

Papeete
1980

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

B

LES ILES AUSTRALES (POLYNESIE FRANCAISE)
ET LA THEORIE DES POINTS CHAUDS

Hans G. BARSCZUS

Observatoire de Géophysique Papeete
Centre O.R.S.T.O.M. de Papeete/Tahiti
Polynésie Française

NOTES ET DOCUMENTS DE GEOPHYSIQUE

N° 1980/27

NOVEMBRE 1980

O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire

N° : 28733, en 1

Cote : B.

RESUME

Nous rapportons les résultats de nouvelles déterminations d'âge selon la méthode K/Ar pour les îlots Marotiri et le volcan sous-marin MacDonald, situés à l'extrémité SE de l'archipel des Iles Australes, archipel constitué d'édifices volcaniques intraplaques. Ces nouveaux résultats permettent de constater que l'alignement Thiers - Raivavae - Tubuai - Rurutu - Rimatara - Maria n'a pas son origine au volcan sous-marin MacDonald, comme généralement supposé, mais que celui-ci constitue avec les îlots Marotiri, Rapa et le Banc Neilson une chaîne (appelée "de Rapa"), distincte de celle des Australes (dans leur sens strict).

La comparaison des données géochronologiques connues jusqu'à présent pour cet archipel et les îles Cook conduit à la conclusion d'une part que le mouvement de la plaque pacifique a dû être uniforme en première approximation pendant ces derniers 20 m.a., et d'autre part que la récurrence observée du volcanisme dans ces îles est un phénomène bien réel.

Cette récurrence de l'activité volcanique ne nécessite cependant pas une multiplication des "points chauds" comme proposé jusqu'à présent par divers auteurs. Par contre, elle peut être expliquée par une généralisation de cette théorie, en admettant l'existence de zones intermédiaires ("points tièdes") dont l'état est entre celui de manteau "normal" et "perturbé" (par un point chaud). Dans ce cas, le premier édifice volcanique de chacune des îles alignées est bien le résultat d'un seul et même point chaud, tandis que les épisodes volcaniques ultérieurs sont déclenchés lors du passage de celui-ci à l'aplomb d'une telle zone intermédiaire (ou "point tiède") - qui seule ne pourrait pas être à l'origine d'un nouvel édifice volcanique mais qui peut déclencher un nouvel épisode dans celui produit par le "point chaud", zone tout à fait exceptionnelle existant dans le manteau.

ABSTRACT

We report results of new K/Ar age determinations obtained from samples of Marotiri islets and MacDonal'd underwater volcano, both located to the SE of the Austral Islands which are composed of intraplate volcanoes. These new results suggest that the chain formed by Thiers - Raivavae - Tubuai - Rurutu - Rimatara - Maria does not originate at MacDonal'd volcano as supposed usually, but that the latter is forming a separate chain together with Marotiri islets, Rapa and Neilson Bank, chain which is distinct from that of the Austral one.

After comparing all known geochronological data from this archipelago and from the Cook Islands, it is concluded that the movement of the Pacific plate should have been uniform in first approximation over the past 20 m.y., and that the observed recurrence pattern of volcanic activity in these island is a real feature.

However in order to explain this recurrence of volcanic activity it is not necessary to postulate the existence of several "hot spots", as has been proposed so far by different authors. The observed pattern can be explained through generalization of this theory in admitting the existence of intermediate regions ("warm spots") which represent an intermediate state between "normal" and "disturbed" mantle ("disturbed" by the existence of a hot spot). In such a case, the original volcanic structure of each of these islands forming a chain will be of course the result of the activity of one single hot spot, but the following volcanic stages might be triggered by the passing of this original feature above such an intermediate region (or "warm spot"). Such a region all alone could not account for originating a volcano but is able to trigger a new volcanic stage of the volcano formed by the original hot spot which represents a very particular and uncommon feature of the mantle.

