

Tsunami en Asie du Sud-Est : retour sur la gestion d'un cataclysme naturel apocalyptique

Tsunami in south-east Asia: retrospective analysis on the management of an apocalyptic natural cataclysm

Pierre Ozer et Florence de Longueville

Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège
Avenue de Longwy 185, B-6700 Arlon, Belgique

Résumé :

Le tsunami qui a touché les littoraux de l'Océan Indien le 26 décembre 2004 aura causé la mort de près de 226 000 personnes, essentiellement sur l'île de Sumatra, Indonésie, où plusieurs zones côtières ont été rayées de la carte. Cet article s'interroge sur le bien fondé de la mise en place d'un système d'alerte précoce aux tsunamis dans cette région du monde où la probabilité de voir une telle catastrophe se reproduire est très faible. Par ailleurs, d'autres alternatives de gestion anticipative (aménagement du territoire, éducation) de ce risque sont explorées. Leur application pourrait fortement limiter les pertes humaines et financières si une telle catastrophe devait se reproduire.

Mots-clés : tsunami, risque naturel, aléa, vulnérabilité, gestion des risques, système d'alerte, aménagement, éducation, Asie du Sud-Est

Abstract :

The tsunami that affected the Indian ocean's rims on December 26, 2004 claimed close to 226 000 deaths, essentially on the island of Sumatra, Indonesia, which suffered overwhelming devastation. This article asks whether a tsunami warning system is needed in the Indian Ocean where the probability to experience a similar catastrophe is very scarce. In addition, other alternatives including land use planning and education focused on tsunami risk management are presented. Their application could strongly reduce financial and human losses if such hazard had to occur again.

Keywords: tsunami, natural risk, hazard, vulnerability, risk management, warning system, land use planning, education, south-east Asia.

Introduction

Avec une magnitude de 9,3 sur l'échelle de Richter, le séisme qui s'est produit dans l'Océan Indien le 26 décembre 2004 fut le deuxième plus violent tremblement de terre enregistré depuis 1900 (Stein & Okal, 2005 ; Munich Re, 2005). Le long d'une zone de fracture de près de 1200 kilomètres, les plaques tectoniques se sont chevauchées et, lorsque la plaque indienne est passée par subduction sous la plaque birmane, cette dernière s'est soulevée de dix mètres en moyenne (Ni *et al.*, 2005). C'est ce mouvement tectonique qui a provoqué le tsunami que l'on connaît et qui, en quelques heures, aura causé la mort de près de 226 000 personnes, soit l'équivalent de toutes les catastrophes naturelles de ces dix dernières années, et le déplacement de plus d'un million et demi de personnes réparties sur les côtes de douze pays et deux continents (Tab. 1).

Continent/Pays	Nombre de morts	Nombre disparus	de Total	Nombre de déplacés
Asie				
Indonésie	128645	37063	165708	532898
Sri Lanka	31147	4115	35262	519063
Inde	10749	5640	16389	638297
Thaïlande	5395	2845	8240	ND
Maldives	82	26	108	11568
Malaisie	68	6	74	8000
Birmanie	61	0	61	2592
Bangladesh	2	0	2	0
Afrique				
Somalie	150	ND	298	5000
Tanzanie	10	ND	10	ND
Seychelles	3	ND	3	40
Kenya	1	ND	1	ND
Total	176313	49695	226008	1717458

Tableau 1 : Pays touchés par le tsunami, nombre de morts, disparus, total¹ et personnes déplacées (décompte arrêté au 6 mai 2005). (Sources : USAID, 2005 ; AFP, 2005)

Aspect terrible de cette catastrophe, le tsunami n'a pas laissé le choix à ses victimes. Ainsi, l'essentiel des personnes proches des rivages qui n'ont pas pu trouver rapidement refuge sur un point haut a péri par noyade, comme en témoignent les chiffres disponibles pour la province d'Aceh, à l'extrémité septentrionale de l'île de Sumatra : au 14 janvier 2005, on y dénombrait plus de 110 000 morts pour seulement 1400 personnes hospitalisées pour des blessures bénignes, fractures ou des plaies ouvertes pour la plupart (Pincock, 2005). La non-gravité de ces blessures est confirmée en Thaïlande où à peine 0,3% des blessés dépêchés dans les hôpitaux n'a pas survécu (Watts, 2005). Situation similaire en Inde où, trois semaines après la catastrophe, on ne notait quasiment plus la présence des 30 000 personnes blessées par le tsunami dans les hôpitaux (Chatterjee, 2005). Toujours dans le domaine de la santé, les épidémies tant redoutées et controversées après ce désastre naturel (Brauman, 2005 ; Van Rooyen & Leaning, 2005) ne se sont pas développées (WHO, 2005). Par contre, ce qui mobilise unanimement la communauté médicale, c'est l'impact difficilement quantifiable des

¹ Cinq mois après la catastrophe, les pays ont déclaré les personnes disparues comme mortes.

traumatismes psychologiques provoqués par ce cataclysme sur les populations locales (Silove & Zwi, 2005), celles-ci devraient bénéficier d'un suivi psychologique sur plusieurs années (Hampton, 2005).

La catastrophe a eu un impact sans précédent au niveau de la générosité publique occidentale ; les organisations non gouvernementales (ONG) ont collecté plus d'argent entre Noël et Nouvel An que sur le reste de l'année écoulée (Debarbieux, 2005). Le rôle des médias qui a nourri, comme pour les attentats du 11 septembre, l'insatiable faim de morbidité du public avec son flot d'images catastrophiques passées en boucle, n'est certainement pas étranger à ce choc émotionnel et à cette mobilisation populaire (de Longueville & Ozer, 2005). A titre d'exemple, l'édition spéciale en télévision du 27 décembre 2004 consacrée au tsunami et principalement ciblée sur les victimes occidentales a été l'émission la plus regardée de l'année 2004 en Belgique francophone avec plus de 900 000 téléspectateurs.

