

Les tsunamis en France

Les côtes du Pacifique subissent en moyenne un tsunami par an. Au centre de cet océan, les îles de la Polynésie française sont donc exposées au risque. Les tsunamis les plus destructeurs des 100 dernières années dans la région se sont produits notamment en avril 1946 et en mai 1960. Le tsunami d'avril 1946, déclenché au large des îles Aléoutiennes, a provoqué des dégâts importants dans tous les archipels polynésiens et a fait des victimes dans l'archipel des Marquises. Le 22 mai 1960, un séisme de magnitude 10 environ s'est produit au large du Chili faisant, avec le tsunami associé, plus de 2 000 victimes dans ce pays. Le tsunami, qui s'est propagé à travers l'océan Pacifique, a causé des dégâts matériels importants sur les côtes éloignées du Japon, des Philippines et d'Hawaï, et a tué plus de 200 personnes au total. Aux Marquises, le niveau des inondations dans les baies de Nuku-Hiva et de Hiva-Oa a atteint sept à dix mètres.

Plus récemment, le 20 juillet 1995, un séisme de magnitude 8,1, au large du Chili, engendra un tsunami dont les vagues montèrent à deux ou trois mètres dans le port de la baie de Taahuku, sur l'île d'Hiva-Oa. Plusieurs bateaux furent emportés par un tourbillon formé derrière la jetée ; deux ou trois coulèrent. Dans la même baie, des vagues d'un à deux mètres furent observées le 21 février 1996 pour un séisme de magnitude 6,6 au large du Pérou.

Sur l'ensemble de la Polynésie, c'est dans l'archipel des Marquises que les amplitudes des vagues associées aux tsunamis sont les plus fortes. Les Marquises sont des îles hautes dont les côtes plongent dans l'océan avec une faible pente, de cinq à dix degrés, et qui présentent de grandes baies ouvertes vers l'océan, dépourvues de barrières de récifs. Ces deux caractéristiques amplifient les tsunamis. Dans les autres archipels de la Polynésie française (îles Gambier, îles de la Société, îles Australes et archipel des Tuamotu), l'énergie des tsunamis est partiellement réfléchiée par des côtes pentues (environ 30 degrés) aux profils plutôt convexes, et les conséquences en sont donc atténuées.

Une antenne du Laboratoire de détection et de géophysique du Commissariat à l'énergie atomique, installée à Tahiti, étudie et surveille ce risque. Les ondes sismiques se propageant beaucoup plus vite que les ondes hydrauliques, la détection rapide des premières alertes de l'arrivée d'un tsunami. Sur ce principe, les données du réseau sismique polynésien sont utilisées pour la localisation du séisme en temps réel, la détermination de ses principaux paramètres (en particulier, sa magnitude) et l'évaluation du

déclenchement éventuel d'un raz-de-marée. Le système a été automatisé pour les forts séismes, potentiellement générateurs de tsunamis.

Parallèlement à l'alerte, notre laboratoire s'intéresse aussi à la simulation numérique et établit des cartes d'inondation pour les Marquises. Un tsunami équivalent à celui de 1960 causerait aujourd'hui, en Polynésie française, des dégâts bien supérieurs et vraisemblablement de nombreuses victimes en raison du développement du tourisme en bord de mer.

En France métropolitaine, en revanche, le risque de tsunami d'origine tectonique est quasi nul. Le dernier tsunami important en Europe s'est produit en 1755. Il a été déclenché par un séisme au large de Lisbonne et il a fait plus de 5 000 victimes sur les côtes du Portugal, de l'Espagne et du Maroc. Il fut à peine observé sur les côtes françaises, assez éloignées de sa zone d'origine.

