



Sismologie et risques sismiques dans le sud-ouest Pacifique

Philippe CHARVIS¹, Marc RÉGNIER² et Robert PILLET³

¹ UMR Géosciences Azur, IRD, Observatoire Océanologique, La Darse, B.P. 48 06235 Villefranche-sur-mer Cedex, France, philippe.charvis@geoazur.obs-vlfr.fr

² UMR Géosciences Azur, IRD, 250 rue Albert Einstein, Les Lucioles 1, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France

³ UMR Géosciences Azur, IRD, Centre IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie

La sismicité dans le Pacifique sud-ouest

Le Pacifique sud-ouest est une région d'intense activité sismique associée à un contexte géodynamique complexe dans lequel s'affrontent les plaques Australienne et Pacifique. Cet affrontement se traduit par des limites de plaque multiples, en convergence le long de l'arc des Salomon, du Vanuatu et des Tonga-Kermadec, transformantes dans la zone des îles Fidji et en Nouvelle-Zélande. À l'arrière des zones de convergence, l'extension active se traduit parfois par une ouverture océanique arrière-arc, complexe et caractérisée par une multitude de segments de dorsale comme dans le bassin Nord-Fidjien ou le bassin de Lau. Les déplacements calculés sont parmi les plus importants de la planète puisqu'ils atteignent 24 cm/an dans le nord de la zone de subduction de Tonga [Bevis *et al.*, 1995] et 12 cm/an dans la zone de subduction du Vanuatu [Calmant *et al.*, 1995 ; Calmant *et al.*, 2003].

Cette tectonique intense se traduit par une sismicité très importante. Sur la période de 1973 à 2003, environ 10000 séismes de magnitude supérieure à 5 et près d'une centaine de séismes de magnitude supérieure à 7, soit environ 20% de la sismicité mondiale, ont été enregistrés par les réseaux sismologiques. Par ailleurs des séismes importants ont affecté certaines grandes villes de la région entraînant des dégâts significatifs, comme à Suva (1956), Nuku Alofa (1972), Futuna (1993) et Port Vila (2002).

En Nouvelle-Calédonie, des séismes d'une magnitude plus faible affectent régulièrement le territoire [Régnier *et al.*, 1999]. Les plus récents, en 1990 (5,70 mb), 1991 (5,00 Ms) et 1999 (4,20 mb), ont affecté le sud-ouest de la grande terre. Ils présentent des mécanismes globalement en extension qui pourraient traduire les contraintes associées à la flexure de la plaque au voisinage de la zone de subduction du Vanuatu.

Au Vanuatu, la sismicité est principalement caractérisée par des mécanismes en chevauchement avec une vergence sud-ouest, perpendiculaire à l'axe de l'arc insulaire. Ces séismes marquent la subduction de la plaque Australienne sous l'arc insulaire du Vanuatu. Localement, des structures secondaires traduisant la complexité de la zone sont associées à une sismicité ne rentrant pas dans ce schéma simple. C'est le cas de la terminaison sud du système où la collision entre le relief associé aux îles Loyauté, sur la plaque plongeante, et l'arc insulaire du Vanuatu produit de nombreuses crises sismiques comme la crise d'octobre 1980, la crise de mai 1995 avec un séisme majeur (Mw 7,7) et la crise de décembre 2003-janvier 2004. De même, dans la zone arrière-arc, à l'est de l'île d'Ambrym, la crise sismique de fin 1999, avec un événement principal de magnitude 7,5, a montré l'existence d'un accident chevauchant avec une vergence opposée (vers le nord-est) à celle de la subduction [Pelletier *et al.*, 2000 ; Régnier *et al.*, 2003 ; Lagabrielle *et al.*, 2003]. Par ailleurs, les mesures géodésiques montrent que l'arc se déforme, sous l'impact de la ride d'Entrecasteaux, relief porté par la plaque

Australienne, avec un effet de poinçonnement en face de la ride et d'expulsion latérale (Calmant et al, 2003).