Le déploiement humanitaire qui suivit fut également impressionnant. Ainsi, au 14 février 2005, pas moins de 97 ONG, 42 organisations gouvernementales et 25 organisations internationales étaient présentes sur la seule île de Sumatra (Reliefweb, 2005) ; du jamais vu dans l'histoire de l'aide humanitaire. A ces divers titres, de nombreux observateurs n'hésitent pas à qualifier ce cataclysme de première catastrophe naturelle mondialisée (Anonyme, 2005a ; Debarbieux, 2005).

A partir de l'analyse de ce désastre naturel, cet article explore les enjeux de la gestion du risque lié aux tsunamis. D'une part, nous allons revenir sur la grande polémique relative à cette catastrophe naturelle, à savoir l'absence d'un système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien. D'autre part, des alternatives de gestion anticipative (aménagement du territoire, éducation) de ce risque sont explorées, car l'implémentation d'un système d'alerte n'est qu'une composante agissant sur la réduction du risque (Bird & Lubkowski, 2005 ; Pons, 2005a).

1 Sur l'absence d'un système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien

Le concept de système d'alerte aux tsunamis a fortement alimenté les discussions dans les jours qui ont suivi la catastrophe dans l'Océan Indien. Cette polémique sur les responsabilités était hautement prévisible après le cataclysme, tout comme après tous les désastres naturels. Ainsi, après 'Lothar', la tempête du siècle qui a ravagé de vastes régions européennes à l'aube de l'an 2000 (Bresch *et al.*, 2000), tous les regards et critiques en France étaient tournés vers Météo-France qui n'avait pas lancé de bulletin d'alerte quant à ce cataclysme sans précédent. En décembre 2003, après le séisme de Bam tous les doigts étaient dirigés en direction des autorités nationales iraniennes pour n'avoir pas investi de manière appropriée dans les constructions parasismiques et dans la mise en place de plans de secours (MunichRe, 2004). Dans le cas de la présente catastrophe, une grande partie des observateurs et des spécialistes s'indigne de l'absence d'un système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien (Marris, 2005).

Cependant, ce point représente l'une des grandes controverses issues de ce désastre. En effet, une enquête réalisée à chaud auprès de 500 ingénieurs civils spécialisés dans les géorisques montre qu'une part non négligeable des personnes interrogées (34%) pense qu'il n'est pas utile d'investir dans un système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien (Parker, 2005).

Différentes raisons expliquent cette perplexité quant à l'efficacité d'un tel système en Asie du Sud-Est, et plus particulièrement dans l'Océan Indien.

La première découle de la rareté de tels événements sur les rives directes de l'Océan Indien. A l'exception des pays bordant l'Océan Pacifique, le risque naturel associé aux tsunamis a été peu étudié à cause de sa très faible occurrence au cours des derniers siècles. Ceci explique la raison pour laquelle la dernière version de la carte mondiale des risques naturels se borne à indiquer les traits littoraux touchés historiquement par des tsunamis sans analyse systématique du risque comme c'est le cas pour les autres types de désastres naturels (Berz *et al.*, 2001). Par ailleurs, une récente analyse globale du risque lié aux tsunamis a estimé que la période de retour d'une vague de 10 mètres, soit d'une ampleur similaire voire inférieure à celle du 26 décembre 2004, devrait être de l'ordre de 1000 ans dans l'Océan Indien, au même titre d'ailleurs que pour l'Océan Nord Atlantique (Schiermeler, 2005b). D'autres sources (Carré, 2005) montrent que sur le long terme, l'Océan Pacifique aurait concentré 75% des tsunamis recensés, largement devant la Méditerranée (12%), l'Océan Atlantique (9%) et l'Océan Indien (3%). Finalement, aucun des rivages ravagés lors du récent tsunami n'a été confronté à ce risque au cours des 120 dernières années (Fig. 1, Brauner *et al.*, 2005). Certes, le tsunami déclenché lors de l'éruption du Krakatau en 1883 fut enregistré sur les côtes du Sri Lanka et de l'Inde, mais jamais la hauteur de déferlement n'avait dépassé le mètre (Choi *et al.*, 2003) contre 5 à 12 mètres lors de l'événement du 26 décembre 2004 (Chadha *et al.*, 2005 ; Liu *et al.*, 2005 ; Yalciner *et al.*, 2005). Or, il faut rappeler ici que la mémoire des catastrophes reste l'instrument majeur de la prévision et de la prévention des risques naturels (d'Ercole & Dollfus, 1996). Par ailleurs, les quelques tsunamis récents qui ont touché l'Indonésie (Flores en 1992, Java oriental en 1994 et Biak en 1996) pour un total de 2700 victimes ne concernent que la partie orientale du pays. Cette très faible probabilité d'occurrence des tsunamis dans l'Océan Indien explique pourquoi les nations riveraines ont refusé, en juin 2004, une offre japonaise de mettre en place un système d'alerte aux tsunamis dans la région (Parker, 2005). En ne considérant que cette seule période de retour associée à ce type de risque naturel, il est difficile de jeter maintenant la pierre aux décideurs politiques des pays récemment dévastés.

