

GÉOCHIMIE. — *Géochimie des laves du volcan sous-marin MacDonald, Polynésie Française (Océan Pacifique Sud) : coexistence de tholeïites à olivine, de basaltes alcalins et de basanites.* Note de **Hans G. Barszczus** et **Jean-Michel Liotard**, présentée par Jean Wyart.

L'étude géochimique (éléments majeurs et traces) d'échantillons provenant du volcan sous-marin MacDonald, situé au SE de l'Archipel des Australes (Polynésie Française) permet de constater la coexistence de tholeïites, de basaltes alcalins et de basanites. Ce premier résultat est comparable à celui établi sur le volcan sous-marin Loihi, situé en position analogue au SE des Iles Hawaii.

GEOCHEMISTRY. — Geochemistry of submarine MacDonald volcano, French Polynesia (South Pacific): coexistence of olivine tholeiites, alkaline basalts and basanites.

The study of major and trace element geochemistry of samples from MacDonald Seamount located to the SE of the Austral Islands (French Polynesia) reveals presence of coexisting olivine tholeiites, alkali basalts and basanites. This observation is comparable to that made on lavas from Loihi Seamount, located in a similar position to the SE of the Islands of Hawaii.

I. INTRODUCTION. — Le volcan sous-marin MacDonald est situé dans l'Océan Pacifique Sud (29° lat. Sud, 140°15' long. Ouest), à l'extrémité Sud-Est d'un certain nombre d'îles et de haut-fonds connu sous le nom d'Archipel des Iles Australes (fig. 1). Découvert en 1967 grâce à l'observation d'ondes T téléseismiques provenant d'une crise volcanoséismique [1], il est généralement considéré comme le « point chaud » se trouvant à l'origine de cet archipel ([2]-[5]). Cette activité continue sporadiquement et s'est manifestée récemment à nouveau ([6]-[7]).

L'étude géochimique d'un certain nombre d'échantillons prélevés lors des dragages effectués en 1979 et 1982 par le *B.C.B. Marara* vient de compléter les indications de nature diverse obtenues par ailleurs ([8]-[13]).

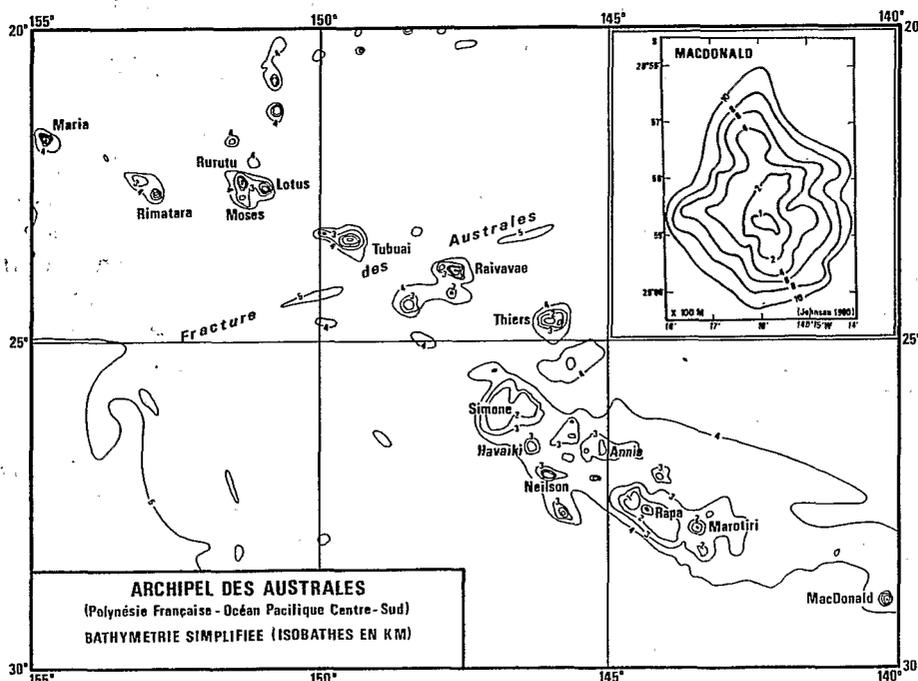


Fig. 1.

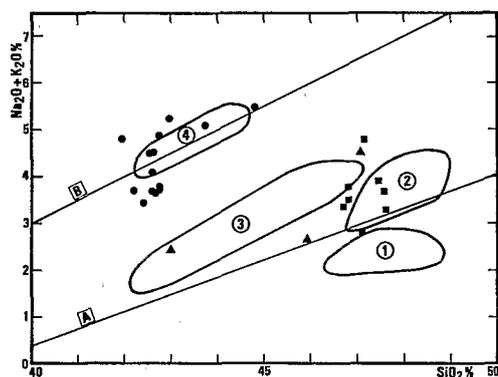


Fig. 2.