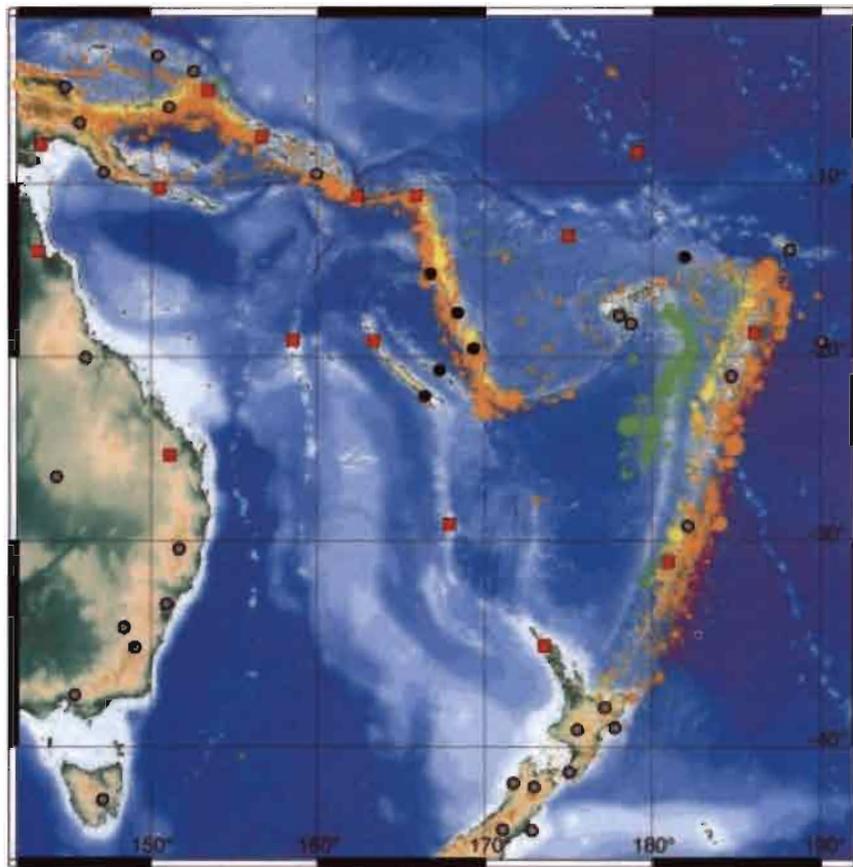


Figure 1 : Carte de la sismicité dans le Pacifique sud-ouest.

La profondeur des séismes est codée en couleur (orange : séismes superficiels, jaune : séismes intermédiaires, vert : séismes profonds) et le diamètre du cercle proportionnel à la magnitude. Les principales stations sismologiques sont indiquées par des points noirs (réseau Cavascope de l'IRD) ou gris (autres stations). Les carrés rouges représentent les stations sismologiques en projet.

L'observation sismologique régionale dans le Pacifique sud-ouest

La caractérisation des sources sismiques est basée sur l'obtention de séries d'observation sur des périodes longues (typiquement 10 ans et plus) par des observatoires permanents de la sismicité et des déformations régionales.

Actuellement l'IRD gère avec des partenaires régionaux (Department of Geology, Mines and Water Resources du Vanuatu, antenne de Futuna de Météo France) un réseau de 6 stations large-bande : le réseau Cavascope installé en Nouvelle-Calédonie, à Vanuatu et à Futuna (Figure 1). Des réseaux sismologiques nationaux sont implantés en Australie et en Nouvelle-Zélande pour les deux plus importants, mais aussi dans de nombreux pays de la zone avec le soutien actif dans certains cas du Japon et des USA.

Le Pacifique sud-ouest est une région essentiellement marine dont la couverture par des réseaux terrestres est difficile. Les réseaux existants sont gérés indépendamment ; ils sont le plus souvent hétérogènes et il n'y a pas de base de données centralisée. Pour ces différentes raisons, mais aussi à cause d'un fort taux de panne lié aux difficultés de maintenance, le bilan opérationnel est faible.

