

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 30

1993

Rapport sur la crise sismique de mars 1993
à Futuna, (TOM des îles Wallis et Futuna)

Michel MONZIER
Marc REGNIER
Roger DECOURT

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 30

1993

**Rapport sur la crise sismique de mars 1993
à Futuna, (TOM des îles Wallis et Futuna)**

**Michel MONZIER
Marc REGNIER
Roger DECOURT**



**L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1993

/Monzier, M.
/Régnier, M.
/Decourt, R.

Rapport sur la crise sismique de mars 1993 à Futuna, (TOM des îles Wallis et Futuna)

Nouméa : ORSTOM. Juillet 1993. 23 p.

Rapp. Missions. : Sci. Terre : Géol.-géophys. ; 30

Ø66SISMO

TRAITEMENT DE DONNÉES ; SISMOLOGIE ; GEOLOGIE / WALLIS ET FUTUNA

Imprimé par le Centre ORSTOM
Juillet 1993



INTRODUCTION

L'archipel de Horn (Futuna et Alofi) est régulièrement soumis à des tremblements de terre, généralement de faible ou moyenne intensité, mais pouvant être violents, comme le signalait dès 1982 un rapport de l'ORSTOM (Louat et al., 1982), diffusé aux autorités compétentes. Ce rapport suggérait l'élaboration de règles très simples visant à diminuer considérablement les éventuels dégâts (choix des sites de construction, normes très élémentaires de construction...). Il signalait également le risque important de raz de marée après une forte secousse, susceptibles d'être déclenchés par des glissements ou éboulements sur les fortes pentes sous-marines observées autour des îles (la tradition orale conserve d'ailleurs le souvenir de raz de marée).

Le samedi 13 mars 1993 vers 02h du matin, une forte secousse, de magnitude $M_b=6,5$ sur l'échelle de Richter, a ébranlé l'archipel. Les jours précédents, plusieurs séismes précurseurs d'intensité moyenne avaient été notés. De nombreuses répliques ont suivi le choc principal.

Ce rapport, établi à la suite d'une mission de trois scientifiques de l'ORSTOM sur Futuna (14 au 20 mars 1993), vise à caractériser cette crise sismique, la situer dans le cadre de la sismicité propre à ces îles, décrire les dommages et dégâts produits, enfin, suggérer de nouveau quelques recommandations simples visant à limiter les dégâts lors de futurs séismes.

Présentation des Iles de Horn

Futuna et Alofi (figure 1.B), couronnent une ride volcanique sous-marine orientée NW-SE, entourée de fonds océaniques descendant rapidement jusqu'à 2500 m. Futuna (16 km de long, 6 km de large, 524 m d'altitude au Mont Puke) est une île montagneuse, caractérisée par un platier bordier peu développé, une étroite plaine côtière (altitude voisine de 5 m) où vit la quasi totalité des 4000 habitants, de très fortes pentes et un plateau sommital à relief mou. Alofi (8 x 5 km), non habitée de manière permanente mais utilisée comme jardin vivrier et réserve forestière, est également montagneuse, mais structurée comme une pyramide à étages culminant au Mont Kolofau (417 m).

Géologie des îles de Horn et signification en termes d'évolution du cadre géodynamique régional

Les îles de Horn sont situées entre la zone transformante senestre active nord-fidjienne au Sud, et le linéament fossile du Vitiaz au Nord. La première, intercepte vers 15°S la zone de subduction des Tonga et limite au Nord la plate-forme Fidjienne, alors que le second, site initial probable de subduction de la Plaque Pacifique, sépare la lithosphère pacifique crétacée des bassins marginaux cénozoïques à actuels Nord-Fidjien et de Lau (figure 1.A).

L'ossature de ces îles est constitué par quatre formations volcaniques sous-marines superposées.

A la base, la formation d'Afaga, épaisse de plus de 500 m, est essentiellement constituée de basaltes intermédiaires peu différents de ceux

des bassins marginaux; elle comprend localement de petits massifs gabbroïques pluri-hectométriques. Au-dessus, la formation de Matavili, épaisse de 200 à 300 m, est presque exclusivement composée d'andésites basiques, montrant une empreinte orogénique nette. Ces deux premières formations, d'âge pliocène supérieur (environ 3 Ma), sont certainement liées à la subduction, le long du linéament du Vitiaz, de la Plaque Pacifique sous l'archipel de Horn, qui aurait donc été à l'époque un segment actif de la "Ceinture de feu" du Pacifique.

Les formations, fini-pliocènes (3 à 2 Ma), du Mont Mamati et de Vaika surmontent cet ensemble orogénique. Toutes deux sont constituées de basaltes transitionnels. Une réorganisation des limites de plaques dans la région nord-Tonga, avec en particulier l'accession au rang de limite majeure de la zone transformante senestre nord-fidjienne, explique la succession sur l'emplacement des Iles de Horn d'un volcanisme d'abord orogénique puis de type intraplaque.

La présence de laves à mise en place sous-marine depuis la base jusqu'au sommet de Futuna et Alofi implique une forte surrection de ces îles. Cette surrection a été accompagnée, depuis environ 2 Ma, de l'installation de platiers récifaux bordiers successifs, que l'on retrouve actuellement perchés jusqu'à plusieurs centaines de mètres d'altitude. Les causes d'une surrection de cette ampleur (au-moins 524 m, altitude du plus haut sommet, le Mont Puke, et probablement bien plus) sont certainement à rechercher dans le régime de contraintes régionales prévalant depuis 3 à 2 Ma.

La sismicité historique des Iles de Horn

Une première étude de la sismicité régionale entre 1964 et 1979 (Louat et al., 1982) montrait que les séismes superficiels associés au fonctionnement de la zone transformante senestre nord-fidjienne et dont les épicentres se trouvaient à proximité des Iles de Horn (moins de 100 km) étaient souvent bien ressentis, sous forme de brèves secousses, sur Futuna et Alofi. Ces séismes, générés en milieu océanique, sont certainement très superficiels (profondeur réelle comprise vraisemblablement entre 0 et 10 km de profondeur) et leur magnitude M_b , généralement inférieure à 5,6, ne doit probablement jamais dépasser 6,5 (cf. séisme du 19/01/1967, $M_b=6,3$).