Le nombre généralement faible de victimes provoqué par les tsunamis est probablement une autre raison ayant influé sur la sous-estimation de ce risque. Ainsi, de 1900 à 2003, seuls huit tsunamis ont entraîné la mort de plus de 1000 personnes et aucun n'a jamais provoqué plus de 5000 victimes (Tab. 2). Comparés aux autres types de catastrophes naturelles (séismes, inondations, tempêtes) qui accablent chaque année les pays du sud-est asiatique, ces chiffres sont très faibles. Les dix plus grandes catastrophes liées aux tsunamis depuis le début du 20^e siècle ne totalisaient pas même 20000 morts. Ces chiffres confèrent à nouveau le caractère exceptionnel du cataclysme du 26 décembre 2004.

Date	Régions principales touchées	Morts
26/12/2004	Indonésie (Sumatra), Sri Lanka, Inde, Thaïlande, Maldives, Somalie, etc.	>226000
17/08/1976	Philippines	4000
02/03/1933	Japon (Sanriku)	3060
21/05/1960	Chili, USA (Hawaii), Japon	3000
12/12/1992	Indonésie (Flores)	2500
17/07/1998	Papouasie Nouvelle Guinée	2400
20/12/1946	Japon (Nankaido)	2000
05/11/1952	Russie (Ile de Paramushir, Kamchatka)	1300
07/12/1944	Japon (Honshu)	1000
31/01/1906	Equateur, Colombie	500

Tableau 2 : Les dix tsunamis les plus meurtriers depuis 1900 (Source : MunichRe, 2005)

La troisième raison avancée par certains spécialistes est que les côtes indonésiennes dévastées étaient extrêmement proches (200 km) de la faille qui a engendré le tsunami. Ainsi, 43 minutes après la secousse tellurique (Boen, 2005), la vague avait déjà déferlé sur Sumatra avec une hauteur de déferlement variant de 4 mètres à Meulaboh à près de 35 mètres à Lhok Nga (Boen, 2005 ; Tsuji *et al.*, 2005 ; USGS, 2005a ; USGS, 2005b). La ville de Banda Aceh se trouvait, pour sa part, sous 5 à 12 mètres d'eau (Borrero, 2005 ; USGS, 2005a ; USGS, 2005b). Selon plusieurs experts, cela n'aurait pas laissé le temps à une analyse détaillée de toutes les informations pour donner une prédition fiable de l'échelle du tsunami ainsi que des zones menacées et, donc, de lancer l'alerte (MunichRe, 2005b ; Parker, 2005).

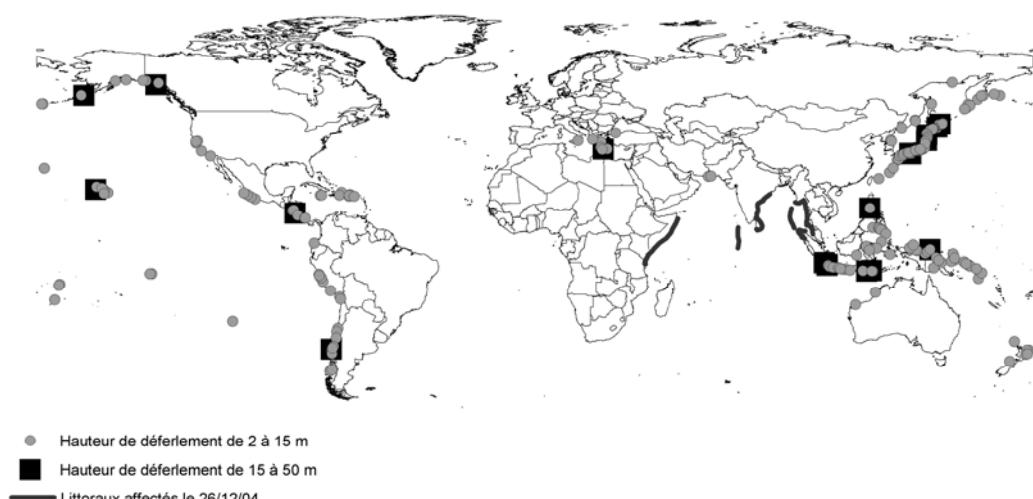


Figure 1 : Distribution géographique des hauteurs de déferlement des tsunamis de 1883 à 2003 et littoraux probablement touchés par des hauteurs de déferlement supérieures à 2 mètres lors du tsunami du 26 décembre 2004 (d'après Brauner *et al.*, 2005 et Schiermeler, 2005a).

A titre de comparaison, après le tremblement de terre de Lisbonne qui, en 1755, a causé le plus grand désastre sismique jamais enregistré en Europe occidentale (100 000 morts), le tsunami a pris 16 à 30 minutes pour raser les côtes de l'Algarve, 30 minutes pour atteindre Lisbonne et 26 à 34 minutes pour ravager la ville de Safi au Maroc (Chester, 2001). Si un tsunami similaire s'était produit avant ce 'big one' asiatique, quelles auraient été les

conséquences dans un pays d'Europe occidentale où le mot tsunami était inconnu du grand public ? Ceci étant dit, il est probable que des milliers de vies auraient pu être sauvées en Inde et au Sri Lanka pour autant que le transfert d'informations et la communication des alertes soient opérationnels (voir ci-après et Tab. 3).

