

## Sismicité superficielle à proximité des îles de Horn (Territoire de Wallis et Futuna-Pacifique Sud) : caractéristiques et conséquences

Rémy LOUAT, Michel MONZIER, Alain GRZESCZYK, Jacques DUPONT,  
Jean-Philippe EISSEN et Patrick MAILLET

**Résumé** — Une faille décrochante senestre très active de direction E-W passe à 20 km au sud des îles de Futuna et Alofi. Un séisme (mb 5,7) localisé à 10-15 km au sud d'Alofi, généré par un mouvement de faille inverse, a été particulièrement ressenti à Futuna. La faille qui a joué sur 10 km est probablement apparue lors du blocage de la zone de subduction de Horn. Des raz de marée destructeurs mentionnés par la tradition orale de Futuna semblent dus à des séismes de ce type. La majeure partie de la population vivant en bord de mer, il y a donc un risque non négligeable de tsunamis.

### Shallow seismicity near the Horn Islands (Territory of Wallis and Futuna-South Pacific): origins and hazards

**Abstract** — An active E-W left lateral transform fault is located 20 km south of Futuna and Alofi Islands. A 5.7 mb earthquake with a thrust focal mechanism has been felt in Futuna. The inferred 10 km long active inverse fault localized 10-15 km south of Futuna is linked with the obstruction of the Horn subduction zone. Destructive tsunamis reported by oral tradition are connected with such thrust motion. As most people live on Futuna Island near the shore, a hazard exists.

**Abridged English Version** — The Futuna-Alofi Islands (Horn Islands) are located 14°18'S and 178°06'W just north of the highly active left-lateral transform fault (Fig. 1) linking the North Tonga subduction zone to the Fiji Islands. Two segments can be identified west and east of 178°40'W [1]. On the western segment the relative motion is the combination of a N75°E strike-slip motion with a 7 cm/yr. velocity and a 3.5 cm/yr. extension in a N135°E direction, on the eastern segment, the relative motion is pure strike-slip and it trends N95°E with a 18 cm/yr. velocity. At 178°40'W the Peggy Ridge characterized by an oblique E-W extension arrives defining a triple Fracture-Fracture-Ridge junction southwest of the Horn Islands. A previous study [2] has shown that felt earthquakes are shallow foci close to the Horn Islands (35 km) and that the regional tectonic setting was not wellknown [3]. New marine data are now available around the islands ([4], [5]) and detailed geological studies of the islands have been carried out ([6] to [10]). Three volcanic units have been recognized on the Horn Islands, with the two oldest units having been interpreted as the result of a Pliocene southwards subduction (the Horn subduction zone) along a fossil trench trending NW-SE. This trench was the northern prolongation of the Tonga trench and linked the Tonga Kermadec arc to the Vitiiaz Trench plate boundary. The end of the Horn subduction process is underlined on the Horn Islands by a transitional intraplate volcanism. Collision between seamounts located on the Pacific plate and the Horn arc have transformed the arc-arc junction Tonga-Horn into a complex system dominated by a left-lateral strike-slip fault. Troughs mapped north of the Horn Islands are, in that interpretation, remanent parts of the fossil trench. A set of new centroid moment tensor focal mechanism solutions ([11] to [14]) confirms the left-lateral motion along the transform fault south of Horn Islands (Fig. 1) and the strike-slip type (with E-W T axis) of focal mechanisms

Note présentée par Jean AUBOUIN.