Toutefois, il était déjà noté que l'USGS signalait, dans un rayon de 100 km autour des îles, trois séismes historiques (1938, 1940 et 1943) de forte magnitude. Parmi eux, celui du 22/12/1940 serait le plus gros séisme historique de la zone (malheureusement, aucun témoignage sur les effets produits par cette secousse dans l'archipel de Horn n'a pu être retrouvé).

Suite au séisme du 26 mars 1986, fortement et longuement ressenti dans les îles, bien que n'ayant pas provoqué de destructions, une mise à jour de cette première étude était réalisée (Louat et al., 1989). Chose nouvelle, l'épicentre de cette secousse de mars 1986 était localisé à une dizaine de km seulement au SSW d'Alofi, au pied de la ride portant l'archipel de Horn, le foyer étant localisé vers 15 km de profondeur. Le mécanisme focal, qui caractérise le mouvement de la faille, correspondait à celui d'une faille inverse orientée NW-SE et plongeant sous Alofi avec un pendage d'environ

35°. L'orientation de l'axe de compression (P) de ce mécanisme "inhabituel" est rigoureusement identique à celle SW-NE des axes P des mécanismes décrochants voisins (correspondant à la zone transformante senestre nord-fidjienne), soulignant ainsi l'uniformité du champ de contraintes régional.

Compte-tenu des incertitudes habituelles concernant la profondeur des foyers superficiels (calculée cette fois à 15 km), il semble bien que l'accident ayant rejoué à cette occasion corresponde à un chevauchement de la ride de Horn sur le bassin océanique qui la borde au SW, dispositif qui pourrait, avec le temps et de nombreuses secousses similaires à celle de mars 1986, expliquer une part importante de la surrection des îles (effet d'un coin s'engageant sous un bloc).

La crise de mars 1993; caractéristiques sismologiques

Déroulement de la crise de mars 93 à Futuna (heures locales Futuna)

La crise sismique a débuté le jeudi 11 mars vers 16H 30 par un séisme fortement ressenti pendant 2 secondes sur toute l'île. Des petites secousses ont ensuite été ressenties régulièrement (une toutes les deux heures) par certaines personnes, l'ensemble de la population ayant recensé environ une demi douzaine de secousses de moyenne intensité (inférieure à celle de la première secousse) jusqu'au vendredi 12 mars au soir. Une dernière secousse avant le choc principal, est fortement ressentie vers 01H 30' le 13 mars. Cette série d'événements sismiques représente une séquence de séismes précurseurs au séisme principal qui est intervenu dans la nuit du 12 au 13 mars à 02H 01' 39" précisément.

La présence d'une séquence de séismes précurseurs est souvent observée lors de crises sismiques majeures mais il est toujours très difficile de l'identifier comme telle en temps réel. Classiquement, une crise sismique comprend d'abord une série de séismes précurseurs (ultérieurement interprétés comme tels), le séisme principal suivi de nombreuses répliques dont la quantité et l'importance sont fonction de la magnitude du choc principal. Dans le cas du tremblement de terre du 13 mars, l'activité sismique pendant les deux jours précédant le séisme principal était totalement anormale et une mission de surveillance de la sismicité était sérieusement envisagée par l'ORSTOM dès le vendredi 12 au soir. Cependant, en de telles circonstances, l'évolution du phénomène vers un séisme majeur n'est à priori pas certaine, de même que n'est pas connue la période de temps qui sépare les précurseurs du choc principal dans l'hypothèse d'une crise sismique classique.

Le séisme du 13 mars de 02H du matin a été depuis re-localisé avec les données de 187 stations du réseau mondial à 14.248° de latitude sud et 178.298° de longitude ouest. La profondeur du séisme demeure indéterminée par les processus numériques traditionnels de localisation, bien que nous sachions que, par ses effets et sa position dans le contexte tectonique local, son foyer se trouve dans les 20 premiers kilomètres de la croûte. Sa magnitude sur l'échelle de Richter est comprise entre 6.3 et 6.5. Ce séisme majeur a été suivi par de nombreuses répliques d'importance variable, dont la cadence a pu atteindre un événement par minute dans les trois premiers

jours suivants (répliques détectées par une station locale temporaire). Deux répliques ont été suffisamment fortes pour être localisées régionalement. Elles sont intervenues 8 et 10 heures après le séisme principal et ont une magnitude proche de 5. Par la suite, on assiste à une décroissance du rythme des secousses ainsi que de leur intensité, bien que des événements isolés tardifs (en particulier celui du 21/4/93 au matin) fassent exception à cette tendance.

La durée de la séquence de répliques n'est pas prévisible précisément. Habituellement cette durée est largement fonction de la magnitude du séisme principal, allant jusqu'à plusieurs mois pour des séismes dont la magnitude est supérieure à 7. Pour les magnitudes intermédiaires entre 6 et 7, la durée est comprise entre plusieurs semaines et quelques mois. Cependant cette durée peut-être largement modifiée par le taux de fracturation du volume de croûte entourant le foyer du séisme principal et plus faiblement, par les caractéristiques du tenseur régional des contraintes. Cela représente la signature du milieu environnant surimposée aux paramètres propres du séisme.

Dans le cas de Futuna, nos connaissances sur le milieu géologique environnant sont insuffisantes et donc notre estimation de la durée de cette séquence de répliques repose principalement sur les caractéristiques du séisme fournies par les agences internationales de localisation de la sismicité mondiale (USGS) ainsi que sur la comparaison avec des crises sismiques intervenues dans un contexte tectonique similaire.