1 - L'ARCHIPEL DES ILES AUSTRALES

A une distance moyenne d'environ 600 km au Sud de Tahiti s'étendent quatre îles "hautes" (Raivavae, Tubuai, Rurutu et Rimatara) et un atoll (Maria) presque parfaitement alignés dans le sens SE-NW. Encore plus au Sud, à plus de 500 km de Raivavae, se trouvent les îles Rapa et Marotiri. Deux bancs ou hauts-fonds remarquables se trouvent également dans cette région : le Banc Neilson à environ 180 km au NW de Rapa et le Banc Président Thiers à 200 km environ au SE de Raivavae. Un volcan sous-marin actif (appelé en 1970 par JOHNSON "MacDonald" en souvenir du volcanologue américain G.A. MacDonald) a été d'autre part détecté par NORRIS et JOHNSON (1969) à environ 340 km au SE des îlots Marotiri, et finalement un certain nombre de guyots et de montagnes sous-marines ont été signalés entre Rapa et Raivavae par JOHNSON (1974) : Havaiki, Simone, Annie ... (Figure 1).

2 - LES ILES AUSTRALES ET LA THEORIE DES POINTS CHAUDS

Appliquant la théorie des "points chauds" selon WILSON (1965) et MORGAN (1972) à cet archipel, le volcan sous-marin MacDonald a été généralement considéré comme étant la manifestation actuelle du "point chaud" se trouvant à l'origine de cet alignement d'îles. Cependant, ce schéma apparemment si simple a été déjà mis en cause par JOHNSON lui-même (1974) à la suite de ses études bathymétriques de la région de Rapa, et par MOTTAY (1976) à la suite de ses études pétrologiques et géochronologiques de Rapa, Raivavae et Tubuai. En effet, l'alignement MacDonald - Marotiri - Rapa - Neilson est nettement décalé de l'alignement Thiers - Raivavae - Tubuai - Rurutu - Rimatara - Maria (Figure 1). Les guyots situés entre Rapa et Raivavae sont présumés d'un âge bien plus avancé que toutes ces îles (par définition même des guyots), tandis que Rapa et Raivavae se révèlent presque contemporains d'après les données anciennes de KRUMMENACHER et NOETZLIN (1966) et nouvelles de MOTTAY (1976) ce qui fait justement remarquer ce dernier que d'après la théorie des points chauds deux îles distantes de plus de 500 km ne peuvent guère être du même âge - et que deux points chauds au moins sont donc nécessaires pour accorder les âges observés.

3 - L'AGE DE MAROTIRI - DEUX CHAINES ?

Nous avons effectué deux missions dans la région de Rapa, en 1979 et 1980, et à cette occasion il a été possible de ramener en 1979 deux échantillons de roche des îles Marotiri qui ont pu être datés par le Hawaiian Institute of Geophysics (Barbara KEATING) et dont l'âge est pour l'un (provenant d'un dyke) $3,51 \pm 0,20$ m.a. et pour l'autre $4,00 \pm 0,19$ m.a. En 1980, le mauvais temps interdisait toute approche nouvelle de ces îlots pour effectuer un échantillonnage plus représentatif. Les dragages réalisés à ces occasions (en 1979 et 1980 au Neilson, en 1980 au Thiers) jusqu'à 120 mètres de profondeur n'ont pas permis de trouver des roches basaltiques, mais seulement des blocs coralliens qui se trouvent actuellement à l'étude. D'autre part, une étude physique et pétrologique de ces échantillons provenant de Marotiri et d'autres, provenant du MacDonald, est en voie d'achèvement.

Cependant, en donnant un âge 0 au MacDonald (les roches draguées à son emplacement en 1979 donnent un "âge" de $0,081 \pm 0,080$ m.a. - c'est-à-dire qu'elles sont trop jeunes pour une datation selon la méthode K/Ar), les nouveaux résultats obtenus pour les îlots Marotiri sont en bon accord avec ceux obtenus antérieurement par deux auteurs différents pour Rapa. Nous pensons donc effectivement que le volcan sous-marin MacDonald n'est pas à l'aplomb du point chaud qui se trouve à l'origine des Australes (du Banc Thiers jusqu'à l'atoll de Maria et éventuellement jusqu'aux îles Cook), mais que l'alignement MacDonald - Neilson (presque parfaitement parallèle au premier) constitue un alignement, une chaîne à part.