0249-6305/89/03080489 \$2.00 © Académie des Sciences

along the Peggy Ridge. One earthquake (March 27, 1986, 14.46°S-178.04°W, depth 15 km, mb=5.7, Ms=6.0 BRK 5.7 PAS, seismic moment= $9.7 \times 10^{24}$  dyne  $\times$  cm) with a thrust-type focal mechanism solution stands out at 10-15 km south of Alofi (*Fig. 1* and 2). The P axis is parallel to the ones given by the strike-slip mechanism solutions along the transform fault. This event was felt Mercalli V on Futuna island. The corresponding epicenter (*Fig. 2*) lies on the southern edge of a NW-SE trending ridge which extends over 350 km between Manatu [15] and Rochambeau banks. The N303°E inverse active fault plunges 35° towards NNE. The length of the rupture zone deduced from the seismic moment is 10 km [16]. The fault is parallel to the ridge which formerly was an island arc (the Horn subduction zone) active between 2 and 3 M.yr. ago ([8], [9]). Basalts and related gabbros as well as basaltic andesites are, on both islands, low-potassium tholeiites typical of an island arc. The fault, dipping in the opposite side of the Horn subduction, could be a secondary effect due to the obstruction of the process by a set of large topographic features including Wallis Island. The recent uplifting of the Horn Islands with a tilt in the SW direction (pillow-lavas on the Mont Puke outcrop now at 540 m up [8]) is partly due to this thrust motion. Earthquakes similar to the one dated March 27, 1986 which may occur all along the Horn ridge, are not frequent but they can be responsible for the destructive tsunamis reported by oral tradition in the north west of Futuna island: "On Tavai shore, a wave broke and carried large blocks of coral, people had no time to escape, they were drowned and all the population living on the shore perished" [17]. As all the population of Futuna is concentrated near the shore, a hazard exists from tsunamigenic earthquakes. Regulations with regard to locations of public facilities could significantly reduce this hazard.

I. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET TRAVAUX ANTÉRIEURS. — Les îles Futuna et Alofi (Archipel de Horn) sont situées par 14°18'S et 178°06'W au nord de la zone de fracture Nord-Fidjienne qui relie la terminaison septentrionale de la zone de subduction des Tonga à la région plus complexe des îles Fidji et du bassin Nord-Fidjien (*fig. 1*).

Cette zone de fracture senestre active est soulignée par une sismicité superficielle importante. Elle se décompose en deux segments, le premier orienté N95°E allant du nord de l'arc des Tonga jusqu'à 178°40'W avec un mouvement décrochant senestre (environ 18 cm/an), le second orienté N75°E allant de 178°40'W au nord des îles Fidji avec un mouvement plus complexe puisque résultant de la combinaison d'un décrochement senestre N75°E dominant (7 cm/an) et d'une extension N135°E subordonnée (3,5 cm/an) [1]. La ride à expansion oblique de Peggy arrive au point d'inflexion entre les deux segments qui est donc un point triple F.F.R. situé à environ 135 km au sud-ouest de Futuna et Alofi [1]. Une première étude de la sismicité de cette région [2] montrait que les séismes superficiels associés à la zone de fracture Nord-Fidjienne, les plus proches des îles de Horn se trouvaient vers 14°35'S soit à environ 35 km au sud de celles-ci. Les auteurs remarquaient alors que la géodynamique, la morphostructure, la tectonique de la région étaient particulièrement peu étudiées, empêchant de ce fait toute interprétation détaillée de la sismicité locale [3]. Depuis, la morphologie des fonds marins et la géodynamique régionale sont un peu mieux connues ([1], [4], [5]), ainsi que l'histoire géologique et la pétrologie des îles Futuna et Alofi ([6] à [10]).

II. NOUVELLES DONNÉES SUR LA SISMICITÉ SUPERFICIELLE PROCHE DE FUTUNA ET ALOFI. — Les éléments nouveaux sur la sismicité de la zone de fracture qui passe au sud des îles