Il est probable que la fin de la crise sera difficile à déterminer sans mesure instrumentale in situ, mais d'ores et déjà une durée minimum entre deux et trois mois doit être envisagée. C'est une durée souvent observée en domaine océanique qui a été plusieurs fois relevée par les sismologues de l'équipe ORSTOM de Nouméa lors de crises sismiques à Vanuatu ou autour des îles Matthew et Hunter. L'enregistrement de la séquence des répliques, ou seulement d'une partie de celles-ci, par des stations sismologiques locales déployées à cette occasion représente souvent pour les sismologues l'unique moyen de bien situer le séisme principal. En effet la distribution des répliques, alors beaucoup mieux localisées que le séisme principal, s'organise souvent sur le pourtour de la zone de rupture du séisme principal, précisant ainsi l'emplacement et la géométrie de la faille principale.

Dans le cadre du plan ORSEC, il nous a été donné l'occasion de déployer sur Futuna une station sismologique deux jours après le séisme du 13 mars. De nombreuses répliques ont ainsi été enregistrées peu de temps après le séisme et la grande fréquence des répliques (jusqu'à un événement/minute) a pu aussi être mesurée. Malheureusement, en raison de l'humidité très importante présente sur Futuna et au manque de matériel de protection pour nos appareils électroniques et informatiques (conséquence de la rapidité de notre intervention et de la limitation de poids sur notre chargement), notre station est rapidement tombée en panne de même que certains supports magnétiques sur lesquels étaient enregistrées des données sismologiques. Une quarantaine de répliques, parmi les plus importantes enregistrées, ont cependant été conservées intactes et permettent d'imager plus précisément le segment de faille lié à la crise sismique de mois de mars 93.

La figure 2 montre la totalité de nos données de sismicité instrumentale dans la région de Futuna-Alofi. La sismicité historique non instrumentale n'est pas représentée. Les séismes de mars 86 et mars 93 sont représentés par leur mécanisme au foyer et les deux grands cercles vides représentent les deux répliques principale du séisme de mars 93. Elles sont naturellement mal localisées, étant intervenues avant le déploiement de notre station.

Les mécanismes indiquent le fonctionnement de la faille qui a joué. Les deux séismes majeurs de cette zone ont un mécanisme de chevauchement indiquant un mouvement de glissement vers le nord-est de la croûte océanique sous la plate-forme des îles de Horn. Dans les deux cas l'orientation de la faille est autour de N300°E laissant supposer que les deux séismes sont liés a des segments différents d'une même faille. La position de leurs épicentres est données par l'USGS avec une précision de plus ou moins 6 km en longitude et latitude.

Les petits cercles indiquent la position des épicentres des répliques du séisme du 13 mars 1993 enregistrées par notre station sur Futuna (représentée par un triangle sur la figure 2).

L'erreur sur ces positions est de 3 km environ. Il est très probable que le séisme de mars 93 soit très proche de la zone de répliques et que sa position réelle soit environ 15 km plus à l'est. On constate alors que la faille principale borde l'île voire même se situe franchement sous l'île comme l'indique l'alignement organisé des répliques les plus proches de la station.

Les conséquences en terme d'accélération du sol pouvant être observée sur l'île sont très différentes selon que le système principal de faille se situe sous l'île ou à 20 km de là. La proximité immédiate de la faille est aussi confirmée par les ondes sonores produites par les séismes qui ont été fréquemment entendues par la population de l'île durant la crise sismique.

La figure 3 présente une coupe de la région épacentrale dont l'orientation est indiquée sur la figure 2. Les foyers sont distribués entre 7 et 20 km de profondeur principalement sous l'île. La carte de sismicité et la coupe (figures 2 & 3) suggèrent que l'île est bordée par deux failles, une le long de la cote nord-est de Futuna a pendage quasi-vertical, la seconde, orientée N300°E plongeant sous Futuna et Alofi avec un pendage de 60° concordant avec la valeur de pendage donnée pour le mécanisme du séisme. La différence de pendage du plan de faille entre les deux séismes de mars 86 et 93 indique que le système de failles bordant la plate-forme de Horn est complexe et que le milieu est certainement très fracturé. Cette caractéristique se retrouve tout le long de la zone de fracture de Fidji à laquelle sont reliées les failles de Futuna et Alofi.

Dommages produits à Futuna par la secousse du 13 mars 1993

Les dégâts occasionnés ont été importants.

1- Glissements de terrains et éboulements rocheux : de très nombreux glissements de terrains et éboulements rocheux ont été observés sur toute l'île de Futuna, partant souvent du bord du plateau sommital, ou affectant de fortes pentes. Heureusement, la plupart n'a concerné que de

faibles surfaces de terrain et de petits volumes de matériaux superficiels. Seuls celui de la sortie est de Kolia (volumineux et large mais superficiel) et surtout celui d' Afaga sur la côte NE (qui s'est déclenché dans le contexte favorable d'une zone de gabbros très altérés) ont nécessité ou nécessiteront de gros moyens pour la remise en état de la route du tour de l'île. Il faut également citer un gros éboulement rocheux (calcaires récifaux et volcanites sous-jacentes) qui est descendu de l'Olotapu (141 m) à Fiua, et où d'énormes blocs ont été heureusement freinés par les tarodières de la plaine côtière, avant d'avoir atteint les habitations. Ces glissements et éboulements ont provoqués d'importants dégâts sur les canalisations amenant l'eau potable aux différents villages, de même que sur la conduite alimentant la centrale hydroélectrique de la Vainifao, ainsi que sur certains tronçons de lignes électriques et téléphoniques.

La mise en culture abusive des flancs très pentus de Futuna a certainement joué un rôle important dans le déclenchement de nombre des petits glissements superficiels observés: résultat, le sol a maintenant disparu, laissant la roche à nu...

Pour terminer avec glissements et éboulements, le cas de la falaise de Vilamalia, située à Leava, juste au-dessus des bâtiments de la Délégation et des Travaux Publics doit être traité à part. Cette falaise, constituée de matériaux friables (brèches volcaniques à ciment calcaire, souvent altérées) a toujours été le siège d'éboulements, déclenchés parfois à la suite de simples pluies. Des éboulements s'y sont produits lors du séisme du 13 mars 1993, tandis que des fissures apparaissaient en bordure de plateau. La situation de deux des principaux bâtiments publics de l'île, juste au pied d'une falaise susceptible de connaître de gros éboulements n'est évidemment guère satisfaisante.

