d'identification des sources tsunamigènes d'origine sismique devait donc reposer sur un zonage sismique. À cette fin, différentes sources de données géologiques (cartes géologique d'Europe et sismotectonique du Bassin méditerranéen, autres publications), bathymétriques et sismologiques ont été rassemblées et interprétées. Elles ont conduit à un zonage sismique à 1/2 000 000 de la Méditerranée occidentale de type déterministe (figure 5). Le zonage réalisé décrit pour chaque zone sismique :

- 1) les principales caractéristiques tectoniques et sismiques, avec selon le cas, la période de retour des très forts séismes ;
- 2) le séisme le plus fort enregistré ou indiqué dans les archives ;
- 3) les valeurs du séisme maximal retenues pour l'étude (magnitude, dimensions du plan de faille rompu, glissement). Le détail du zonage et de sa réalisation est donné par Terrier (2007).

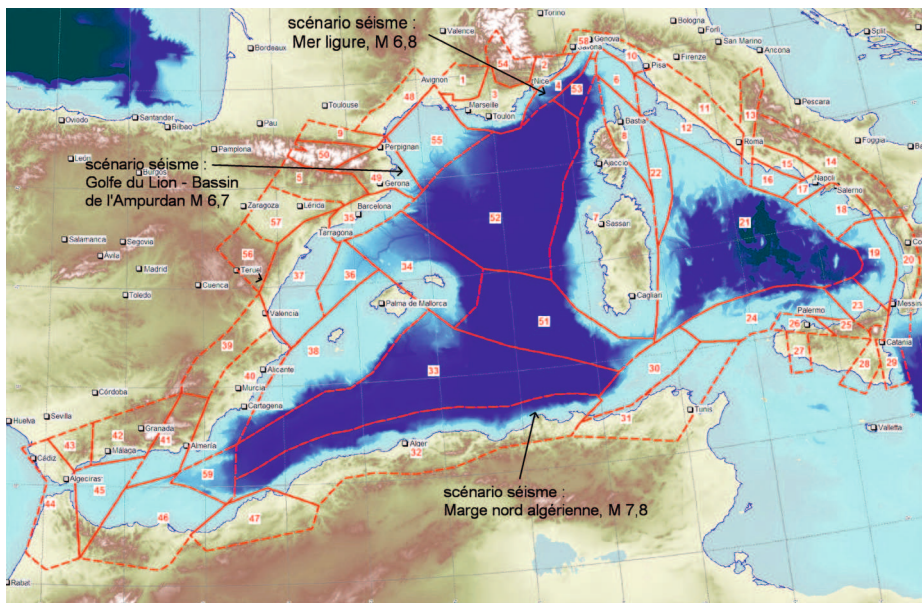


Figure 5 - Zonage sismique et choix des scénarios de sources sismiques (Terrier 2007).

Certaines zones sont localisées totalement dans le domaine terrestre. Dans ce cas, même si leur potentiel sismogène est élevé, elles ne sont pas, bien évidemment, considérées comme des sources tsunamigènes.

3.1.2 Réalisation d'un zonage des mouvements de terrain sous-marins

Au large de la côte méditerranéenne française, le territoire maritime présente une morphologie très irrégulière avec localement des fortes pentes. Il peut par ailleurs être recouvert de formations relativement meubles et épaisses (dépôts alluvionnaires des rivières du Rhône, du Var, du Paillon par exemple). Il s'agit donc de zones propices à des glissements sous-marins.

Pour répondre aux objectifs de l'étude, et sur la base des données bathymétriques, de la connaissance des corps sédimentaires sous-marins et en s'appuyant sur les événements gravitaires fossiles ou actuels connus, un zonage des mouvements gravitaires sous-marins du plateau et du talus continental au large des côtes méditerranéennes françaises, à l'échelle 1/500 000 a été confié à l'IFREMER (Cattaneo 2007). Ce travail ne correspond pas à une cartographie événementielle des mouvements sous-marins mais plutôt à l'identification de zones instables sous-marines avec une estimation des volumes maximum susceptibles d'être déstabilisés.