Le dernier motif avancé de manière générale est l'inadéquation existant entre, d'une part, la mise en place d'un système d'alerte aux tsunamis performant dans des sociétés disposant de réseaux de transfert d'informations qui fonctionnent de manière optimale comme c'est le cas aux Etats-Unis et au Japon et, d'autre part, la réalité vécue dans plusieurs des pays affectés dans l'Océan Indien (Bird & Lubkowski, 2005 ; Ozer, 2005). Pour illustrer ce propos, une ligne du temps reprenant les faits saillants observés lors des premières heures qui ont suivi la secousse sismique est présentée au tableau 3. A la lecture de ce tableau, le plus stupéfiant est de voir la lenteur avec laquelle l'information relative au risque de tsunami aurait pu être transmise aux personnes clefs qui, peut-être, auraient pu agir concrètement sur le terrain. Ainsi, les vaines tentatives du Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) de joindre leurs collègues indonésiens à Jakarta ont été entreprises alors que la vague meurtrière s'était déjà retirée de Sumatra. De toute manière, qu'aurait changé le fait qu'un scientifique de Jakarta soit alerté, même à temps ? Comment l'information serait-elle parvenue à Banda Aceh ? Et une fois là-bas, de quelle manière celle-ci aurait-elle pu être répercutée massivement à la population de la ville principale ainsi qu'à celle des villages établis le long des côtes, souvent dépourvus de moyens de télécommunication ?²

Suite à cette catastrophe, il ne devrait pas y avoir un système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien, mais bien quatre... L'Inde a ainsi débloqué une enveloppe de $29\ 10^6$ US\$ pour protéger ses côtes. L'Allemagne envisage de consacrer $40\ 10^6$ US\$ à l'établissement d'un système d'alerte aux tsunamis pour veiller sur les littoraux indonésiens, alors que la Thaïlande compte réaliser son propre système pour ses rivages. Quant aux Nations Unies, elles vont libérer une somme de $40\ 10^6$ US\$ pour un système couvrant tout l'Océan Indien et qui sera opérationnel dès juin 2006. Elles se sont également engagées à établir un système d'alerte global pour juin 2007 (AFP, 2005a ; Cyranoski, 2005 ; Jayaraman, 2005). Autant dire que si tous les efforts ne sont pas coordonnés et si toutes les données nécessaires à un bon diagnostic ne sont pas partagées (Anonyme, 2005c ; Cyranoski, 2005), une belle confusion pourrait ressortir de tout cela... De plus, on est en droit de se demander quel système sera ainsi implanté en quelques mois alors que les Etats-Unis et le Japon ont pris plus de 20 ans

² En Indonésie, il existe 39 téléphones fixes et 87 téléphones mobiles pour 1000 habitants. A titre de comparaison, la France en compte respectivement 566 et 696 pour 1000 habitants (Statistiques pour l'année 2003. Source : UNDP, 2005)

pour développer et valider des modèles numériques pour la prédition des trajectoires des tsunamis nécessaire à un système d'alerte fiable dans l'Océan Pacifique (Synolakis, 2005).

Ligne du temps	Faits reportés
00:59 GMT	Un séisme de magnitude de 9,0 sur l'échelle de Richter se produit en mer à l'ouest de l'île de Sumatra qui provoque le tsunami
Séisme + 00h08'	Des signaux sismiques du tremblement de terre enregistrés par des senseurs en Australie parviennent au PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) à Hawaii. L'alarme est déclenchée
Séisme + 00h15'	Le PTWC émet un bulletin indiquant qu'un séisme d'une magnitude de 8,0 sur l'échelle de Richter s'était produit, sans risque pour les nations du Pacifique. L'USGS (United States Geological Survey) transmet l'information en interne
Séisme + 00h25'	L'USGS révise la magnitude du séisme à 8,2
Séisme + 00h30'	Le tsunami frappe l'ouest de l'île de Sumatra
Séisme + 00h43'	Le tsunami frappe la ville de Banda Aceh
Séisme + 01h00'	Le PTWC émet un deuxième bulletin révisant la magnitude du séisme à 8,5 et identifie la possibilité d'un tsunami local proche de l'épicentre. Le PTWC tente d'alerter des collègues en Indonésie, sans succès. L'Australie est néanmoins alertée
Séisme + 01h10'	Le tsunami frappe la Thaïlande
Séisme + 01h30'	Les autorités indonésiennes basées à Jakarta reçoivent enfin le deuxième bulletin du PTWC
Séisme + 02h00'	Le tsunami frappe l'est du Sri Lanka
Séisme + 02h15'	Le tsunami frappe l'Inde
Séisme + 02h25'	Le Service de la Météorologie indienne envoie par fax un bulletin d'alerte au Ministère des Sciences et de la Technologie. Le numéro n'est plus attribué
Séisme + 02h30'	Les premières informations relatives au tsunami et ses victimes apparaissent sur Internet
Séisme + 02h45'	Le Service de la Météorologie indienne envoie par fax un bulletin d'alerte au Ministère de l'intérieur. L'alerte est reçue
Séisme + 03h00'	L'ambassadeur des Etats-Unis au Sri Lanka prend l'initiative de se mettre en contact permanent avec le PTWC pour pouvoir alerter directement les autorités locales en cas de répliques
Séisme + 03h30'	Le tsunami frappe les Maldives
Séisme + 03h45'	Bangkok émet un bulletin à destination des pêcheurs signalant l'existence de vagues pouvant atteindre 5 mètres
Séisme + 04h00'	Les membres du gouvernement fédéral de New Delhi sont informés de la catastrophe
Séisme + 04h25'	Le Département de sismologie de l'Université d'Harvard révise la magnitude du séisme à 8,9
Séisme + 07h15'	Le PTWC avise le Département d'Etat américain de la menace potentielle de tsunami en Afrique et à Madagascar. Au même moment, le tsunami frappe la Somalie
Séisme + 14h30'	Le PTWC signale que les vagues devraient atteindre les pays du Pacifique. Dans les heures qui suivent, les vagues du tsunami atteignent une hauteur de 50 cm en certains endroits au Chili et sur les côtes de l'Amérique du Nord
Séisme + 3 mois	Le magazine <i>Nature</i> publie les résultats de Stein et Okal (2005) qui révisent la magnitude du séisme à 9,3