2- Destructures sur les bâtiments : tous les anciens monuments en pierre de taille, souvent centenaires (église et mission de Sausau, chapelle de Kolopelu, église d'Ono, Chapelle de Poi...), se sont partiellement voire totalement, effondrés. Les habitations traditionnelles ("fales"), très nombreuses à Futuna, ont remarquablement bien résisté, ce qui a certainement limité de manière considérable les pertes en vies humaines.

Les constructions modernes, tant édifices publics que maisons d'habitation, ont généralement bien supporté la secousse et ne présentent que des lézardes et fissures peu prononcées. Toutefois, les habitations sur pilotis (ces derniers en béton plus ou moins bien armé et souvent mal proportionnés) ont pratiquement toutes subi de gros dégâts: la plupart sont "descendues" d'un étage ou ont été fauchées, certaines d'entre elles, couvertes par une lourde dalle de toit en béton armé, s'étant totalement effondrées.

3- Raz de marée : la secousse a été suivie d'un petit raz de marée, localisé à la Baie de Leava, qui a occasionné de nombreux dégâts sur les embarcations qui s'y trouvaient. A ce sujet, il convient de souligner que les autorités, sur le conseil de l'ORSTOM, avaient diffusé par radio, peu après le début de la crise, un message conseillant aux habitants de gagner la montagne en cas de fort séisme. Les futuniens ont parfaitement respecté cette consigne, fuyant vers

les hauts de l'île juste après le séisme du 13 mars (ce message ayant été diffusé uniquement en futunien, les européens n'étaient généralement pas au courant et n'ont donc pas réagi...).

Même si dans le cas présent aucun raz de marée important ne s'est produit, cette consigne d'évacuation de la plaine côtière doit être considérée comme toujours valable en cas de forte secousse (il n'est, par contre, pas nécessaire de rester plus de 1 ou 2 heures dans la montagne, le raz de marée, s'il se forme, ayant une origine locale et intervenant donc quelques minutes après le séisme).

4- Liquéfaction des sols et formation de cavités : des phénomènes de liquéfaction des sols ont eu lieu durant le séisme, ceux-ci étant projetés sous forme de fontaines boueuses de plusieurs mètres de haut, laissant des cavités béantes de grandes dimensions (plusieurs m³) dans le sous-sol. Ces phénomènes ont fortement inquiété la population qui a vu, à certains endroits (Leava, en particulier), la terre s'ouvrir littéralement, parfois jusque sous les fales.

5- Effets sur la population : les trois décès enregistrés ainsi que nombre de blessures résultent soit de l'effondrement de maisons modernes sur pilotis (1 mort), soit de l'écroulement de rajouts en maçonnerie, mal conçue et non armée, à l'intérieur des fales traditionnels (2 morts).

Dans l'ensemble, la population a été très choquée par cette crise sismique de forte intensité dont l'événement majeur s'est produit en pleine nuit, accompagnée d'un bruit violent. Les secours, coordonnés dans le cadre d'un plan ORSEC, ont été rapidement acheminés depuis Wallis et la Nouvelle-Calédonie, pour évacuer les blessés graves, déblayer les voies de communication, rétablir électricité et téléphone. L'alimentation en eau potable sera probablement plus longue à rétablir et les risques d'épidémies dus à la consommation d'eaux polluées ne sont pas négligeables.

Surrection de Futuna lors de la secousse du 13 mars 1993

Les populations des côtes sud et sud-ouest de Futuna ont souligné, avec une belle unanimité, l'absence, depuis le séisme, de marées hautes à Futuna! Pour surprenantes qu'elles puissent paraître à première vue, ces déclarations, particulièrement crédibles puisque venant de personnes habituées à vivre avec la mer devant les yeux, n'ont pas surpris les scientifiques.

En réalité, si les grands platiers bordant ces côtes sont maintenant pratiquement découverts à marée haute, c'est simplement parce que les côtes sud et sud-ouest de l'île ont été soulevées d'au moins 50 cm durant le tremblement de terre (cette valeur de 50 cm n'est qu'une estimation, faute de repères stables pour effectuer une mesure). La côte nord-est, pour sa part, ne semble pas avoir enregistré de déplacement vertical notable durant ce séisme.

Ce brusque mouvement de surrection des côtes sud et sud-ouest de Futuna doit être considéré comme un phénomène normal pour cette île qui

s'élève, séisme majeur après séisme majeur, depuis 2 millions d'années environ (effet de "coin s'engageant sous un bloc" mentionné plus haut).

Faute de temps, la mission n'a pu se rendre à Alofi pour y vérifier l'existence d'un éventuel mouvement vertical; toutefois, il faut bien voir que la tâche aurait été difficile, en l'absence de repères stables et de témoins fiables (les gens ne vivent pas de façon permanente sur cette île).

CONCLUSION

En dehors de l'activité sismique modérée, considérée comme normale aux îles de Horn, IL FAUT PRENDRE EN COMPTE LA POSSIBILITÉ D'UNE SECOUSSE DE MAGNITUDE ÉLEVÉE ($M_s \geq 6,5$). La périodicité d'une telle secousse serait supérieure à 150 ans. Cette estimation, forcément grossière pour l'instant, est basée sur le fait que les archives de la mission (remontant à 150 ans) ne mentionnent aucun séisme aussi destructeur, et sur le fait que tous les anciens monuments, centenaires, se sont cette fois écroulés ou ont subi de gros dégâts.

L'installation sur place d'un petit réseau de stations sismologiques permettrait, à défaut de prévoir les séismes, ce qui est impossible pour l'instant, de mieux connaître et quantifier la sismicité locale, donc de mieux évaluer le risque sismique auquel ces îles sont soumises.