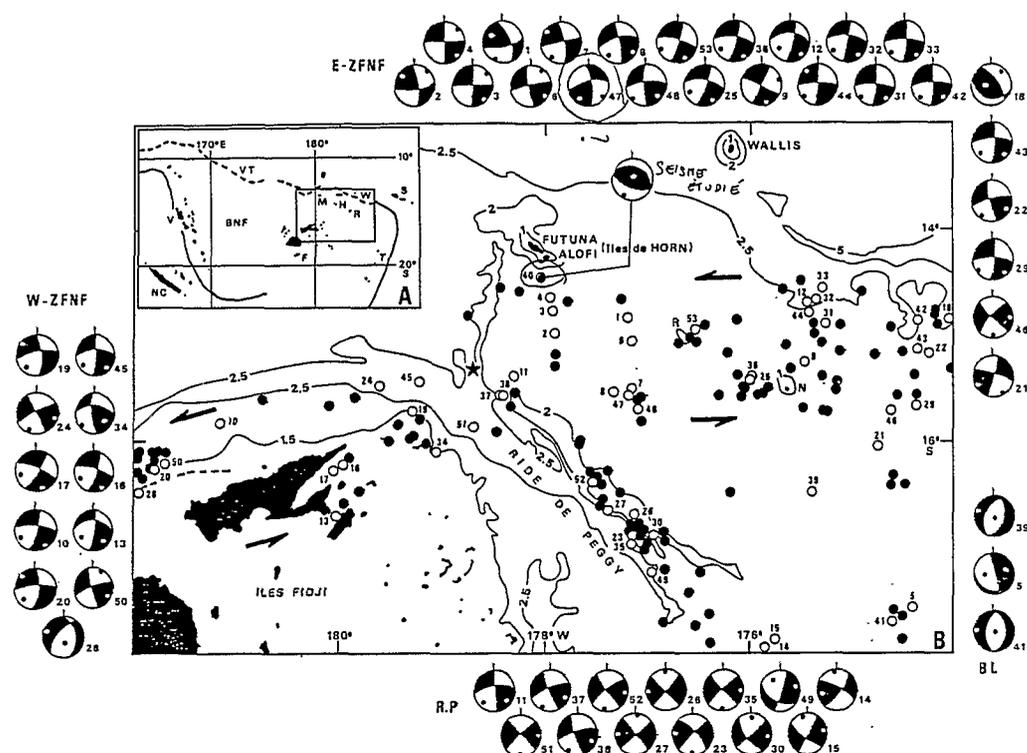


Fig. 1. — (A) Localisation de la zone d'étude dans le Pacifique Sud-Ouest. NC, Nouvelle-Calédonie; V, Vanuatu; VT, fosse de Vitiiaz; BNF, bassin Nord-Fidjien; F, Fidji; M, mont sous-marin Manatu; H, îles de Horn; R, Banc Rochambeau; W, Wallis; S, Samoa; T, Tonga. (B) Sismicité superficielle dans la région des îles Futuna, Alofi et Fidji : ronds noirs et blancs. Les ronds blancs représentent les séismes pour lesquels les mécanismes focaux ont été déterminés. Les mécanismes focaux sont regroupés par famille et localisés par leur numéro : RP, ride de Peggy; W-ZFNF, branche ouest de la zone de fracture Nord-Fidjienne; E-ZFNF, branche est; BL, bassin de Lau. Les flèches indiquent la direction du mouvement des deux tronçons de la zone de fracture Nord-Fidjienne. L'étoile représente le point triple (F.F.R.). Bathymétrie simplifiée en km d'après Kroenke et coll. (1983). R, banc Rochambeau; N, île de Niuafou'ou.

Fig. 1. — (A) Study Area location in the SW Pacific. NC, New Caledonia; V, Vanuatu; VT, Vitiaz trench; BNF, North Fiji Basin; F, Fiji; M, Manatu seamount; H, Horn Islands; R, Rochambeau Bank; W, Wallis; S, Samoa; T, Tonga. (B) Shallow seismicity in the Futuna Alofi Fiji area: open and filled circles. Open circles are events with focal mechanism solutions. Focal mechanisms are distributed in groups and localised by number: RP, Peggy Ridge; W-ZFNF, west segment of the North Fiji Fracture Zone; E-ZFNF, east segment; BL, Lau Basin. Arrows indicate relative motion on the North Fiji Fracture Zone. Star represents the triple point (F.F.R.). Simplified Bathymetry from Kroenke et al. (1983). R, Rochambeau Bank; N, Niuafou'ou Island.

de Horn sont les mécanismes focaux « Centroid Moment Tensor solutions » ([11] à [14]) déterminés pour les séismes dont la magnitude est, en moyenne, supérieure ou égale à 5.

La figure 1 représente la sismicité superficielle affectant la région et les mécanismes focaux associés. On reconnaît l'ensemble très cohérent, à une exception près (47), des solutions en décrochement subvertical senestre caractérisant les deux segments de la zone de fracture Nord-Fidjienne. Cependant, à proximité immédiate de l'Archipel de Horn, un mécanisme focal (27 mars 1986) se singularise puisqu'il s'agit d'une solution en faille inverse. L'orientation de l'axe P (compression) de ce mécanisme est identique à celle SW-NE des axes P des mécanismes décrochants voisins, soulignant ainsi l'uniformité du champ de contraintes régional.