Toutefois, notre pays n'est pas à l'abri de raz-de-marée déclenchés par des glissements de terrain sous-marins, tel

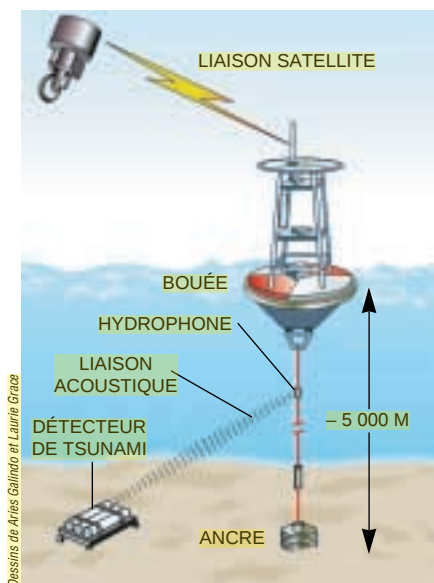
celui d'octobre 1979 dans la Baie des Anges, en Méditerranée. Au large de Nice, un glissement de terrain a entraîné la destruction d'une partie du chantier du nouveau port de Nice, en face de l'aéroport : la digue en construction s'est effondrée sous la mer, causant la mort d'une dizaine de personnes présentes sur le chantier. À peu près simultanément, un mini raz-de-marée a été observé le long d'une portion de côte de 60 kilomètres, entre Cannes et Menton. À dix kilomètres du chantier, la ville d'Antibes a été inondée par une vague de deux mètres de haut environ.

Le mécanisme exact de cette catastrophe n'est pas encore totalement déterminé. Selon nos simulations numériques, l'inondation observée vers l'aéroport s'explique par l'effondrement de dix millions de mètres cubes : trois millions de mètres cubes de remblai et sept millions de mètres cubes de sédiments sous-jacents, situés entre 0 et 150 mètres de profondeur. Toutefois, les oscillations du niveau de la mer dans la baie ne semblent explicables que par le déplacement de 50 à 100 millions de mètres cubes de sédiments situés sur les fortes pentes au large de Nice. La forme de la baie à Antibes aurait amplifié ces oscillations et favorisé la pénétration de la mer dans la ville. L'effondrement des remblais apportés pour la construction du port de Nice a-t-il déclenché cette avalanche sous-marine plus importante ou, au contraire, les remblais ont-ils été emportés par l'effondrement des couches sous-jacentes ?

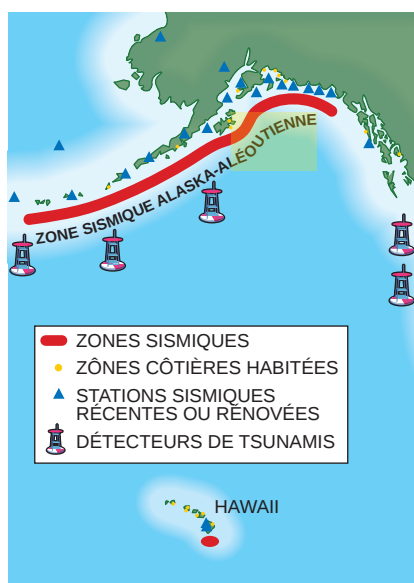
Philippe HEINRICH,
Laboratoire de détection et de géophysique, CEA



Le 16 octobre 1979, une vague de deux mètres de haut à balayé les rues d'Antibes, suite à un glissement de terrain sous-marin.



Dessins de Arias Gallardo et Laurie Graza



4. DES DÉTECTEURS SOUS-MARINS de tsunamis (à gauche) et un réseau de surveillance sismique (triangles bleus sur la carte) renforcé devraient améliorer la détection précoce des tsunamis au large des États-Unis. Les détecteurs sous-marins sont constitués de capteurs posés au fond de la mer, qui envoient par signaux acoustiques leurs enregistrements à une bouée de surface (photographie à droite) ; celle-ci transmet les informations par satellite aux services responsables du déclenchement des alertes.



Michelle G. Bullock, NOAA Corps

l'évacuation d'Honolulu, le 7 mai 1986, a ainsi coûté plus de 200 millions de francs en salaires et en transactions commerciales perdues.