La région est caractérisée par un faible niveau de détection pour les évènements locaux et régionaux. La détermination des séismes régionaux de magnitude supérieure à 4,0 est rarement faite avec plus de 6 stations (Figure 2).

L'absence d'un réseau suffisamment coordonné et opérationnel à l'échelle régionale conduit actuellement à localiser les séismes à partir des réseaux sismologiques globaux dont les localisations sont imprécises et atteignent plusieurs dizaines de kilomètres. Dans de nombreux secteurs, la géométrie du réseau est telle qu'elle ne permet pas de localiser les séismes de magnitude inférieure à 4,8.

La réalisation de campagnes sismologiques et géodésiques temporaires par des laboratoires internationaux a permis d'obtenir localement des résultats scientifiques importants sans toutefois améliorer significativement la connaissance de la sismicité régionale, ni améliorer la définition du modèle de vitesse dans la lithosphère.

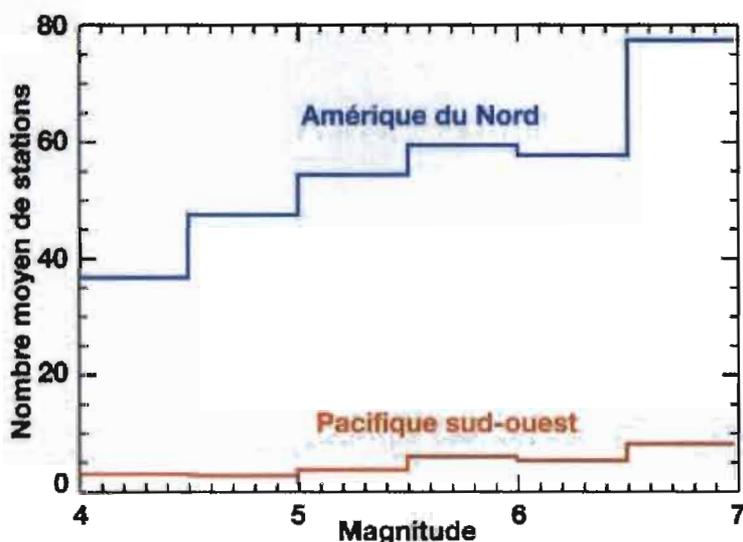


Figure 2 : Détection des séismes.

Nombre moyen de stations détectant un séisme de magnitude donnée. On voit que le nombre de station détectant un séisme ne dépasse jamais 6 ou 7 dans le Pacifique alors qu'il peut atteindre plusieurs dizaines de stations en Amérique du nord. Il en résulte une relative imprécision sur les localisations.

Le risque sismique dans le Pacifique sud-ouest

L'évaluation de l'aléa passe par la détermination de la probabilité de réalisation d'un événement (aléa régional) à partir de la localisation des sources, de la détermination de la récurrence et de l'évaluation du mouvement du sol en prenant en compte l'atténuation régionale. Il faut compléter cette approche régionale par une approche locale de l'effet de site. Ce dernier correspond à une amplification locale des mouvements du sol en fonction de la fréquence (liée à la présence de remplissage sédimentaires meubles par exemple). Des travaux de zonation sismique ont été menés dans quatre capitales régionales afin de définir la fréquence et l'amplification du mouvement du sol soumis à une sollicitation sismique [Régnier et al., 2000 ; Shorten et al., 2001].

Au final ces deux approches permettent de calculer une probabilité d'atteindre une certaine accélération du sol et donc de définir des critères de construction utilisable par le génie civil pour dimensionner les constructions en fonction de leur destination.