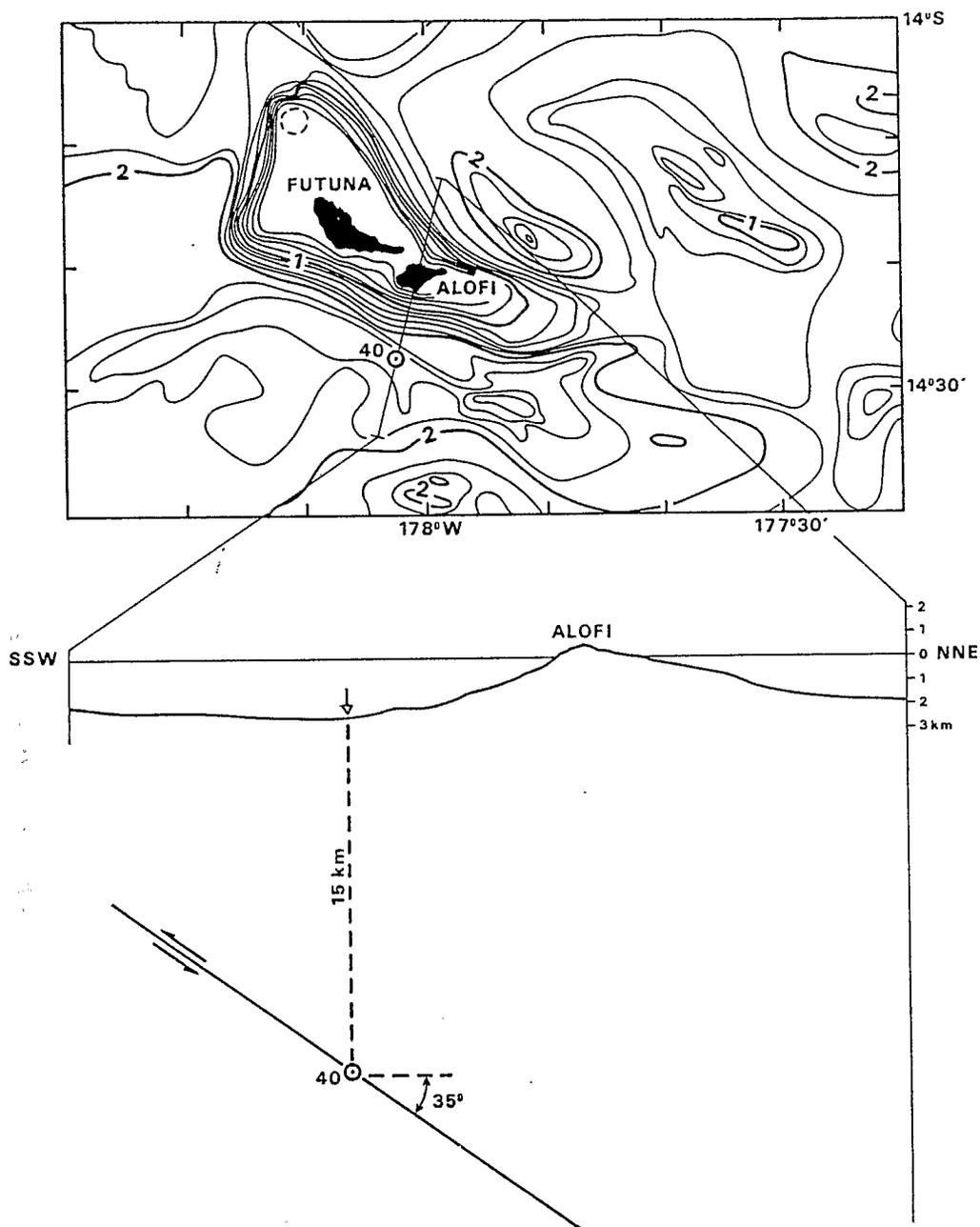


Fig. 2. — Localisation du séisme du 27 mars 1986 (40) au SSW d'Alofi. Représentation de la morphologie à partir d'un profil passant par l'épicentre, perpendiculaire à la pente de la ride et recoupant Alofi (bathymétrie en kilomètres d'après Brocher, 1985). L'hypocentre est à 15 km de profondeur et le plan de faille inverse incliné de  $35^\circ$  vers le NNE. Même échelle pour les distances et les hauteurs.