Tableau 3 : Chronologie des événements après le séisme sous l'Océan Indien (d'après Boen, 2005 ; Delbecq et al., 2005 ; Marris, 2005 ; Orfanogiannaki et al., 2005 ; Schiermeler, 2005a ; Stein & Okal, 2005)

2 Un aménagement du territoire intégrant le risque de tsunami

Quoi qu'il en soit, l'existence d'un système d'alerte aux tsunamis n'est jamais qu'une disposition pouvant limiter les pertes (Kempf, 2005a). Il doit s'accompagner de mesures relatives à la bonne gestion des littoraux dans les zones à risque. Ainsi, le *National Tsunami Hazard Mitigation Program* américain préconise sept mesures pour limiter les effets des tsunamis sur les biens et les personnes (NTHMP, 2001) :

- Connaître le risque de tsunami qu’encourt une région donnée en fonction de l’aléa et de la vulnérabilité, y compris la délimitation des zones potentiellement exposées au risque. La ville d’Héraklion (Crète) s’est ainsi dotée d’un plan très détaillé non seulement des zones exposées mais également des endroits les plus vulnérables. Pour ce faire, l’étude intègre dans un système d’information géographique de multiples facteurs relatifs à la structure de l’habitat et de l’environnement physique ainsi que des données socio-économiques (Papathoma *et al.*, 2003) ;
- Eviter de nouvelles constructions dans les zones identifiées comme exposées au déferlement des tsunamis pour minimiser les pertes lors de futurs tsunamis. Ici, le rôle de l’aménagement du territoire et de son application stricte est de première importance ;
- Opter pour des choix de développement dans les zones exposées aux tsunamis en aménageant certains sites (surélévation par exemple) ;
- Appliquer des normes de construction aux nouveaux bâtiments (résistance au déferlement des vagues, fondations consolidées, etc.) pour minimiser les dommages dus aux tsunamis. A Banda Aceh, les travaux de Boen (2005) montrent en effet que les bâtiments construits selon des normes parasismiques ont résisté au tsunami mais que les autres constructions ont été pulvérisées lors du passage de la vague ;
- Protéger des tsunamis les constructions et infrastructures existantes dans les zones exposées via des digues ou des murs anti-tsunamis qui, certes, sont des ouvrages très coûteux et peu esthétiques mais qui ont prouvé leur efficacité, notamment dans certaines baies japonaises particulièrement exposées (Pons, 2005a, 2005b) ;
- Prendre des précautions spécifiques pour l’installation d’infrastructures nécessaires durant les crises (hôpitaux, pompiers, protection civile, etc.) ;
- Préparer des plans d’évacuation. Ici, deux solutions existent : d’une part, l’évacuation horizontale qui consiste à se retirer à l’intérieur des terres sur un point haut et, d’autre part, l’évacuation verticale qui réside dans le fait de se réfugier aux étages supérieurs des bâtiments. Cette dernière solution est préconisée lorsque le temps d’évacuation horizontale est très court, lorsque la densité de population est élevée et les moyens d’évacuation horizontale (routes, ponts, etc.) sont limités, ou lorsque la topographie d’une île est peu accidentée (les Maldives, par exemple). Dans les zones où des bâtiments sont peu développés en hauteur, l’édification de plates-formes surélevées dans les villages côtiers peut être envisagée. C’est d’ailleurs une option retenue au cours de cette dernière décennie dans le delta du Gange, au Bangladesh (Kempf, 2005b), qui est chroniquement affecté par des inondations ou des cyclones tropicaux engendrant une élévation temporaire du niveau de la mer.

Clairement, en Asie du Sud-Est, on peut se demander si de telles dispositions constituent une utilisation judicieuse des ressources financières. En effet, s’il est probable que la construction de bâtiments plus solides n’est pas économiquement rentable par rapport à des événements exceptionnels comme un fort tsunami tous les 1000 ans, il est néanmoins important de souligner que de telles mesures réduiraient également de manière substantielle les pertes lors des séismes et des tempêtes, phénomènes fréquents dans la région.

Dans une certaine mesure, il semble que les autorités des pays touchés aient partiellement intégré les leçons du tsunami. En effet, le Sri Lanka a déclaré qu’il était maintenant interdit de construire à moins de 300 mètres des côtes alors qu’en Inde, la zone non edificandi n’est plus limitée aux 500 premiers mètres des rivages mais étendue au premier kilomètre (Anonyme, 2005b). Dans la province d’Aceh, Sumatra, les autorités vont beaucoup plus loin. Toutes les villes côtières seront repoussées vers l’intérieur des terres et protégées de la mer par une zone tampon large de deux kilomètres. Dans cette zone tampon, il sera interdit de construire maisons, immeubles de bureaux, marchés et centres commerciaux. Cette zone tampon sera

divisée en trois parties. La première, large de 300 mètres et séparée de la mer par une digue, comprendra mangroves, palmiers et pins. La deuxième, d'une largeur de 1600 mètres, sera exclusivement réservée aux pêcheurs tandis que la dernière bande de 100 mètres sera plantée d'arbres (Sukarsono, 2005).

On ne peut que se réjouir de ces décisions, mais il nous semble important d'y apporter quelques bémols. De manière globale, il semble honnêtement difficile de faire respecter une telle réglementation dans les pays du Sud où la pêche est en région côtière l'une des ressources permettant la survie des populations. Par ailleurs, l'habitat spontané y est légion surtout dans les zones gangrenées par des conflits armés internes comme c'est le cas dans le nord de l'île de Sumatra (Fau, 2005). Dans ces conditions, il semble complexe d'appliquer de manière stricte certaines mesures d'aménagement du territoire ; d'autant que, sur le long terme, la mémoire de la catastrophe va s'effilocher, se déformer, pour progressivement disparaître (d'Ercole & Dollfus, 1996), et cet aménagement du territoire aura d'autant plus de difficultés à être respecté.