Signalons ici quelques résultats provisoires de nos mesures gravimétriques effectuées en 1979/1980 à Rapa, Raivavae, Tubuai, Rurutu et Rimatara, et d'après lesquels les anomalies de Bouguer provisoires pour les quatre îles du Nord (Raivavae à Rimatara) sont chaque fois de l'ordre de + 240 mgal contre seulement + 170 mgal pour Rapa. Il convient bien entendu d'examiner d'une façon plus critique cette différence apparente, notamment par une prise en considération plus appropriée de la différence de la topographie sous-marine dans les deux groupes, Australes proprement dit et celui de Rapa. Nous avons déjà mentionné l'existence de nombreux guyots au Nord de Rapa.

4 - DONNEES GEOCHRONOLOGIQUES ANTERIEURES

D'autres âges ont été publiés pour les îles Australes : en 1975 par DALRYMPLE et al. et en 1976 par DUNCAN et MCDOUGALL. Ces derniers ignoraient les nouvelles déterminations contenues dans la thèse de MOTTAY (1976), tout comme celui-ci ignorait les données nouvelles de DUNCAN et MCDOUGALL. Les toutes dernières données concernant Rurutu et Rimatara de TURNER et JARRARD (qui ne sont pas encore publiées) s'ajoutent à cette liste et il paraît opportun de comparer toutes ces données.

Cette comparaison est intéressante parce que pour plusieurs îles les âges déterminés ne sont pas uniformes, mais peuvent être groupés en plus d'un épisode, séparés par des laps de temps parfois considérables. Ceci n'est pas si étonnant puisque au moins pour Raivavae, et surtout pour Tubuai, il est facile de se convaincre sur le terrain que l'on est en présence d'au moins deux volcans distincts, et l'histoire volcano-tectonique de Rurutu paraît bien compliquée si l'on tient compte du soulèvement de cette île de plus de 100 m.

Le tableau 1 indique les distances des îles : a) pour la chaîne de Rapa par rapport au MacDonald, et b) pour la chaîne des Australes par rapport au Thiers, tandis que le tableau 2 indique les âges moyens pour chaque épisode volcanique d'une île donnée.

Dans ce tableau 2, la colonne 2 indique l'âge moyen calculé à l'aide du nombre de données indiqué en colonne 3, données tirées des publications précitées. En principe, seuls des âges dont la précision est meilleure que $\pm 10\%$ ont été utilisés pour nos calculs (soit par exemple un âge tel que $3,82 \pm 0,22$ aura été utilisé, mais $6,1 \pm 5$ m.a. aura été rejeté).

Les âges ont été regroupés de telle sorte qu'entre deux âges successifs et en tenant compte de la précision indiquée pour ces âges il n'y ait pas de différence, mais recouvrement ou raccordement : soit par exemple (exemple théorique) les quatre âges suivants : $4,00 \pm 0,20$; $4,50 \pm 0,30$; $5,00 \pm 0,50$ et $5,50 \pm 0,20$ m.a. L'âge moyen correspondant (colonne 2) serait de 4,75 m.a., ces quatre valeurs (colonne 3) constituent

un seul groupe parce que (3,80) 4,00 (4,20) se raccorde avec (4,20) 4,50 (4,80) qui se recouvre avec (4,50) 5,00 (5,50) qui se recouvre avec (5,30) 5,50 (5,70) m.a. Par contre, si la séquence avait été $4,00 \pm 0,20$; $4,50 \pm 0,20$; $5,00 \pm 0,30$ et $5,50 \pm 0,20$ m.a., il y aurait eu deux groupes : le premier (3,80) 4,00 (4,20) ni se raccorde ni se recouvre avec le deuxième dont le premier âge est (4,30) 4,50 (4,70) (différence de 0,1 m.a.) qui cependant se raccorde avec le troisième âge (4,70) 5,00 (5,30) qui se raccorde avec le dernier (5,30) 5,50 (5,70) m.a. On aurait donc, dans ce cas, écrit dans les colonnes 2 et 3 : 4,00/1 et 5,00/3.

Disons tout de suite que le nombre de données n'est pas très élevé et que cette méthode est criticable. Notons également la qualité très diverse des données ce qui interdit d'appliquer beaucoup de rigueur (notamment des critères pétrologiques, par exemple une classification des âges en fonction de la place de la roche dans la série d'évolution). Cependant, l'origine variée de ces données permettra - de ce fait même - d'attribuer d'autant plus de confiance aux résultats obtenus. Il faut finalement bien se donner un critère de sélection ou de méthode ... La colonne 4 indique les âges extrêmes entrant dans le calcul de la moyenne (ce sont en quelque sorte les "bornes"), et la dernière colonne informe pour une île donnée sur les données non utilisées parce que trop peu précises.