Fig. 2. — Map of the March 27th 1986 epicenter (40) in the SSW of Alofi. Morphology of a crosscut profile perpendicularly to the Horn ridge showing Alofi and containing the epicenter (bathymetry in kilometers from Brocher, 1985). Hypocenter drawn at a 15 km depth with the fault plane dipping  $35^\circ$  towards a NNE direction. Same horizontal and vertical scale.

III. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION. — Les séismes superficiels de la zone de fracture Nord-Fidjienne, localisés à une distance de 40-80 km au sud des îles, proviennent pour la plupart de décrochements EW senestres; leur profondeur focale (10-15 km) les situe dans la partie superficielle de la croûte. Ils sont nettement ressentis aux îles de Horn sous forme de secousses brèves (Frère Clément Bonhommeau, comm. pers.). Par contre, le séisme en faille inverse du 27 mars 1986 (14,46°S, 178,04°W, profondeur focale 15 km,  $m_b=5,7$ ,  $M_s=6,0$  BRK ou 5,7 PAS), situé seulement à une dizaine de kilomètres au SSW d'Alofi, a été fortement ressenti, bien que n'ayant pas provoqué de destructions. « Cette secousse, qui nous a réveillés nous a semblé longue et forte puisque les objets ont bougé dans les armoires. » (M<sup>me</sup> B. Formentel, comm. pers.). D'après la carte bathymétrique sommaire de la zone [5], l'épicentre de ce séisme est situé au pied de la ride qui émerge au niveau des îles de Horn (fig. 2). Cette ride, orientée NW-SE, s'étend sur une longueur de 350 km entre les bancs sous-marins Manatu [15] et Rochambeau. Elle correspondrait à un segment d'arc volcanique fossile, l'arc de Horn, actif entre 3 et 2 M.a. B.P. à l'extrémité nord de l'arc des Tonga ([10], [15]).

Le séisme du 27 mars 1986 résulterait du jeu d'une faille inverse orientée N303°E avec un pendage de 35° vers Alofi. Dans cette interprétation, la ride supportant Futuna et Alofi chevaucherait localement le bassin qui la borde au sud-ouest. Ceci pourrait expliquer une partie de la surrection importante de ces deux îles postérieurement à l'édification de leur bâti volcanique ([6] à [10]). D'après la valeur du moment sismique ( $9,7 \cdot 10^{24}$  dyne.cm) et les observations de Shimazaki au Japon [16], la longueur de la faille qui a joué lors de ce séisme serait de 10 km, ce qui est légèrement supérieur à la taille d'Alofi. Il s'agirait donc d'un accident local jouant de temps à autre sous l'effet de contraintes régionales. Cet accident est pratiquement parallèle à l'arc fossile de Horn; il serait apparu, au droit des îles de Horn, lors de l'arrêt de la subduction, arrêt probablement dû à l'arrivée de nombreux monts sous-marins de la plaque Pacifique (Wallis entre autres) au niveau de la fosse. Cet accident jouerait actuellement dans le contexte compressif SW-NE associé à la zone de fracture Nord-Fidjienne.

IV. CONCLUSION. — L'Archipel de Horn est affecté par une sismicité proche superficielle, peu fréquente mais dont certains événements peuvent, cependant, atteindre une magnitude de 6. Un risque sismique non négligeable existe donc pour les populations des îles; risque de glissements de terrain, à terre ou sous-marins dus aux pentes fortes de la ride, accompagnés de raz de marée locaux, d'autant que la population des îles vit exclusivement sur une étroite bande côtière de 50 à 400 m de large et d'altitude voisine de 5 m, comprise entre la mer et une forte pente, voire une falaise.

La mémoire collective des habitants de Futuna garde trace de tremblements de terre et de raz de marée. La tradition orale rappelle que la région de Tavai (nord-ouest de Futuna) semble avoir connu des raz de marée consécutifs, sans doute, à des tremblements de terre locaux. « ...Une vague déferla sur le rivage de Tavai et charria une très grande quantité de blocs de corail. Les gens n'eurent pas le temps de fuir et ils furent tous ensevelis. Toute la population du bord de mer périt... » [17].