Un autre enseignement important réside dans le fait que la décision de délimiter une zone tampon large de deux kilomètres ne s'applique qu'à la province d'Aceh. Ceci n'illustre que trop bien le fait que l'on ne prend des dispositions pour diminuer le risque qu'après une catastrophe subie et témoigne à nouveau d'un manque de vision et/ou de volonté politique et de compréhension du risque. Ainsi, il faudra attendre qu'une autre île indonésienne subisse un désastre littoral important pour qu'à son tour, elle prenne exemple sur la reconversion de la province d'Aceh (pour autant que celle-ci soit un succès).

3 L'éducation des populations à la culture du risque

Un consensus général est adopté par rapport à la nécessité de mettre en place des programmes d'éducation de toute la population pour qu'une certaine culture du risque soit assimilée et pour que les réflexes de prévention soient intégrés (Delbecq, 2004 ; United Nations, 2004). Ceci passe prioritairement par l'éducation des enfants, très vulnérables face à ce risque, dès l'école primaire, notamment à travers des bandes dessinées (ITIC, non daté), mais également par des exercices d'évacuation répétés périodiquement. Ainsi, la prochaine fois que les populations littorales sentiront une vibration tellurique ou verront la mer se retirer anormalement durant quelques minutes, elles sauront qu'il faut se réfugier à l'intérieur des terres ou sur un point haut. Cela ne prend que quelques instants pour intégrer cette simple notion mais peut sauver la vie. Une étude réalisée auprès de touristes occidentaux témoins de la catastrophe sur les îles de Phuket et Phi Phi, en Thaïlande, illustre bien ce propos. Elle rapporte en effet qu'une secousse sismique a été légèrement ressentie et qu'une heure plus tard, la mer s'est retirée d'approximativement 200 à 300 mètres durant 2 à 5 minutes avant que le tsunami d'une dizaine de mètres ne déferle sur 400 mètres à l'intérieur des terres (Orfanogiannaki *et al.*, 2005). Le temps alloué aux touristes pour parcourir une si courte distance vers l'intérieur des terres était amplement suffisant pour sauver toutes ces vies humaines perdues si le réflexe de prévention avait été intégré.

Sur les littoraux du Japon, d'Hawaii, ou sur certains traits côtiers de l'est des Etats-Unis, chaque individu connaît la conduite à avoir en cas d'alerte. Même si l'alerte n'est pas diffusée mais qu'une personne perçoit une secousse sismique, elle saura faire ce qu'il faut. Ainsi, Sugimoto et ses collègues (2003) ont montré que, dans le cas d'un séisme proche, les pertes en vies humaines au Japon pouvaient être divisées par 10 à 15 si les populations entamaient les procédures d'évacuation 15 minutes avant l'arrivée du tsunami. Les pertes seraient presque nulles si la vague devait déferler 30 minutes après la secousse. Lorsque l'on compare

les 165 000 morts de Sumatra aux résultats escomptés si la notion de risque de tsunami avait été assimilée, il est clair que la formation et l'éducation n'ont pas de prix.

Il faut aussi que les officiels soient entraînés à disséminer efficacement les informations dont ils disposent ainsi que les alertes sur le terrain. Pour ce faire, un centre de coordination capable de joindre les bonnes personnes à tout instant doit être mis en place. Aux Etats-Unis, un enseignement spécifique est ainsi mis en place pour les officiels (Beaulieu, 2001). Il reprend toutes les procédures à suivre pour que les alertes soient diffusées de manière optimale.

Conclusion

Globalement, il est à redouter que des risques naturels menaçant les côtes se transforment de plus en plus souvent en catastrophes de grande ampleur tant la vulnérabilité le long des littoraux s'est fortement accrue au cours des dernières décennies suite à l'installation massive des populations proche des rivages, principalement pour des raisons économiques. Avides de nouveaux espaces le long des côtes, ces nouveaux arrivants s'établissent au détriment des écosystèmes qui constituent à eux seuls des zones tampons naturelles représentant des freins très efficaces aux tsunamis mais également aux cyclones, aléas beaucoup plus fréquents dans la région (Dahdouh-Guebas *et al.*, 2005).

L'analyse du tsunami du 26 décembre 2004 a mis en lumière toute une série de dysfonctionnements quant à la gestion de la catastrophe dans les premières heures qui ont suivi le séisme. L'étude de l'historique des tsunamis dans l'Océan Indien explique pourquoi aucun système d'alerte aux tsunamis n'existe en Asie du Sud-Est. Il est par ailleurs montré que ce seul type de système n'aurait pas pu sauver les 165 000 victimes recensées en Indonésie. Par contre, l'application de mesures réfléchies d'aménagement du territoire intégrant le risque de tsunami et l'intégration d'une certaine culture du risque par les populations via des programmes éducationnels auraient fortement diminué la vulnérabilité.