Au total, vingt zones ont été individualisées (figure 6). Chacune des zones est caractérisée par un glissement-type de volume maximal pour une période de retour de l'ordre de quelques dizaines d'années à quelques milliers d'années. Le glissement de référence associé à chacune des zones est décrit avec les paramètres suivants :

- L = longueur (en mètres);
- W = largeur (en mètres);
- H = hauteur (épaisseur maximale du glissement, en mètres);
- Pente moyenne;
- Profondeur moyenne;
- N = nature des sédiments déstabilisés;
- TYPE = « SLUMP » (avec dépôt au pied de la loupe) ou « SLIDE »;
- 'RUNOUT' = ordre de grandeur de la distance parcourue par le glissement (en km);
- Direction de propagation du glissement.

Concernant les paramètres L, W, H, pente moyenne, profondeur moyenne et N, une distinction est faite entre les loupes d'arrachement et la zone de dépôt du glissement-type considéré.

Le détail du zonage et de sa réalisation est donné par Cattaneo (2007).

3.2 Exploitation de grilles bathymétriques multi-scalaires

Plusieurs sources de données bathymétriques ont été exploitées, avec par résolution croissante :

- le fichier *GEBCO*, *General Bathymetric Chart of the Oceans*, il s'agit d'une compilation à l'échelle du globe de sondages bathymétriques et de données issues de l'altimétrie satellitale. La maille des pixels est de $1' \times 1'$ (environ $1,85 \times 1,85$ km);

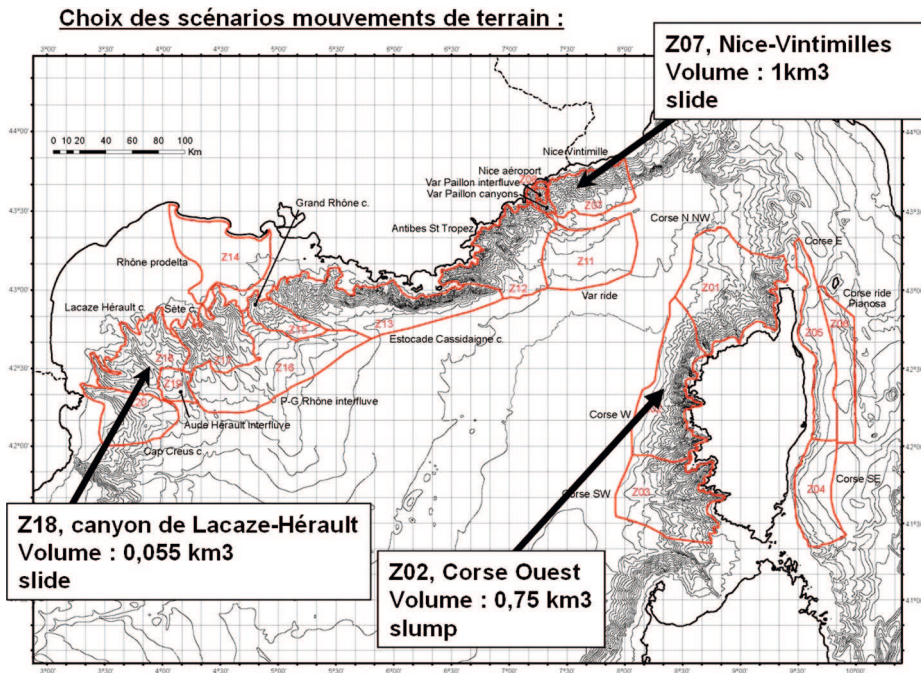


Figure 6 - Zonage mouvements de terrain sous marins et choix des scénarios (Cattaneo 2007).