La prévision des séismes procède par une recherche d'indices précurseurs ou de signaux transitoires qui permettraient de prévoir, avec une précision suffisante, l'occurrence d'un grand séisme, de manière à pouvoir être utilisé pour la protection civile (évacuation des populations, arrêt de certaine infrastructure à risque,...). Récemment, des réseaux permanents de stations géodésiques et

sismologiques disposés sur les marges du Pacifique nord (Japon, Canada, USA) ont permis de caractériser des déformations aismiques ou générant des signaux de type «trémor», qui correspondraient à la relaxation locale des contraintes le long de la zone de contact entre les plaques. La compréhension de ces signaux et leur recherche dans d'autres zones de subduction ouvrent la voie vers une meilleure compréhension de l'initiation de la rupture sismique, des relations avec la présence de fluides profonds, voire de la prédiction de séismes majeurs [e.g., Dragert et al., 2001 ; Obara, 2002 ; Hirn et Laigle, 2004].

Il est aujourd'hui toujours impossible de prévoir le déclenchement d'un séisme. Par contre, la définition de l'aléa sismique est parfaitement maîtrisée mais peu efficace dans la région du Pacifique sud-ouest à cause des lacunes de l'observation sismologique.

La croissance démographique forte et le développement économique de la région sont des facteurs d'augmentation du risque. Le développement durable implique la prise en compte de l'aléa sismique. C'est pour cette raison que nous proposons un réseau géophysique fédérant les réseaux locaux.

Le projet réseau géophysique régional SPRINGY

L'amélioration significative de la connaissance de la sismicité et de la déformation de la région passe nécessairement par la constitution d'un réseau unifié d'observation et de surveillance, constitué de stations modernes et homogènes, transmettant leurs données en temps quasi réel vers une base de données centralisée et accessible à tous les partenaires. Cet outil permettra le suivi des crises sismiques par les scientifiques et les autorités, une meilleure détection et localisation des événements sismiques et donc une meilleure évaluation de l'aléa dans le cadre d'une coopération scientifique renforcée entre les pays de la zone.

L'observation sismologique dans le Pacifique sud-ouest est actuellement assurée par un ensemble régional de stations autonomes distribuées dans les micros états de la région, complété par les réseaux nationaux des deux grand pays de la zone : la Nouvelle-Zélande et l'Australie. Le groupe de travail SPRINGY propose de connecter entre eux ces sous réseaux, ou directement les stations elles-mêmes, en un réseau régional unifié et homogène. Une utilisation systématique de la transmission de données par télémétrie satellitaire est envisagée. Ce projet ambitionne de créer à terme, une agence régionale de surveillance de la sismicité qui traiterait, archiverait et produirait les données, les informations et les expertises dans le domaine de aléa sismologique ? nécessaires au développement durable des pays de la zone et aux programmes de recherche de la communauté internationale.

Les résultats scientifiques attendus

La réduction des distances épicentrales et l'amélioration de la couverture azimutale obtenues par une meilleure répartition des stations sismologiques, ainsi que l'utilisation de modèle de vitesses à 3 dimensions (en intégrant les données géophysiques marines disponibles par exemple) permettront une amélioration significative de la localisation des séismes [e.g., Font et al., 2003]. Par ailleurs, la modélisation des formes d'onde permet aussi d'améliorer la localisation et le mécanisme focal de l'événement.

Parallèlement, la mise en œuvre de méthodes d'imagerie de type sismique multitrace permet de décrire la structure de la marge convergente, de localiser les accidents secondaires potentiellement actifs, de préciser la géométrie du toit de la plaque plongeante et la nature du chenal de subduction dans sa partie la plus superficielle (jusqu'à 20-30 km de profondeur). À plus grande profondeur, les méthodes tomographiques basées sur l'enregistrement des séismes locaux ou lointains par un réseau de sismomètres terrestres ou marins permettent d'obtenir une image du panneau plongeant, de la zone interplaque et de la zone arrière-arc [par exemple, Zhao et al., 1997].