Les raz de marée semblent avoir marqué la vie futunienne plus fortement que les tremblements de terre; cela n'a pourtant pas modifié l'emplacement des villages et des infrastructures civiles qui sont toujours localisés sur la frange côtière alors qu'il serait possible de les construire, à l'abri, sur les premières hauteurs, du moins pour les plus sensibles (hôpital, écoles...).

Note remise le 15 septembre 1988, acceptée après révision le 23 décembre 1988.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] B. PELLETIER et R. LOUAT, *Tectonophysics* (sous-presse).
- [2] R. LOUAT, M. MONZIER, J. DUPONT et P. MAILLET, Rapport interne ORSTOM, Nouméa, 1982, 10 p.
- [3] E. AUBERT DE LA RUE, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 200, 1935, p. 328-330.
- [4] L. W. KROENKE, C. JOUANNIC et P. WOODWARD, *Geophysical Atlas of the Southwest Pacific*, CCOP/SOPAC, Fiji, 1983, chart 1.
- [5] T. M. BROCHER, in *Geological Investigations of the Northern Melanesian Borderland*, T. M. BROCHER ed., 1985, *Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series*, V 3, p. 13-33.
- [6] A. GRZESZYK, *Pétrologie des laves et des roches grenues associées de Futuna et Alofi (îles de Horn, SW Pacifique, TOM)*, D.E.A., Université des Sciences et Techniques de Lille, 1985, 54 p., 2 pl. ht.
- [7] A. GRZESZYK, J.-P. EISSEN, J. DUPONT, C. LEFEVRE, P. MAILLET et M. MONZIER, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 305, série II, 1987, p. 93-98.
- [8] M. MONZIER, J. DUPONT, J.-P. EISSEN, A. GRZESZYK et P. MAILLET, *ORSTOM actualités*, 18, 1987, p. 2-3.
- [9] P. MAILLET, A. GRZESZYK, M. MONZIER, J.-P. EISSEN, J. DUPONT et C. LEFEVRE, *Pacific Science Association, 16th Congress*, Seoul, Korea, 1, 1987, p. 161 (abstract).
- [10] A. GRZESZYK, *Pétrologie des îles Futuna et Alofi (TOM de Wallis et Futuna, Pacifique Sud) : Implications géodynamiques*, Thèse « Nouveau régime », Lille-Brest (en préparation).
- [11] A. M. DZIEWONSKI, A. FRIEDMAN, D. GIARDINI et J. H. WOODHOUSE, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 33, 1983, p. 76-90.
- [12] A. M. DZIEWONSKI, G. EKSTRÖM, J. E. FRANZEN et J. H. WOODHOUSE, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 45, 1987, p. 11-36.
- [13] A. M. DZIEWONSKI, G. EKSTRÖM, J. E. FRANZEN et J. H. WOODHOUSE, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 48, 1987, p. 18-46.
- [14] U.S. Department of the Interior, U.S. Geol. Survey, NEIS-PDE, Monthly Listing, avril 84-décembre 1987.
- [15] J. M. SINTON, K. T. M. JOHNSON et R. C. PRICE, in *Geological Investigations of the Northern Melanesian Borderland*, T. M. BROCHER ed., 1985, *Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series*, V 3, p. 35-65.
- [16] K. SHIMAZAKI, in *Earthquake Source Mechanics*, *Geophysical Monograph* 37, Maurice EWING 6, 1986, p. 209-216.
- [17] D. FRIMIGACCI, J.-P. SORAT et B. VIENNE, *Royaume de Sigave*, Rapport interne ORSTOM Nouméa, 1987, 466 p.

R. L., M. M. et J. D. : G.D.R., *Genèse et évolution des domaines océaniques*, Centre ORSTOM de Nouméa, B.P. A 5, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie,

A. G. : G.D.R., *Genèse et évolution des domaines océaniques*, Université des Sciences et Techniques de Lille-1, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex;

J.-P. E. et P. M. : G.D.R., *Genèse et évolution des domaines océaniques*, Centre ORSTOM c/o IFREMER, Centre de Brest, B.P. n° 70, 29263 Plouzané.