Pour améliorer la situation, les États-Unis installent aujourd'hui un réseau de six stations sous-marines de détection des tsunamis et d'alerte : le système *DART* (l'acronyme anglais de «détection et alerte des tsunamis en pleine mer») devrait être opérationnel et fiable d'ici deux ans. Les sismographes répartis autour de la ceinture de feu du Pacifique permettent de localiser presque instantanément un grand tremblement de terre en Alaska. En quelques instants, avant que l'on n'observe la moindre vague, des programmes informatiques calculent le temps que mettrait un tsunami déclenché par le séisme pour atteindre Hawaii. Près des côtes, des marégraphes détectent l'arrivée d'un tsunami après quelques minutes, et des détecteurs placés en haute mer révèlent le passage d'ondes dangereuses.

Ces détecteurs mesurent, au fond de la mer, la variation de pression associée à la déformation de la surface de l'eau, lorsque la vague passe : cette variation de pression est transmise à un cristal piézoélectrique, dont la fréquence propre de vibration est ainsi modifiée. Même à 6 000 mètres de profondeur, ils détectent un tsunami de seulement un centimètre de haut. Les bateaux et la houle ne perturbent pas

ces mesures, car ils sont de trop petites dimensions pour que les variations de pression qui leur sont associées parviennent au fond : les longueurs d'onde des ondes associées sont courtes et seule la surface de l'eau est mise en mouvement.

Nous avons placé les premiers capteurs au fond du Pacifique Nord en 1986, et nous enregistrons le passage des tsunamis depuis cette date. Toutefois, avec ces systèmes, nous devons repêcher les appareils pour accéder aux informations. Afin de suivre en direct le passage des tsunamis, nous avons alors équipé ces capteurs d'un émetteur acoustique qui envoie les mesures à une bouée ancrée à proximité ; cette dernière transmet les informations par satellite vers des stations au sol. Les bouées relais, la liaison satellite et les capteurs sous-marins ont prouvé leur fiabilité dans de nombreux systèmes de mesures en haute mer ; notamment 70 bouées météorologiques déployées le long de l'Équateur ont renseigné sur le phénomène climatique El-Niño. En revanche, les quatre prototypes de transmetteur acoustique que nous avons testés sont tous tombés en panne assez rapidement ; nous améliorons aujourd'hui cette partie de l'appareillage.

D'ici à deux ans, nous installerons cinq stations dans le Pacifique Nord, de l'Ouest des Aléoutiennes à l'Oregon, et une sixième le long de l'Équateur, afin

d'intercepter le passage des tsunamis déclenchés au large de l'Amérique du Sud. Si nous pouvions disposer plus de bouées, nous réduirions le risque que des tsunamis ne nous échappent, mais nous manquons d'argent. Nous avons donc recours à la modélisation numérique : combinées aux mesures des bouées, les simulations permettront d'obtenir des prévisions plus précises pour aider les services de protection civile, qui n'ont souvent que quelques minutes pour décider de déclencher ou non une alerte, et ainsi sauver des vies.

Frank GONZÁLEZ dirige le programme de recherche sur les tsunamis et le Centre de cartographie des inondations associées aux tsunamis du Laboratoire de l'environnement marin du Pacifique, à Seattle.

James F. LANDER et Patricia A. LOCKRIDGE, *United States Tsunamis (Including United States Possessions) : 1690-1988*, NOAA / National Geophysical Data Center, Publication 41-42, 1989.

F.I. GONZÁLEZ et E.N. BERNARD, *The Cape Mendocino Tsunami*, in *Earthquakes and Volcanoes*, vol. 23, n° 3, pp. 135-138, 1992.

Roy HYNDMAN, *Les tremblements de terre géants du Nord-Ouest du Pacifique*, in *Pour la Science*, février 1996.

Walter C. DUDLEY et Min LEE, *Tsunami!*, University of Hawaii Press, 1998.