La réalisation d'une campagne en mer autour des îles (cartographie détaillée au sondeur multi faisceaux, sismique réflexion, magnétisme, gravimétrie, dragages...) permettrait, quant à elle, de connaître la géologie régionale, ce qui améliorerait également l'évaluation des risques (définition des zones faillées, des zones susceptibles de générer un raz de marée...).

Il conviendrait de consulter sans plus attendre, des experts pour élaborer des règles très simples visant à diminuer considérablement les dégâts, qu'ils soient liés aux séismes ou aux raz de marée qui peuvent en découler (choix des sites de construction, normes très élémentaires de construction.....).

Ainsi, les règles les plus élémentaires voudraient:

- que les bâtiments publics soient édifiés dans des sites présentant des garanties suffisantes de sécurité, c'est-à-dire ni en bord de mer immédiat, ni sous des falaises instables,*
- que les maisons individuelles sur pilotis, à défaut d'être construites convenablement, soient proscrites,*
- que les rajouts en maçonnerie à l'intérieur des falaises soient fait convenablement.*

Enfin, l'information sur le risque sismique devrait être permanente, sous forme d'affiches bilingues, de cours donnés au collège par les professeurs de sciences naturelles...

RÉFÉRENCES

- LOUAT R., MONZIER M., DUPONT J., MAILLET P., 1982. Rapport sur le risque sismique aux Iles de Horn (Futuna-Alofi): Territoire des Iles Wallis et Futuna. Rapport multigraph. Géologie-Géophysique, ORSTOM NOUMEA, n° 5 /82, 10p.

- GRZESCZYK A., EISSEN J.P., DUPONT J., LEFEVRE C., MAILLET P. et MONZIER M., 1987. Pétrographie et minéralogie des îles Futuna et Alofi, TOM de Wallis et Futuna (Pacifique Sud-Ouest). C.R. Acad. Sci. Paris, t. 305, Série II, p. 93-98.

- GRZESCZYK A., MONZIER M., LEFEVRE C., BUTTERLIN J., DUPONT J., EISSEN J.P., GLACON G., MAILLET P. et MULLER C., 1988. Géologie des îles Futuna et Alofi (T.O.M. des îles Wallis et Futuna. Pacifique sud-ouest) : données préliminaires. Géologie de la France, n° 2-3, p. 131-134.

- GRZESCZYK A., MONZIER M., DUPONT J., EISSEN J.P. et MAILLET P., 1988. Carte géologique préliminaire à l'échelle du 1/25.000 de Futuna et Alofi (îles de Horn), TOM des îles Wallis et Futuna. ORSTOM Nouméa.

- LOUAT R., MONZIER M., GRZESCZYK A., DUPONT J., EISSEN J.P. et MAILLET P., 1989 - Sismicité superficielle à proximité des îles de Horn (Territoire de Wallis et Futuna - Pacifique Sud) : caractéristiques et conséquences. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 308, série II, p. 489-494.

- GRZESCZYK A., LEFEVRE C., MONZIER M., EISSEN J.-P., DUPONT J. et MAILLET P. (1991). Mise en évidence d'un volcanisme transitionnel pliocène supérieur sur Futuna et Alofi (SW Pacifique): un nouveau témoin de l'évolution géodynamique nord-Tonga. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 312, Série II, p. 713-720.

LÉGENDES DES FIGURES

- Figure 1A : Localisation de la zone d'étude dans le Pacifique Sud-Ouest,
1 B : Carte bathymétrique de la région de Futuna et Alofi:
- le trait représente la trace de la faille en surface,
- les barbules sont du côté du compartiment chevauchant.
- Figure 2 : Distribution des séismes dans la région de Futuna et Alofi. Les symboles à cadrans noirs et blancs représentent les mécanismes des séismes de mars 86 et mars 93 localisés par l'USGS. Les ronds blancs représentent les séismes superficiels localisés par notre station sismologique.
- Figure 3 : Coupe sismique en travers de la plate forme de Horn. Les séismes compris de part et d'autre du point central sont projetés sur la coupe. La localisation de la coupe est représentée sur la figure 2.

LÉGENDES DES PHOTOGRAPHIES, (CLICHÉS: M. MONZIER) ;

numérotation chronologique, 1/3 signifiant film 1 photo 3.

- 1/3** Le grand éboulement à l'est de Kolia, coupant la route vers l'aéroport; en fait, il ne s'agit que de matériaux superficiels, la route elle même n'ayant pas été emportée.
- 2/4** Leava, à côté de l'embouchure de la Leava: maison sur pilotis effondrée, descendue d'un étage; noter que la maison s'est déportée en bloc vers le NM115-120°E lors de sa chute (les pilotis faisaient ≈2 m de haut).
- 2/6** Leava, à côté de l'embouchure de la Leava: autre maison sur pilotis, cette fois totalement effondrée, la dalle de toit étant trop lourde (un enfant a été extrait de cette ruine sans une égratignure...); noter au premier plan les cavitations, très fréquentes dans cette zone de sables et cailloutis gorgés d'eau, et atteignant parfois 2 à 3 m de profondeur (les formations sous-jacentes ont été éjectées verticalement durant le séisme, à quelques mètres de hauteur, ce qui a beaucoup impressionné les habitants du lieu: par la suite, ces cavités béantes, à côté ou sous leurs maisons ou fales leur ont fait craindre une possible descente vers l'enfer...).
- 2/9** Nuku: maison sur pilotis descendue au niveau du sol: certains pilotis ont transpercé le balcon...tel une broche!...
- 2/17** Nuku: l'église de Sausau, en pierre de taille locale (grès calcaire), totalement effondrée (idem pour le bâtiment attenant de la mission, non visible sur la photo); noter que les renforts internes en béton armé, qui avaient été installés pour soutenir la charpente lors d'une rénovation du toit, n'ont pas flanches (le simple fait d'avoir installé ces renforts prouve le peu de confiance qu'avaient les rénovateur dans la solidité des murs en pierre...)
- 2/20** Fiua, maison sur pilotis de Mr Soulé (enseignant au collège); cette maison était également occupée par deux VAT; lors du séisme, elle s'est littéralement effondrée sur les trois occupants. Le type même de construction à éviter absolument à Futuna: pilotis, dalle de toit en béton...
- 2/24** Fiua, maison sur pilotis de Mr Soulé...Noter que la dalle de toit a été soutenue en son centre par une croisée de murs, ce qui a probablement sauvé la vie des 3 occupants...
- 3/2A** Fiua, maison sur pilotis de Mr Soulé: le minibus réduit à 20 cm d'épaisseur (mais les phares ont tenu bon!).
- 3/3A** Fiua, maison sur pilotis de Mr Soulé; intérieur de la maison; les 3 occupants ont réussi à s'en extraire en pleine nuit, blessés et choqués, mais vivants.