Les âges moyens ainsi obtenus ont servi à construire le graphique de la figure 2, dans laquelle les données de la chaîne de Rapa figurent en croix, et celles des Australes en gros points.

5 - RECURRENCE DU VOLCANISME DES ILES OCEANIQUES

On constate sans peine que les âges plus élevés pour Raivavae, Tubuai, Rurutu et Rimatara suivent une progression régulière, permettant de tracer les droites 1 et 2 qui sont parfaitement parallèles. Les droites 3 et 4 ne sont pas seulement parfaitement parallèles entre elles, mais aussi aux droites 1 et 2 - et pourtant, dans le cas de la droite 3, le premier âge provient de Tubuai (Australes) et le dernier de Mitiaro (Cook), et dans le cas de la droite 4, respectivement de Rurutu (Australes) et d'Atiu (Cook) !

Malgré le peu de données disponibles et malgré leur précision parfois médiocre, il nous paraît exclu que cette relation observée soit due au hasard.

La droite 5 (en trait tireté) est la droite de la chaîne de Rapa, subparallèle à celle des Australes. Il n'est pour l'instant pas possible d'établir une relation avec Mangaia aux îles Cook, dont l'âge le plus ancien ne semble pas pouvoir être mis en relation avec l'une ou l'autre des deux chaînes; par contre, l'âge le plus jeune pourrait l'être avec la droite reliant les points de Mauke et d'Atiu.

Nous pouvons tirer de ce graphique les conclusions suivantes : d'une part, les différents groupes d'âges trouvés dans certaines îles ne semblent pas provenir d'une erreur d'analyse, mais apparaissent bien réels, et, d'autre part, le déplacement de la plaque pacifique semble avoir été uniforme (de l'ordre de 8 cm/an dans cette région) pendant au moins ces derniers 20 m.a.

Ce graphique semble aussi indiquer [comme pressenti par MOTTAY (1976) et TURNER et JARRARD (1980)] que plusieurs points chauds sont nécessaires pour expliquer ces droites qui doivent avoir chacune à leur origine un point chaud.

Il serait alors nécessaire, non seulement de "multiplier" le nombre des points chauds, mais aussi d'expliquer pourquoi ces points chauds sont alignés ! TURNER et JARRARD (1980) citent le concept de la "ligne chaude" de BONATTI et al. (1977) impliquant l'existence des "rouleaux de convection" de RICHTER (1973).

6 - EXPLICATION DU VOLCANISME RECURRENT PAR LES "POINTS TIEDES" :
GENERALISATION DE LA THEORIE DES "POINTS CHAUDS"

Nous pensons cependant qu'une explication plus simple puisse être trouvée.

Un point chaud est une manifestation assez exceptionnelle dans le manteau qui a pour effet de produire un volcanisme intraplaque qui lui-même crée et constitue un point de faiblesse dans la lithosphère océanique. On ne sait rien sur la durée de vie d'un tel point chaud, mais si toujours le même a été opérant pour créer l'alignement de la chaîne des Hawaii - Emperor, sa durée de vie excéderait 50 m.a. !

Une telle manifestation exceptionnelle interdit de multiplier son apparition par ci- par-là, presque à volonté, et attribuer une durée de vie supérieure à 50 m.a. à un phénomène qui semble pourtant posséder des dimensions latérales restreintes peut paraître un peu hasardeux.

On peut cependant supposer raisonnablement que dans le manteau existent des régions intermédiaires (si l'on veut plus ou moins ponctuelles, formant un genre de trame plus ou moins régulière) entre l'exception ou grande anomalie que constitue un point chaud, et le manteau non perturbé ou normal (par rapport à celui perturbé par un point chaud). On peut supposer également et raisonnablement que ces régions sont plus nombreuses que les points chauds et qu'il arrive relativement fréquemment que la manifestation d'un point chaud dans la lithosphère, c'est-à-dire un volcan intra-plaque, puisse passer au cours de sa dérive au-dessus d'une telle région (ou "point tiède"). Selon le degré "d'anomalie" (plus ou moins proche des critères adoptés pour décrire un point chaud) de cette région, celle-ci pourrait induire une nouvelle phase d'activité dans notre volcan - elle ne le pourrait pas si la lithosphère à son aplomb est "normale", non affaiblie par une activité volcanique antérieure - et si ce processus se répète, on peut arriver à observer plusieurs épisodes volcaniques dans une île telle que l'on l'observe effectivement par exemple à Tubuai et Raivavae.