- *Données IFREMER*: le modèle de la bathymétrie du domaine marin au large de la côte française utilisé à une résolution horizontale de 250 m. Les données couvrent les profondeurs supérieures à 180 m ;
- *Données du SHOM*: Ces données concernent le plateau continental Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse. La résolution spatiale maximale de ces sondes est de l'ordre de 25 m près de la côte. D'une façon générale la densité de ces données est bonne pour des profondeurs allant de 10 m jusqu'en bordure du plateau continental (100 – 200 m).

Concernant les données topographiques, deux sources de données ont été utilisées :

- 1) la BD topo IGN (maillage de 50 m), pour les côtes françaises ;
- 2) le fichier SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, maillage de 90 m), pour les côtes voisines à la France.

Ces différentes sources de données topo-bathymétriques ont été utilisées pour construire cinq grilles principales qui ont servi de base à l'ensemble des simulations champ proche et champ lointain. La résolution spatiale de ces grilles varie de $2\,250 \times 2\,250$ m pour les plus grossières à 750×750 m, puis 250×250 m, et enfin 83×83 m pour les plus précises ciblées au niveau du littoral français (figure 7). Cet emboîtement a permis de garder une bonne résolution de la simulation sur les zones côtières tout en autorisant un domaine de calcul global étendu.

Les simulations numériques des tsunamis (phases de génération, propagation et inondation) ont été effectuées avec le code de recherche GEOWAVE (Watts *et al.* 2003).

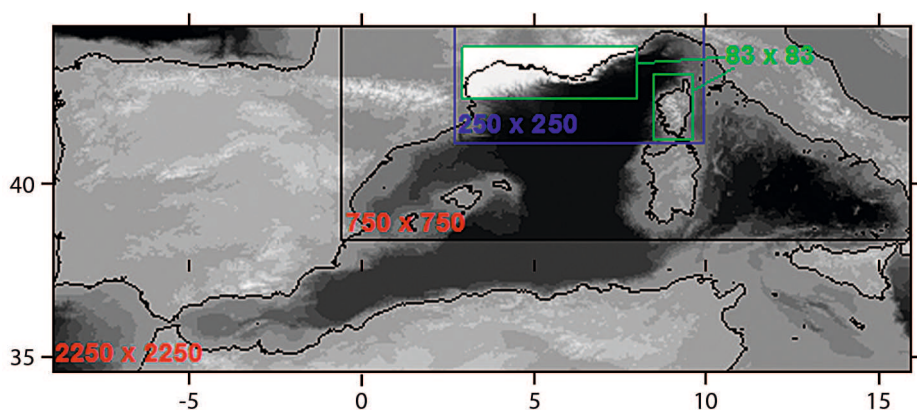


Figure 7 - Construction des 5 MNT principaux allant des résolutions de 2250x2250 m à 83x83 m.

3.3 Résultats des simulations

Plus d'une vingtaine de simulations sur des grilles de faible résolution (mailles de 2250 m à 750 m de côté) ont été dans un premier temps réalisées. Elles se réfèrent soit à des événements historiques (séisme de 1887 en mer Ligure, séisme de 2003 dit de Boumerdès, effondrement du littoral au niveau de l'aéroport de Nice en 1979) soit à des événements fictifs indiqués dans les zonages (sismique ou mouvements de terrain).

Ces nombreux calculs préalables ont permis une meilleure orientation du choix des six scénarios de référence (figures 5-6) et pour lesquels des calculs avec des mailles plus fines ont été conduits. Il s'agit d'événement maximal plausible de période de retour vraisemblablement de plusieurs centaines à quelques milliers d'années (Cattaneo 2007 ; Terrier 2007) (figures 5, 6, 8). Le détail de toutes ces simulations est décrit par Pedreros et Poisson (2007).