- 3/11A Fiua: preuve de la très mauvaise tenue de la maison sur pilotis de Mr Soulé, les fales à 50 m de là ne présentent pas le moindre dégât...
- 3/12A Fiua: preuve de la très mauvaise tenue de la maison sur pilotis de Mr Soulé, la route (en dalles épaisses de béton) passant à proximité immédiate, ainsi que l'église de Fiua, ne montrent pas la moindre déformation ou fissure...
- 3/14A Fiua: grand éboulement de l'Olotapu, au-dessus de la rivière Asipani; les blocs métriques ont été arrêtés par les tarodières inondées situées au pied de la montagne, en arrière des habitations (qui ont donc été épargnées); noter les niveaux blancs de calcaires récifaux vers 120-140 m d'altitude (témoins de la surrection de l'île), reposant sur des volcanites grises.
- 4/6 Grand glissement de terrain d'Afaga, ayant emporté la route; cette zone où affleurent des gabbros altérés en argilites est propice à de tels phénomènes. La remise en état sera certainement ardue, compte-tenu des mauvaises qualités géotechniques du sous-sol.
- 4/18 Leava: le platier découvert face à la Délégation; à l'évidence cette côte a été soulevée, mais il est très difficile, faute de repères stables, de préciser de combien: 50 cm? (± 40 cm!). Les Futuniens insistent tous sur le fait que *"depuis le séisme, il n'y a plus de marées hautes!"*
- 4/22 Côte sud entre Leava et Vainifao; platier soulevé avec énormes blocs éboulés (lors de séismes antérieurs) et glissements de terrain sur les très fortes pentes.
- 5/5 A Mission de Kolopelu: la chapelle totalement effondrée.
- 5/6 A Mission de Kolopelu: un des vieux bâtiments de la mission avec sa façade à moitié effondrée.
- 5/7 A Église d'Ono à Alo; la partie médiane du clocher a été projetée horizontalement de plusieurs mètres vers le sud-ouest.
- 5/13A Église d'Ono à Alo; la flèche du clocher (tombée entre l'église et la partie médiane du clocher).
- 5/14A Près du radier à l'extrémité est d'Ono; la route déformée par les accidents NM30-N50E. Il n'a pas été possible de déterminer ici la nature et le jeu de ces accidents (qui sont parallèles à une petite faille portée à cet endroit sur la carte géologique).
- 5/20A Près du radier à l'extrémité est d'Ono; le muret inférieur d'un fale affecté par un accident NM30-N50E; il semble s'agir ici d'une faille normale subverticale limitant un petit graben, présentant une faible composante décrochante senestre.
- 6/1 Kolia; le clocher de l'église, projeté sur la route en direction du sud.