Dans ce concept, nous gardons au point chaud son caractère exceptionnel, mais nous diminuons le contraste entre manteau "normal" et "anormal" (= point chaud) en supposant l'existence de régions intermédiaires - ce qui paraît d'ailleurs plausible.

Le point chaud n'aura d'autre part nullement besoin de fonctionner démesurément longtemps : il aura simplement déclenché un processus qui peut être déclenché à nouveau dans des conditions "d'anomalie" dans le manteau bien moins rigoureuses ou exceptionnelles que celles nécessaires pour constituer un point chaud.

Si l'on accepte l'existence de ces régions intermédiaires ou "points tièdes", ce renouvellement de l'activité volcanique peut se produire plusieurs fois et ce dans une même île, dans laquelle nous pouvons alors trouver des groupes d'âges différents.

Cette théorie nécessite d'être vérifiée, bien entendu, par de nombreuses recherches complémentaires dont notamment des recherches géochronologiques, paléomagnétiques et pétrochimiques. Une attention toute particulière doit être consacrée aux roches de plus en plus anciennes : elles sont nécessairement plus difficiles à trouver et à analyser. Nous espérons pouvoir apporter de nouvelles contributions dans ce sens grâce aux résultats que nous espérons obtenir de notre dernière mission, ainsi que de celles que nous envisageons d'entreprendre le plus prochainement possible dans la zone concernée - les îles Australes et Rapa.

7 - REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur le Chef du Service Mixte de Contrôle Biologique à Papeete d'avoir bien voulu nous autoriser à participer aux missions "Australes" du B.C.B. Marara, B. RICHER DE FORGES pour la collecte des échantillons à Marotiri et au MacDonald, B. KEATING pour avoir rendu possible la datation des échantillons selon la méthode K/Ar, et D. TURNER et R. JARRARD pour la communication de leur manuscrit avant parution.

8 - BIBLIOGRAPHIE

- BONATTI, E., C.G.A. HARRISON, D.E. FISHER, J. HONNOREZ, J.-G. SCHILLING, J.J. STIPP et M. ZENTILLI, Easter volcanic chain (Southeast Pacific) : a mantle hot line, *J. Geophys. Res.*, 82, 2457-2478, 1977
- DALRYMPLE, G.B., R.D. JARRARD et D.A. CLAGUE, K-Ar ages of some volcanic rocks from the Cook and Austral Islands, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 86, 1463-1467, 1975
- DUNCAN, R.A., et I. MCDUGALL, Linear volcanism in French Polynesia, *Volc. Geotherm. Res.*, 1, 197-227, 1976
- JOHNSON, R.H., Active submarine volcanism in the Austral Islands, *Science*, 167, 977-979, 1970
- JOHNSON, R.H., et A. MALAHOFF, Relation of MacDonal'd volcano to migration of volcanism along the Austral chain, *J. Geophys. Res.*, 76, 3282-3290, 1971
- JOHNSON, R.H., Seamounts in the Austral Island region, Report, Hawaii Inst. Geophys., 20 p., 23 fig., unpubl., june 1974
- KRUMMENACHER, D., et J. NOETZLIN, Ages isotopiques K/Ar de roches prélevées dans les possessions françaises du Pacifique, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 7, 8, 173-175, 1966
- MORGAN, W.J., Convection plumes in the lower mantle, *Nature*, 230, 42-43, 1971
- MORGAN, W.J., Deep mantle convection plumes and plate motions, *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, *Bull.*, 56, 203-213, 1972
- MOTTAY, G., Thèse Doctorat 3^e cycle, Université de Paris-Sud, Orsay, 1976
- NORRIS, R.A., et R.H. JOHNSON, Submarine volcanic eruptions recently located in the Pacific by SOFAR hydrophones, *J. Geophys. Res.*, 74, 650-654, 1969
- RICHTER, F.M., Convection and large scale circulation of the mantle, *J. Geophys. Res.*, 78, 8735-8745, 1973
- RICHTER, F.M., et B. PARSONS, The interaction of two scales of convection in the mantle, *J. Geophys. Res.*, 80, 2529-2541, 1975
- WILSON, J.T., Evidence from oceanic islands suggesting movement in the earth, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, London, ser. A, 258, 145-167, 1965