3.3.1 Scénario d'un séisme de magnitude 6.8 sur la marge Nord Ligure

L'épicentre du séisme de scénario a été positionné à 55 km au sud de Nice, avec une magnitude égale à 6.8, et une profondeur focale de 8 km. Le séisme est associé au jeu normal d'une faille de direction NE-SW et pendage 45°NW. La simulation indique la possibilité de tsunami au niveau de la côte d'Azur, entre Cannes et Menton. Le temps d'arrivée du tsunami s'échelonne entre 13 et 18 minutes. C'est au Cap d'Antibes que l'amplitude des crêtes des vagues pourrait être la plus élevée.

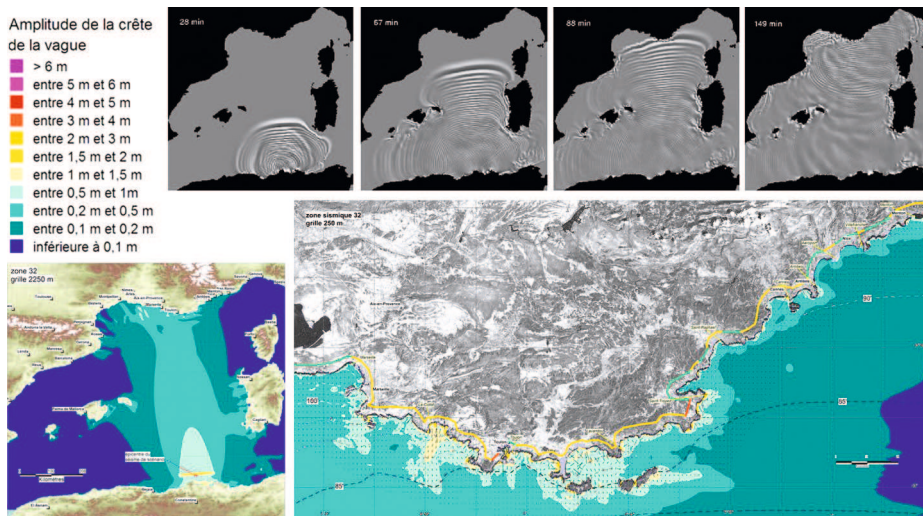
3.3.2 Scénario d'un séisme de magnitude 7.8 sur la marge Nord Algérienne

L'épicentre du séisme de scénario a été positionné à près de 25 km au large de la côte de Constantine en Algérie, avec une magnitude de 7.8, et une profondeur focale de 11 km. Le séisme est associé au jeu inverse d'une faille de direction ENE-WSW et pendage 45°S.

	Magnitude ou volume	Amplitude maximale des vagues au rivage	Temps d'arrivée	Secteur côtier français concerné (amplitude > 0,5 m)
Séisme Nord Ligure	M = 6.8	2 m à Antibes	10' à 15'	Saint-Tropez à Nice
Séisme marge nord algérienne	M = 7.8	4 m à St-Tropez, Cannes 3 m à La Ciotat, Nice, Villefranche	95' à 100'	Marseille à Menton
Séisme golfe du Lion	M = 6.7	0,6 m à Agde, Port-la-Nouvelle	60' à 80'	Entre Perpignan et Béziers
Glissement marge occidentale corse	V = 0,75 km ³	5 m à 6 m au nord de Porto	5' à 15'	Moitié sud-ouest du littoral entre Porto et Bastia
Glissement canyon Lacaze-Hérault	V = 0,055 km ³	1,5 m à Perpignan 1 m à Frontignan et Beauduc (Capelude)	45' à 80'	Perpignan à Beauduc
Glissement marge Nice-Vintimille	V = 1 km ³	4 m à Antibes 3 m à Nice	10' à 20'	Saint-Tropez à Menton (jusqu'à San Remo, Italie)

Figure 8 - Synthèse des résultats des scénarios de tsunamis (Terrier *et al.* 2007).

Un tel séisme pourrait engendrer un tsunami au niveau de la côte d'Azur, entre Marseille et Menton, avec un temps d'arrivée de la vague principale d'environ 1 h 30' (figure 9). Des vagues supérieures à 4 m d'amplitude seraient possibles en plusieurs secteurs du littoral français, notamment à La Ciotat, Saint-Tropez, Cannes et Nice.