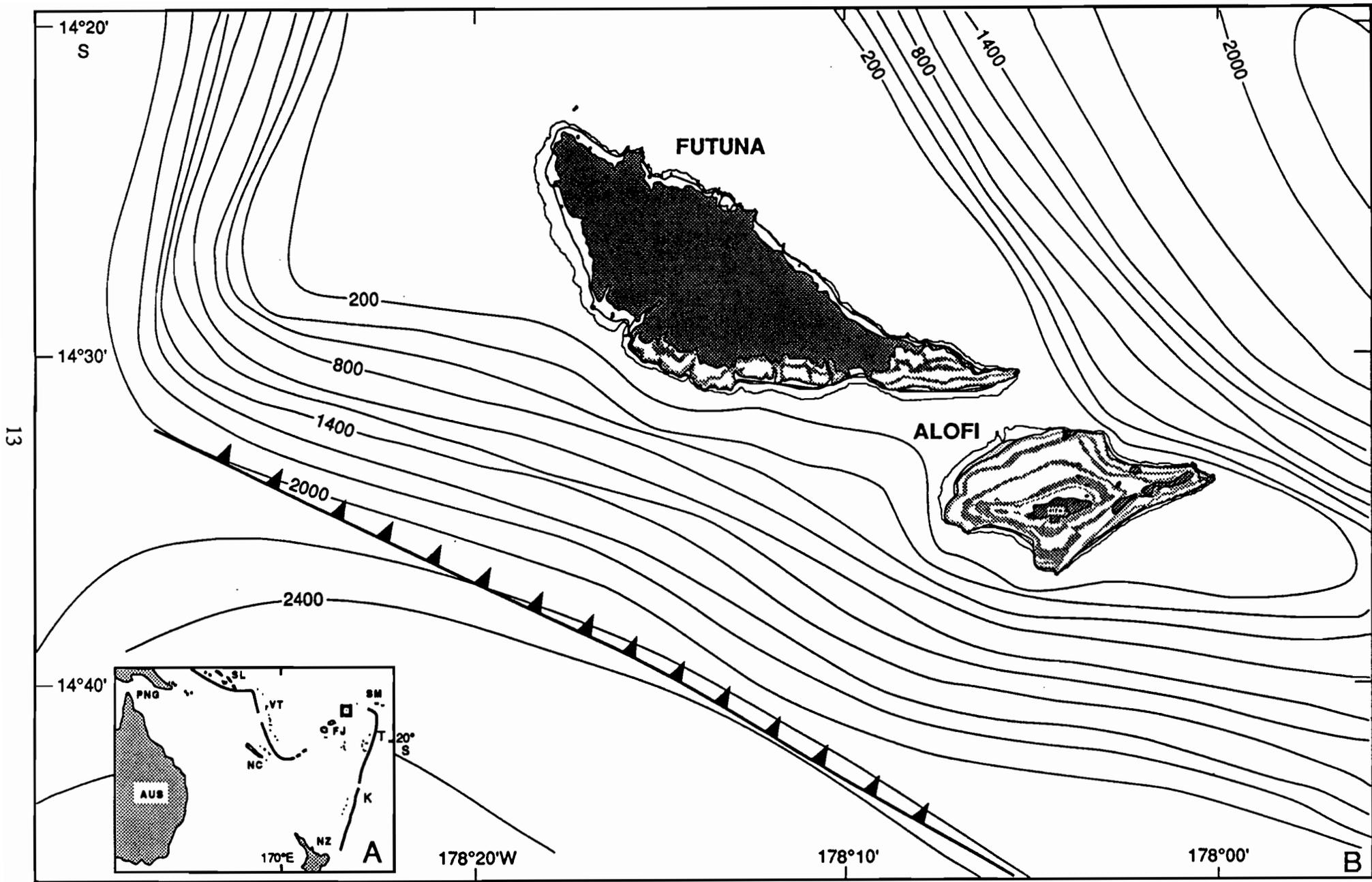


Figure 1

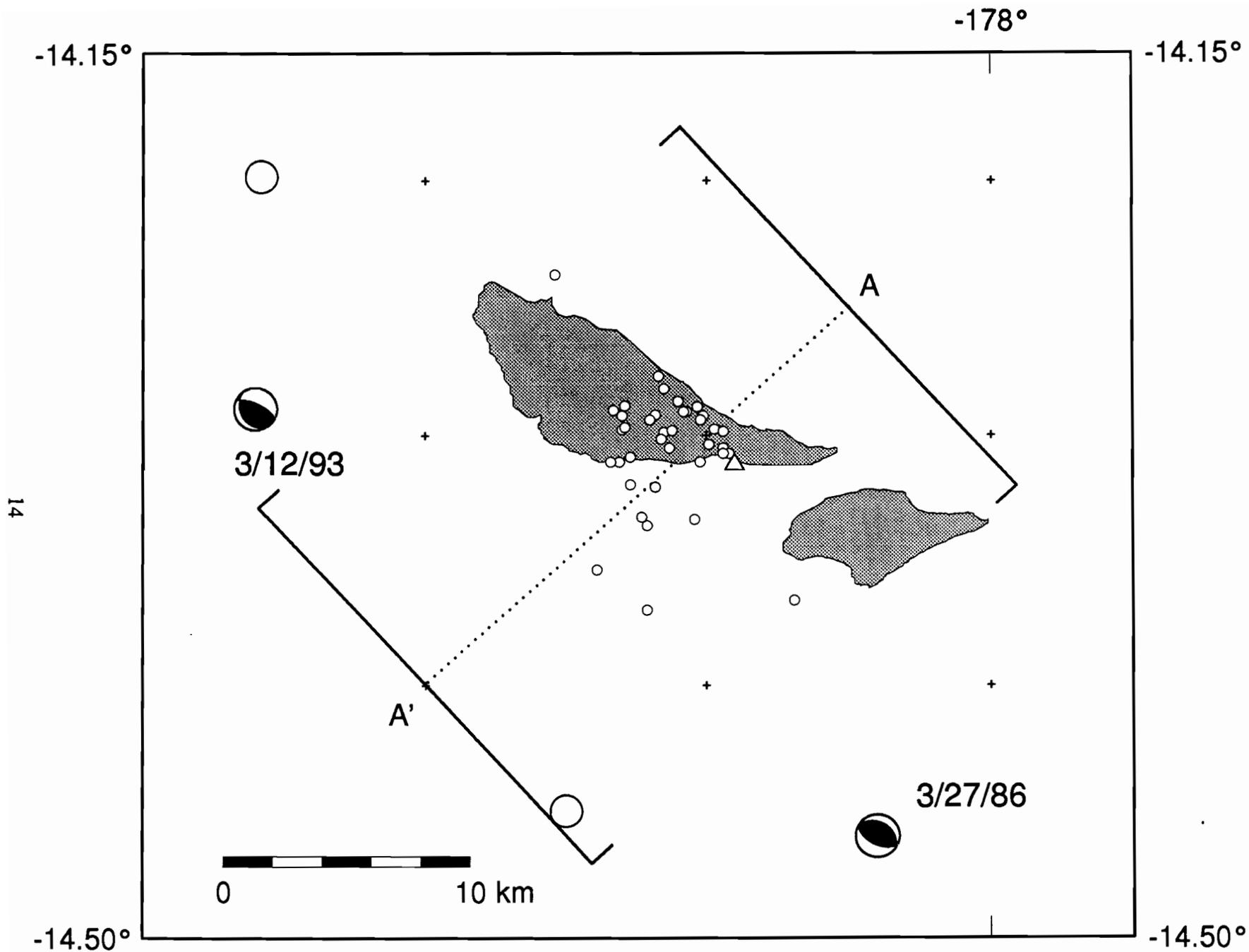


Figure 2