ILE (Banc, atoll, ...)	Latitude	Longitude	Distance km
<u>Chaîne de Rapa (et des îles Cook - Sud ?)</u>			
MacDonald	28°59'S	140°14'W	0
Marotiri	27°54'S	143°30'W	340
Rapa	27°37'S	144°20'W	427
Neilson	27°03'S	146°03'W	608
Mangaia (Cook)	21°55'S	157°55'W	1.936
Rarotonga (Cook)	21°14'S	159°46'W	2.140
<u>Chaîne des Australes (et des îles Cook - Centre ?)</u>			
Thiers	24°40'S	145°51'W	0
Raivavae	23°52'S	147°39'W	203
Tubuai	23°22'S	149°29'W	396
Rurutu	22°29'S	151°21'W	610
Rimatara	22°39'S	152°48'W	742
Maria	21°48'S	154°42'W	958
Mauke (Cook)	20°09'S	157°20'W	1.281
Mitiaro (Cook)	19°49'S	157°43'W	1.333
Atiu (Cook)	20°00'S	158°06'W	1.361
Aitutaki	18°52'S	159°47'W	1.574

Tableau 1

ILE (1)	Age moyen (2)	n (3)	Agés extrêmes (4)	Données rejetées (5)
MacDonald	0			
Marotiri	3,51	1	3,51 ± 0,20	
	4,00	1	4,00 ± 0,19	
Rapa	4,10	1	4,10 ± 0,15	1 : 5,2 ± 1,7
	5,05	2	5,1 ± 0,4 à 5,0 ± 0,2	
	6,0	2	6,0 ± 0,3 à 6,0 ± 0,25	
Mangaia (C)	13,6	1	13,6 ± 0,6	
	18,2	11	16,6 ± 0,8 à 19,3 ± 0,9	
Rarotonga (C)	1,27	10	1,10 ± 0,04 à 1,41 ± 0,04	1 : 1,21 ± 0,21
	1,74	8	1,58 ± 0,08 à 1,94 ± 0,06	2 : 1,60 ± 0,21
	2,20	2	2,14 ± 0,06 à 2,27 ± 0,08	3 : 1,63 ± 0,25 4 : 2,14 ± 0,31