Bibliographie

- AFP [Agence France Presse], 2005a, « Tsunami warning system set for 2006 », 13 janvier 2005.
<http://www.abc.net.au/news/newsitems/200501/s1280982.htm> (dernier accès : 03/03/2005)
- Anonyme, 2005a, « One world, one response – needed, but not yet forthcoming », *The Lancet*, 365, 95-96.
- Anonyme, 2005b, « News », *New Civil Engineer*, 6/13 January 2005, 8.
http://www.nceplus.co.uk/images/nce/editor/tsunami_2.pdf (dernier accès : 15/02/2005)
- Anonyme, 2005c, « Data sharing for disasters », *Nature*, 433, 339.
- Beaulieu J.D., 2001, *Tsunami warning systems and procedures: Guidance for local officials*, Oregon Department of Geology and Mineral Industries, Special Paper 35, 41 p.
http://www.prh.noaa.gov/itic/library/pubs/online_docs/SP%2035%20Tsunami%20warning.pdf (dernier accès : 28/02/2005)
- Berz G., Krow W., Loster T., Rauch E., Schimetschek J., Schmieder J., Siebert A., Smolka A., Wirtz A., 2001, « World map of natural hazards – A global view of the distribution and intensity of significant exposures », *Natural Hazards*, 23, 443-465.
- Bird J., Lubkowski Z., 2005, « Managing tsunami risk », *The Lancet*, 365, 271-273.
- Boen T., 2005, « Sumatra earthquake and tsunami, 26 December 2004 », *ICUS Newsletter*, 4, 1-4.
<http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/www/e/publications/newsletters/nl-4-4.pdf> (dernier accès : 15/06/2005)
- Borrero J.C., 2005, « Field data and satellite imagery of tsunami effects in Banda Aceh », *Science*, 308, 1596.
- Brauman R., 2005, « Il faut arrêter les dons humanitaires », *Le Soir*, 15-16 janvier 2005, 43.
- Brauner C., Tröber S., Bertogg M., Zimmerli P., 2005, *Tsunami in South Asia: Building financial protection*, Zurich, Swiss Reinsurance Company, 8 p.
- Bresch D.N., Bisping M., Lemcke G., 2000, *Les tempêtes en Europe: un risque sous-estimé*, Zurich, Swiss Reinsurance Company, 27 p.

Cybergeo : Revue européenne de géographie, N° 321, 14 octobre 2005

- Carré F., 2005, « Les tsunamis dans le monde : approche géohistorique », *La lettre Intergéo*, Numéro spécial Janvier 2005, 9-10. http://prodig.univ-paris1.fr/umr/actualites/Lettre1_2005.pdf (dernier accès : 28/02/2005)
- Chadha R.K., Latha G., Yeh H., Peterson C., Katada T., 2005, « The tsunami of the great Sumatra earthquake of M 9.0 on 26 December 2004 – Impact on the east coast of India », *Current Science*, 88, 1297-1301.
- Chatterjee P., 2005, « India's health workers rise to the occasion », *The Lancet*, 365, 283.
- Chester D.K., 2001, « The 1755 Lisbon earthquake », *Progress in Physical Geography*, 25, 363-383.
- Choi B.H., Pelinovsky E., Kim K.O., Lee J.S., 2003, « Simulation of the trans-oceanic tsunami propagation due to the 1883 Krakatau volcanic eruption », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 321-332.
- Cyranoski D., 2005, « Solo efforts hamper tsunami warning system », *Nature*, 433, 343.
- Dahdouh-Guebas F., Jayatissa L.P., Di Nitto D., Bosire J.O., Lo Seen D., Koedam N., 2005, « How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? », *Current Biology*, 15, R443-R447.
- Debarbieux B., 2005, « La première catastrophe naturelle médiatisée ? », *Le Soir*, 6 janvier 2005, 13.
- Delbecq D., 2004, « L'éducation, première piste de solution », *La Libre Belgique*, 29 décembre 2004, 6.
- Delbecq D., Honorine S., Prakash P., Masciarelli A., 2005, « Le degré zéro de l'alerte », *La Libre Belgique*, 17 janvier 2005, 4-5.
- De Longueville F., Ozer P., 2005, « Tsunami en Asie du Sud-Est : analyse de son importance dans la presse écrite, des coûts assurés et du nombre de victimes à Sumatra », *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 46, 63-70.
- d'Ercole R., Dollfus O., 1996, « Mémoire des catastrophes et prévention des risques », *Nature, Sciences, Sociétés*, 4, 381-391.
- Fau N., 2005, « Aceh et la côte ouest de Sumatra : de l'oubli au deuil », *La lettre Intergéo*, Numéro spécial Janvier 2005, 20-23. http://prodig.univ-paris1.fr/umr/actualites/Lettre1_2005.pdf (dernier accès : 28/02/2005)
- Hampton T., 2005, « Mental trauma lingers in tsunami's wake », *The Journal of the American Medical Association*, 293, 663-664.
- ITIC [International Tsunami Information Center] (non daté), *Tsunami warning*. <http://www.wsspc.org/tsunami/HI/school00.html> (dernier accès : 28/02/2005)
- Jayaraman K.S., 2005, « India pledges to fund alert system in wake of disaster », *Nature*, 433, 5.
- Kempf H., 2005a, « La vulnérabilité sociale fait d'un phénomène naturel une catastrophe », *Le Monde*, 8 janvier 2005, 6-7.
- Kempf H., 2005b, « Le Bangladesh a mis en place un système exemplaire de réaction aux cyclones », *Le Monde*, 18 janvier 2005, 2.
- Liu P.L.F., Lynett P. Fernando H., Jaffe B.E., Fritz H., Higman B., Morton R., Goff J., Synolakis C., 2005, « Observations by the International Tsunami Survey Team in Sri Lanka », *Science*, 308, 1595.
- Marris E., 2005, « Inadequate warning system left Asia at the mercy of tsunami », *Nature*, 433, 3-5.
- Munich Re, 2004, TopicsGeo. Annual review: Natural catastrophes 2003, Munich, Munich Re, 52 p.
- Munich Re, 2005, *Major earthquakes and tsunamis, 1900-2004*, NatCatService, GeoRisks Department, Munich Re. http://www.munichre.com/assets/pdf/press/pr/2004_12_28_press_release_200_app_02_en.pdf (dernier accès : 22/06/2005)
- Ni S., Kanamori H., Helmberger D., 2005, « Seismology: Energy radiation from the Sumatra earthquake », *Nature*, 434, 582.
- NTHMP [National Tsunami Hazard Mitigation Program], 2001, Designing for tsunamis: seven principles for planning and designing for tsunami hazards. http://www.prh.noaa.gov/itic/library/pubs/online_docs/Designing_for_Tsunamis.pdf (dernier accès : 28/02/2005).
- Orfanogiannaki K., Papadopoulos G., Fokaefs A., Karastathis V., 2005, « Observations about the 26 December 2004 Indian tsunami from eyewitnesses accounts », *Geophysical Research Abstracts*, 7, 00709.
- Ozer P., 2005, « Tsunami : le reflet du clivage Nord-Sud », *Le Soir*, 15-16 janvier 2005, 42.
- Papathoma M., Dominey-Howes D., Zong Y., Smith D., 2003, « Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 377-389.
- Parker D., 2005, « Warning systems not enough to stop future tsunami deaths », *New Civil Engineer*, 6/13 January 2005, 8. http://www.ncepplus.co.uk/images/nce/editor/tsunami_2.pdf (dernier accès : 15/02/2005)
- Pincock S., 2005, « Indonesia struggles to resurrect health services », *The Lancet*, 365, 281.
- Pons P., 2005a, « Alerte et information sont des garanties de survie », *Le Monde*, 18 janvier 2005, 3.
- Pons P., 2005b, « L'île qui se bat contre les vagues », *Le Monde*, 15 janvier 2005, 19.
- Reliefweb, 2005, Aid support in Indonesia. <http://www.re liefweb.int/library/documents/2005/rw-idn-14feb.pdf> (dernier accès : 28/02/2005)
- Schiermeler Q., 2005a, « On the trail of destruction », *Nature*, 433, 350-353.
- Schiermeler Q., 2005b, « Tsunamis : a long-term threat », *Nature*, 433, 4.
- Silove D., Zwi A.B., 2005, « Translating compassion into psychological aid after the tsunami », *The Lancet*, 365, 269-271.