Figure 9 - Simulation d'un scénario de séisme de magnitude 7.8 au large de la côte du Maghreb (Terrier *et al.* 2007).

3.3.3 Scénario d'un séisme de magnitude 6.7 dans le golfe de Lion

L'épicentre du séisme de scénario est positionné à environ 100 km au sud-sud-est de Perpignan. La magnitude est estimée à 6.7, avec une profondeur focale de 10 km. Le séisme est associé à une faille à jeu normal de direction NW-SE et pendage 60°NE. L'amplitude des vagues reste relativement faible, son maximum étant entre 0,5 et 1 m à Port-La-Nouvelle (Aude). La simulation indique la lente vitesse de propagation de l'onde sur le golfe du Lion. Le tsunami n'atteindrait Port-La-Nouvelle que 70 minutes après le début du séisme.

3.3.4 Scénario de glissement au nord-ouest de la Corse

Le glissement simulé est positionné à environ 20 km au Nord-Ouest du littoral Corse. Il déstabiliserait un volume de 0,75 km³. Les premiers effets du tsunami se feraient sentir sur le littoral Corse au bout de 6 minutes en moyenne, avec des amplitudes des crêtes des vagues au rivage jusqu'à 5 m selon les configurations de site (effets locaux dus aux interactions entre les ondes incidentes et la morphologie locale).

3.3.5 Scénario de glissement au large du littoral niçois

Le glissement est positionné à environ 25 km au sud-est du littoral niçois. Il déstabiliserait un volume de 1 km³. Le tsunami affecterait environ 170 km du linéaire côtier (depuis Saint-Tropez, au SW, et Bordighera en Italie, au NE (figure 10). Les hauteurs maximales du plan d'eau près du rivage sont en général inférieures à 1,5 m, mais en quelques points elles pourraient atteindre 3 m. Les premiers effets du tsunami se feraient sentir moins de 10 minutes après le glissement. On constate la décroissance des hauteurs des vagues sur l'ensemble des sites 30 minutes après le début du glissement.

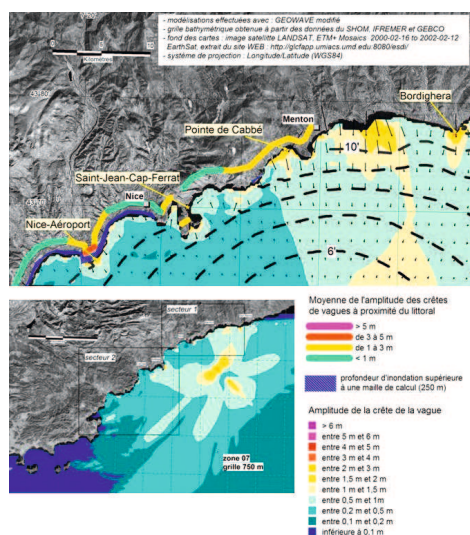


Figure 10 - Simulation d'un glissement sous-marin de 1 km³ au large de Nice (Terrier et al. 2007).

3.3.6 Scénario de glissement dans le golfe de Lion, canyon Lacaze-Hérault

Le glissement est positionné à environ 50 km à l'est du littoral de Perpignan, au niveau du canyon sous-marin Lacaze-Hérault. Il déstabiliserait un volume de 0,055 km³. Des hauteurs d'eau au rivage de plus de 1,5 m sont calculées à proximité de Perpignan. Le tsunami généré pourrait par ailleurs se propager jusqu'au littoral camarguais. Le tsunami atteindrait le littoral environ 45 minutes après le déclenchement du glissement et durerait près de 15 minutes.