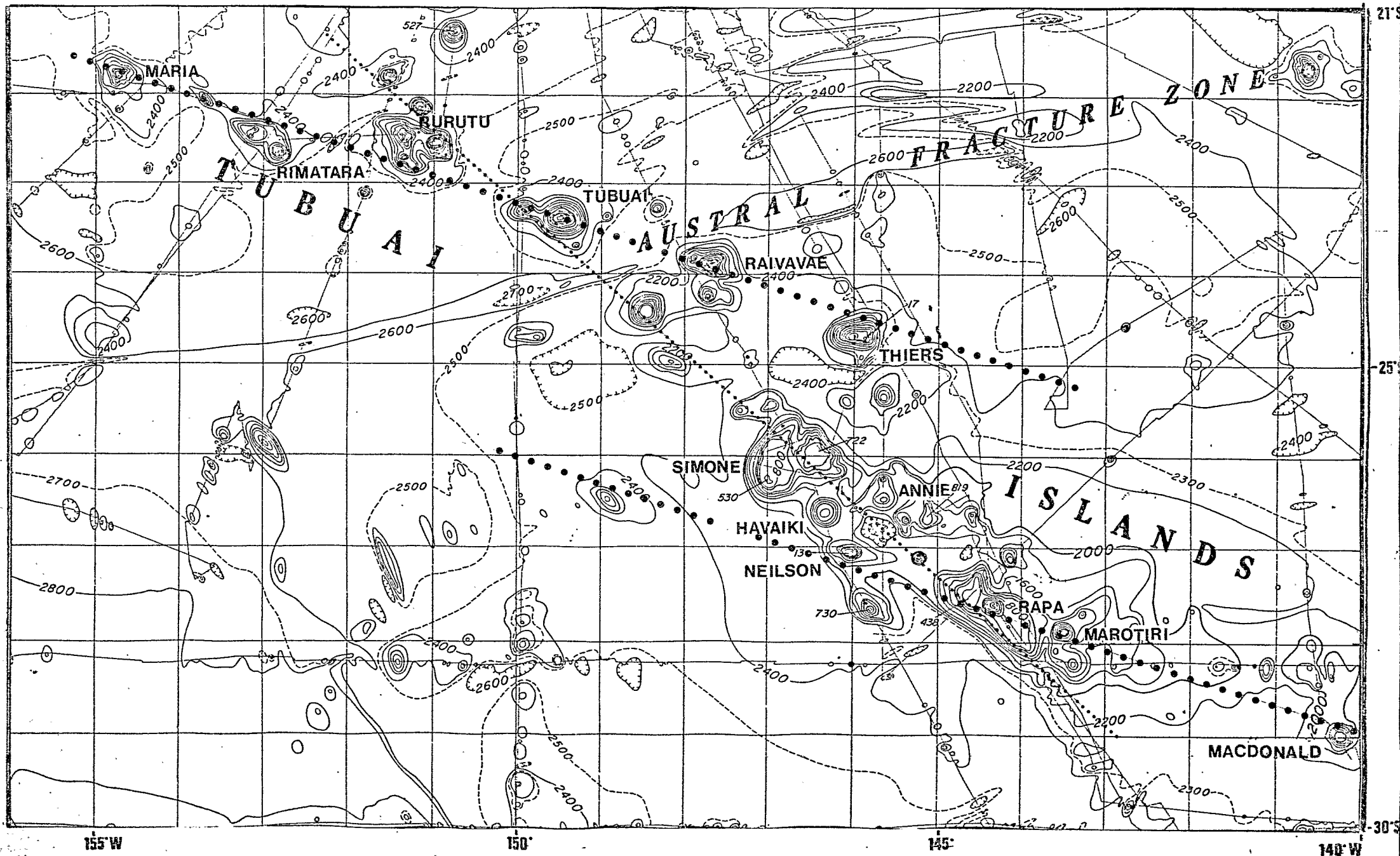
Tableau 2 a

Chaîne de Rapa (et des îles Cook - Sud ?)

ILE (1)	Age moyen (2)	n (3)	Agés extrêmes (4)	Données rejetées (5)
Raivavae	5,67	4	5,50 ± 0,20 à 5,91 ± 0,09	
	6,50	4	6,30 ± 0,25 à 6,78 ± 0,13	
	7,42	1	7,42 ± 0,29	1 : 3,3 ± 3
	14,1	1	14,1 ± 1	2 : 6,1 ± 5
Tubuai	1,00	1	1,00 ± 0,04	1 : 24,9 ± 10
	8,57	5	8,15 ± 0,3 à 8,90 ± 0,35	
	9,49	2	9,48 ± 0,16 à 9,49 ± 0,17	
	10,60	3	10,40 ± 0,45 à 10,80 ± 1	
	16,4	1	16,4 ± 0,6	
Rurutu	18,7	1	18,7 ± 0,75	
	0,6	1	0,6 ± 0,03	1 : 0,5 ± 0,5
	1,02	8	0,88 ± 0,05 à 1,09 ± 0,05	
	1,85	1	1,85 ± 0,08	
	8,43	1	8,43 ± 0,14	
Rimatara	12,01	2	11,98 ± 0,42 à 12,04 ± 0,20	
	21,2	1	21,2 ± 0,6	1 : 4,78 ± 0,52
Mauke (C)	28,6	1	28,6 ± 1,3	2 : 14,4 ± 4,1
	5,64	6	5,14 à 5,97 ± 0,17	
Mitiaro (C)	12,3	1	12,3 ± 0,4	
Atiu (C)	5,72	1	5,72 ± 0,57	1 : 9,30 ± 1,66
	6,57	1	6,57 ± 0,24	
	8,15	5	7,70 ± 0,59 à 8,58 ± 0,26	
	9,96	2	9,92 ± 0,38 9,99 ± 0,29	
Aitutaki (C)	0,73	3	0,66 ± 0,06 à 0,77 ± 0,05	
	1,03	1		
	1,68	4	1,62 à 1,73	
	7,50	1		

Tableau 2 b

Chaîne des Australes (et des îles Cook - Centre ?)