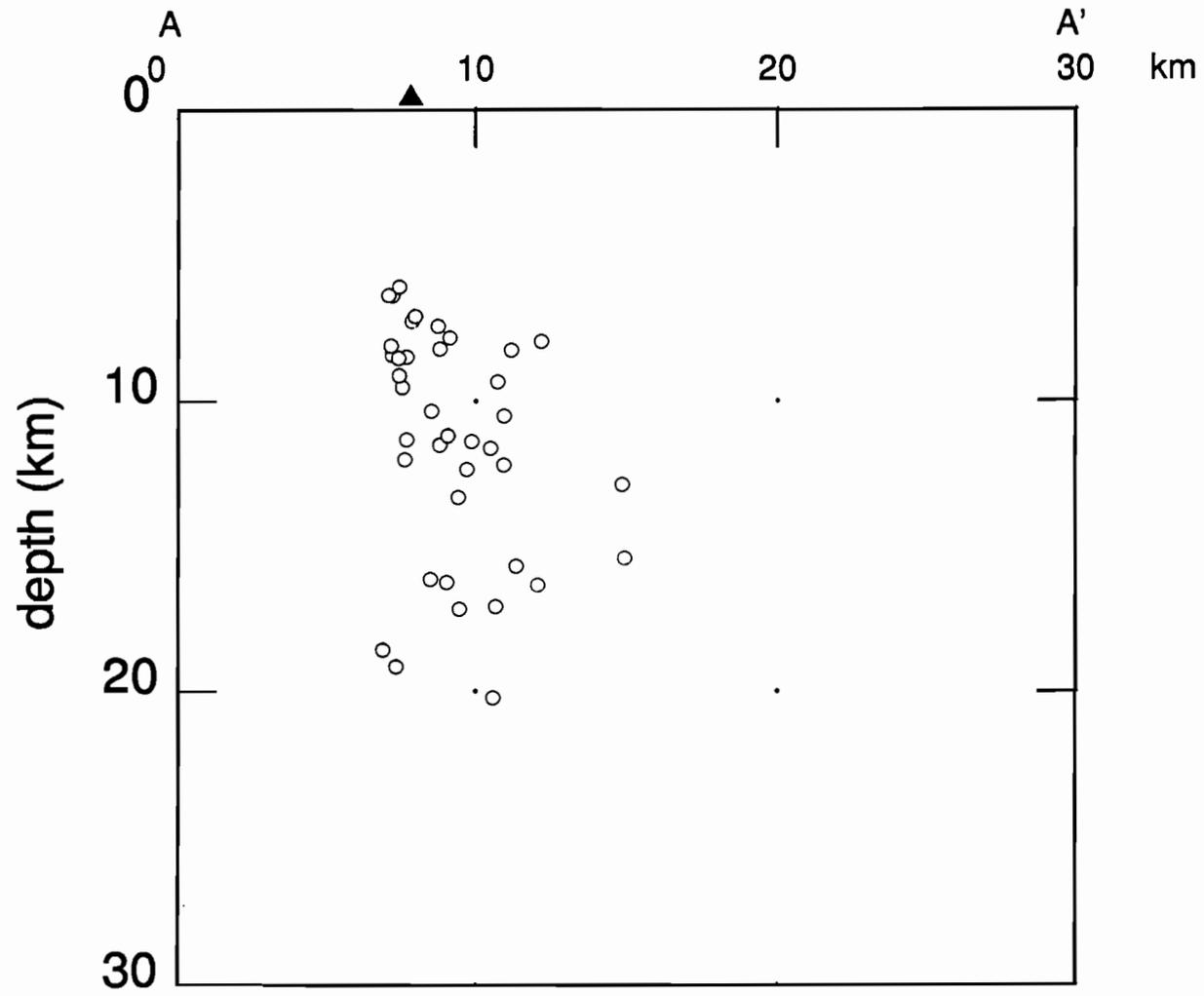
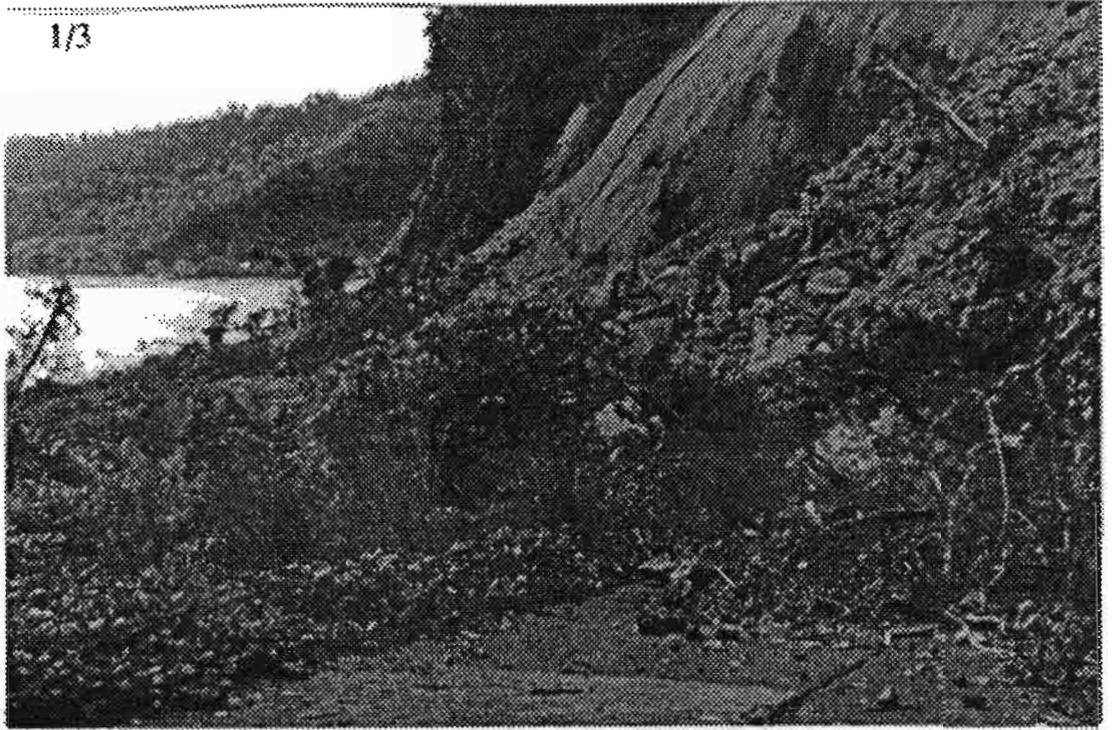


Figure 3

1/3



2/4



2/6