De façon générale, cette première évaluation à l'échelle régionale de l'impact des tsunamis s'appuie sur les résultats des calculs qui ont au mieux une précision cartographique de l'ordre du 1/100 000. Pour des cartographies de l'aléa et du risque à plus grande échelle (1/25 000 à 1/10 000), il est nécessaire de disposer d'une très bonne connaissance de la bathymétrie et topographie du littoral entre - 10 m et + 10 m, avec une précision en z de l'ordre du décimètre. À cette échelle, il est aussi indispensable de tenir compte des aménagements (bâtiments et infrastructures) le long de la zone côtière, ces derniers pouvant générer des modifications dans la propagation de l'eau à terre.

CONCLUSION

Les témoignages du passé restent le facteur le plus important pour une première sensibilisation de la population au risque. En cela la base de données www.tsunamis.fr s'inscrit dans la démarche de recherche et porté à connaissance d'une information originale, délivrée à la fois sous la forme synthétique mais aussi en restituant le plus possible les témoignages contemporains des événements les plus fiables. Si les informations de la base dans son état actuel révèlent des zones jusqu'alors insoupçonnées pour leur exposition au risque de tsunami, elles restent néanmoins incomplètes pour une évaluation de la probabilité d'occurrence des événements. Pour cela il est nécessaire de poursuivre l'analyse et la recherche historique des événements en couvrant une période de temps la plus longue possible et pour chaque tsunami, en complétant la liste des lieux touchés et leur intensité.

Tout comme la base de données, la modélisation d'événements tsunamigènes constitue une composante fondamentale pour l'évaluation de l'aléa et du risque. Dans le cadre de ce travail, le choix des scénarios a été fait d'une part en majorant des données historiques significatives connues qui ont ponctué la vie des bassins concernés et d'autre part en utilisant des hypothèses de simulation issues de la connaissance géophysique et marégraphique. Cependant, ces dernières, estimées comme représentatives de phénomènes qui pourraient se présenter et fondées sur des situations vraisemblables majeures, ne définissent pas pour autant l'enveloppe de tous les événements probables. En effet, les mouvements de terrain et les séismes peuvent avoir des impacts bien différents des cas présentés selon leur type, leur localisation et leur importance. Ainsi, certaines côtes qui semblent relativement protégées au vu des résultats de cette étude pourraient en fait être affectées par des tsunamis dont les sources seraient situées à des endroits différents. Malgré ces incertitudes, cette étude de cas constitue un point d'appui à une illustration et une compréhension plus aisée des phénomènes majeurs probables et à une meilleure information sur un champ jusqu'à présent resté discret.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ambraseys 1962

Ambraseys N.-N., *Data for the investigation of the seismic sea-waves in the eastern Mediterranean*, Bulletin of the Seismological Society of America, 52, p. 895-913.

Cattaneo 2007

Cattaneo A., *Étude préliminaire de l'aléa tsunamis en Méditerranée occidentale - Zonage des mouvements de terrain sous-marins sur le plateau et talus continental au large des côtes françaises*, Rapport final IFREMER, 66 p.

Lambert 2008

Lambert J., *BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France. Année 2007*, Open-file BRGM, rapport BRGM-RP-55993-FR.

Lambert 2009

Lambert J., *BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France. Année 2009*, Open-file BRGM, rapport BRGM-RP-57781-FR.

Lambert, Terrier 2011

Lambert J., Terrier M., *Historical tsunami database for France and its overseas territories*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 11, p. 1037-1046.

Pedrerros, Poisson 2007

Pedrerros R., Poisson B., *Tsunamis: étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française - Modélisation numérique*, Open-file BRGM, Rapport BRGM-RP-55760-FR.

Terrier 2007

Terrier M., *Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis*, Open-file BRGM, Rapport BRGM-RP-55353-FR, 109 p.

Watts et al. 2003

Watts P., Grilli S.T., Kirby J.T., Fryer G.J., Tappin D.R., *Landslide tsunami case studies using a Boussinesq model and a fully nonlinear tsunami generation model*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, p. 391-402.