Extrait de la « BATHYMETRY of the SOUTH PACIFIC » par J.MAMMERICKX et al. (1973)

FIGURE 1

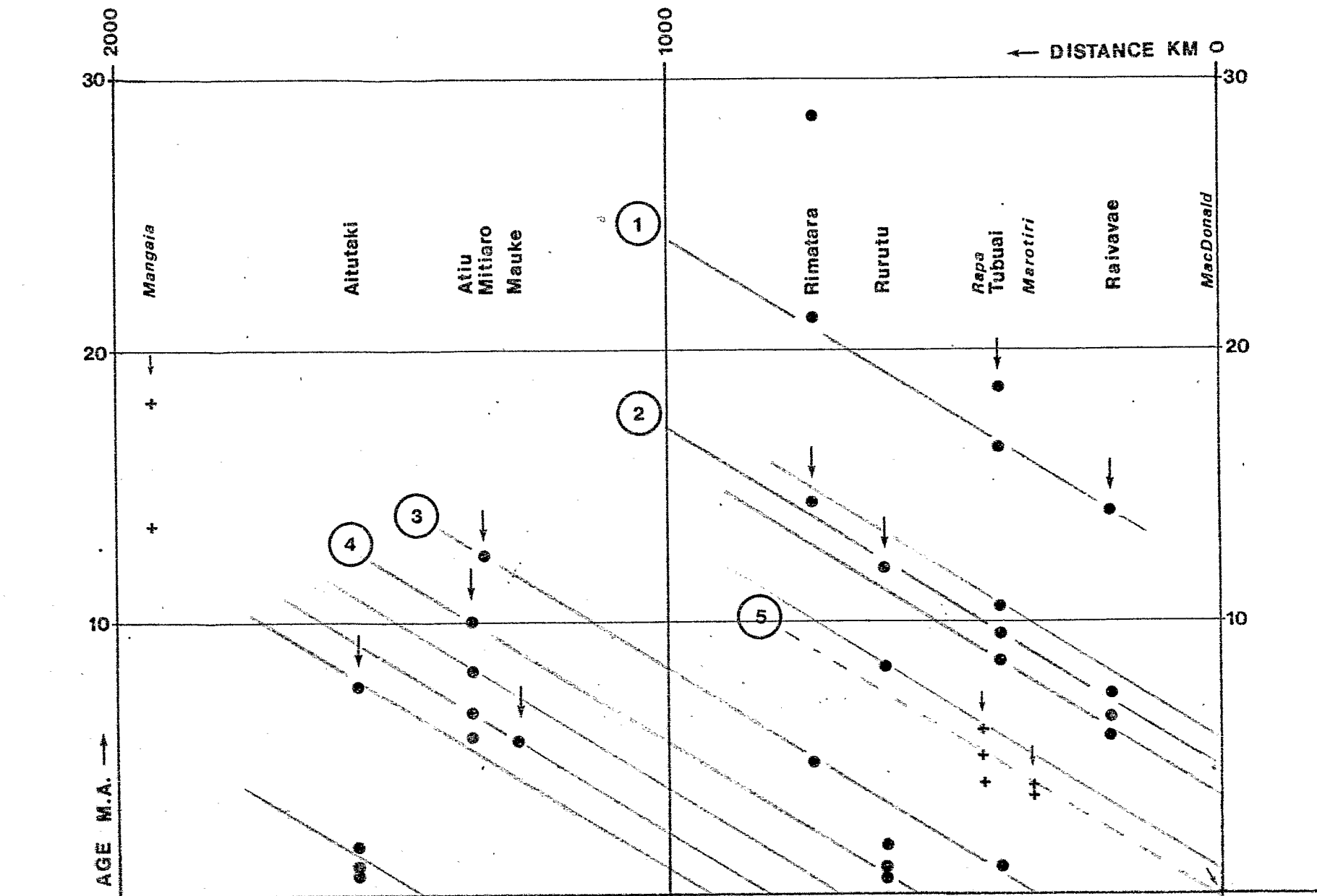


FIGURE 2