Conclusions et perspectives

Le Pacifique sud-ouest est une zone tectoniquement très active où le mouvement des plaques est extrême et les structures actives très diverses : arcs insulaires océaniques, blocs continentaux, bassins arrière-arc,.... C'est un laboratoire international exceptionnel qui permettra de poursuivre l'étude des zones de subduction océanique, la compréhension du déclenchement des séismes et la recherche de signaux précurseurs.

C'est aussi une région où le risque sismique est élevé et où des efforts importants doivent être fournis afin de mieux caractériser la sismicité, de mieux quantifier l'aléa et de développer chez nos partenaires du Sud, des compétences pour la mesure, l'observation et l'expertise dans ce domaine.

Références bibliographiques

- Bevis M. et al., Geodetic observations of very rapid convergence and back-arc extension at the Tonga arc, *Nature*, 374, 249-251, 1995.
- Calmant S., P. Lebellegard, F. Taylor, M. Bevis, D. Maillard, J. Recy and J. Bonneau, Geodetic measurements of convergence across the New Hebrides subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2573-2576, 1995.
- Calmant S., B. Pelletier, P. Lebellegard, M. Bevis, F. Taylor, and D. Phillips, New insights on the tectonics along the New Hebrides subduction zone on GPS results, *J. Geophys. Res.*, 108, 2319-2340, 2003.
- Dragert, H., K. Wang, and T.S. James, A Silent Slip Event on the Deeper Cascadia Subduction Interface, *Science*, 292, 1525-1528, 2001.
- Font Y., Kao H., Liu C.-S. and Chiao, L.-Y., A comprehensive 3D seismic velocity model for the eastern Taiwan-southernmost Ryukyu regions. *Terr. Atm. Ocean. Sci.*, 14, (2): 159-182, 2003.
- Hirn, A., and M. Laigle, Silent Heralds of Megathrust Earthquakes?, *Science*, 305, 1917-1918, 2004.
- Obara, K., Nonvolcanic Deep Tremor Associated with Subduction in Southwest Japan, *Science*, 296, 1679-1681, 2002.
- Lagabrielle Y., B. Pelletier, G. Cabioch, M. Regnier and S. Calmant, Coseismic and long-term vertical displacement due to back arc shortening, central Vanuatu: Offshore and onshore data following the Mw 7.5, 26 november 1999 Ambrym earthquake, *J. Geophys. Res.*, 108, 2519-2543, 2003.
- Pelletier B., M. Regnier, S. Calmant, R. Pilet, G. Cabioch, Y. Lagabrielle, J.-M. Bore, J.-P. Caminade, P. Lebellegard, I. Cristopher and S. Temakon, Le séisme d'Ambrym-Pentecôte (Vanuatu) du 26 novembre 1999 (Mw : 7.5) données préliminaires sur la sismicité, le tsunami et les déplacements associés. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 331, 21-28, 2000.
- Régnier M., Van De Beuque S., Baldassari C. and Tribot Laspière G., La sismicité du Sud de la Nouvelle Calédonie: Implications structurales. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes*, 329, 141-48, 1999.
- Régnier M., S. Calmant, B. Pelletier, Y. Lagabrielle and G. Cabioch, The Mw 7.5 1999 Ambrym earthquake, Vanuatu: a back arc intraplate thrust event. *Tectonics*, 22, 1034-1047, 2003.
- Régnier M., S. Morris, A. Shapira, A. Malitzky and G. Shorten, Microzonation of the expected seismic site effects across Port Vila, Vanuatu. *Journal of Earthquake Engineering*, 4, 2, 215-231, 2000
- Shorten G., A. Shapira, M. Regnier, G. Teakle, L. Biukoto, M. Swamy and L. Vuetibau, Site-specific earthquake hazard determinations in capital cities in the south Pacific. *SOPAC Technical Report*, 300, 156 p., 2001.

Assises de la Recherche Française dans le Pacifique



Actes des Assises

24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

www.assises-recherche-pacifique.org
arfp2004@offratel.nc