Cybergeo : Revue européenne de géographie, N° 321, 14 octobre 2005

- Stein, S., Okal, E.A., 2005, « Seismology: Speed and size of the Sumatra earthquake », *Nature*, 434, 581-582.
- Sugimoto T., Murakami H., Kozuki Y., Nishikawa K., Shimada T., 2003, « A human damage Prediction Method for tsunami disasters incorporating evacuation activities », *Natural Hazards*, 29, 585-600.
- Sukarsono A., 2005, « Tsunami-hit Indonesia coast to get buffer zone », *Reuters*, 7 février 2005.
<http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900SID/DDAD-69DUXH?OpenDocument> (dernier accès : 28/02/2005)
- Synolakis C., 2005, « India must cooperate on tsunami warning system », *Nature*, 434, 17-18.
- UNDP [United Nations Development Program], 2005, *Human Development Report 2005: International cooperation at a crossroads: Aid, trade and security in an unequal world*, New York, UNDP, 372 p.
<http://hdr.undp.org/statistics/data/> (dernier accès : 05/10/2005)
- Tsuji Y., Matsutomi H., Tanioka Y., Nishimura Y., Sakakiyama T., Kamataki T., Murakami Y., Moore A., Gelfenbaum G., 2005, « Distribution of the tsunami heights of the 2004 Sumatra tsunami in Banda Aceh measured by the Tsunami Survey Team »,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/surveylog/eindex.htm> (dernier accès : 05/10/2005)
- United Nations, 2004, *Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives*, Genève, United Nations, 429 p.
- USAID [United States Agency for International Development], 2005, Indian Ocean: Earthquake and Tsunamis Fact Sheet #38.
http://www.usaid.gov/our_work/humanitarian_assistance/disaster_assistance/countries/indian_ocean/fy2005/indianocean_et_fs38_05-06-2005.pdf (dernier accès : 22/06/2005)
- USGS [US Geological Survey], 2005a, USGS Scientists in Sumatra Studying Recent Tsunamis: Leg 2 Reports, 12 April to 30 April 2005. <http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatra05/images/wavehts1.jpg> (dernier accès : 05/10/2005)
- USGS [US Geological Survey], 2005b, USGS Scientists in Sumatra Studying Recent Tsunamis: Leg 2 Reports, 12 April to 30 April 2005. <http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatra05/images/wavehts2.jpg> (dernier accès : 05/10/2005)
- Van Rooyen M., Leaning J., 2005, « After the tsunami – Facing the public health challenges », *New England Journal of Medicine*, 352, 435-438.
- Watts J., 2005, « Thailand shows the world it can cope alone », *The Lancet*, 365, 284.
- WHO [World Health Organization], 2005, South Asia earthquake and tsunamis.
http://www.who.int/hac/crises/international/asia_tsunami/en/ (dernier accès : 28/02/2005).
- Yalciner A.C., Pelinovsky E.N., Kuran U., Taymaz T., Zaitsev A., Ozyurt G., Ozer C., Karakus H., Safak I., 2005, « Simulation and comparison with field survey results of Dec., 26, 2004 tsunami »,
<http://yalciner.ce.metu.edu.tr/sumatra/survey/simulation/simulation-report-version-1.pdf> (dernier accès : 05/10/2005)

© CYBERGEO 2005

OZER P., DE LONGUEVILLE F., "Tsunami en Asie du Sud-Est : retour sur la gestion d'un cataclysme naturel apocalyptique ", *Cybergeo*, No. 321, 14 octobre 2005 : <http://www.cybergeo.presse.fr>
14/10/2005