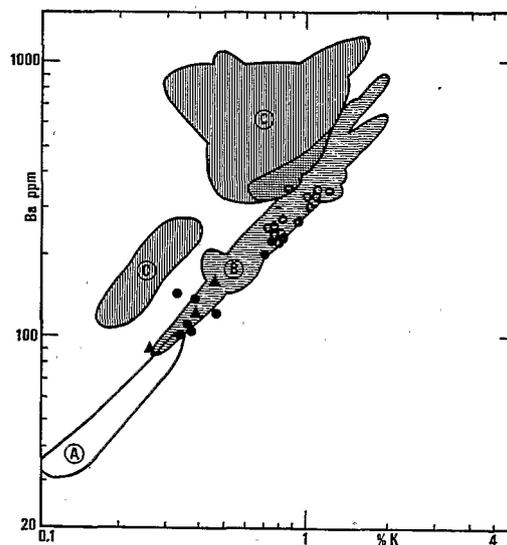


Fig. 3.

Fig. 2. — $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ en fonction de SiO_2 (%) pour les laves étudiées. Symboles : carrés : tholeiïtes à olivine, triangles : basaltes alcalins, points : basanites. Champs [16] : 1, tholeiïtes; 2, basaltes transitionnels; 3, basaltes alcalins; 4, basanites du Loihi. Ligne A : séparation des tholeiïtes et basaltes alcalins selon MacDonald et Katsura (1964); ligne B : séparation des laves moyennement alcalines et fortement alcalines selon Saggerson et Williams (1964).

Fig. 2. — $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 (%) of the lavas studied. Symbols: squares: olivine tholeiïtes, triangles: alkali basalts, cercles: basanites. Fields [16]: 1, tholeiïtes; 2, transitional basalts; 3, alkali basalts; 4, basanites from Loihi. Line A separates tholeiïtes from alkali basalts (MacDonald and Katsura, 1964), line B separates mildly alkaline lavas from strongly alkaline lavas (Saggerson and Williams, 1964).

Fig. 3. — Ba (10^{-6}) en fonction de K (%) pour les laves étudiées. Symboles : points : tholeiïtes à olivine, triangles : basaltes alcalins, étoiles : basanites. Champs [16] : A, tholeiïtes; B, basaltes tholeiïtes; C, basaltes alcalins « postérosionnels » de Hawaii.

Fig. 3. — Ba (10^{-6}) vs K (%) of the lavas studied. Symbols: circles: olivine tholeiïtes, triangles: alkali basalts, stars: basanites. Fields [16]: A, tholeiïtes; B, alkali basalts; C, "post-erosional" basalts from Hawaii.

II. PÉTROGRAPHIE. — Les laves étudiées sont toutes de nature basaltique. Plusieurs types texturaux sont reconnaissables : (a) des textures subdoléritiques à clinopyroxène, plagioclase, minéraux opaques et plus rarement olivine; (b) des textures hyalo- ou glomérporphyriques à phénocristaux de plagioclase et plus accessoirement d'olivine, isolés ou agglomérés, qui caractérisent toutes deux les laves tholeiïtiques; enfin, (c) des textures microlitiques porphyriques banales où les phénocristaux (représentant 10 à 15% de la roche) sont formés essentiellement d'olivine (parfois en xénocristal à extinction roulante), de clinopyroxène auxquels s'adjoint parfois un plagioclase dans les termes plus évolués. Ce type textural se rencontre préférentiellement dans les laves basanitiques les moins différenciées. Dans la mésostase, on retrouve les mêmes minéraux accompagnés des oxydes ferro-titanés, d'apatite, de plagioclase interstitiel et de plages vitreuses.

III. GÉOCHIMIE. — Les normes C.I.P.W. ainsi que le diagramme alcalins-silice (fig. 2) révèlent la coexistence de trois types magmatiques : tholeiïtes à olivine, basaltes alcalins et basanites fortement sous-saturées ($5 < \text{Ne}_{\text{nor}} < 15\%$). À l'exception de deux échantillons hawaïtiques, les valeurs du rapport [Mg] ($[\text{Mg}] = \text{Mg}/\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}$, avec $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{e+} = 0,15$) évoluent de 0,72 à 0,47. Les groupes les mieux représentés dans notre échantillonnage sont les basanites et les tholeiïtes à olivine, plus différenciées dans l'ensemble ($[\text{Mg}] < 0,61$).

Dans un même groupe la différenciation se marque par une augmentation régulière de TiO_2 , Na_2O , K_2O , des éléments incompatibles tels que Rb et Ba et dans une moindre mesure de V et de Zn. Fe_2O_3 reste sensiblement constant, Al_2O_3 et Sr augmentent dans un premier temps jusqu'à des valeurs de [Mg] voisines de 0,50 pour diminuer légèrement au-delà. CaO décroît régulièrement comme Cr, Co et Cu. Ces évolutions suggèrent dans un premier temps un fractionnement de clinopyroxène (augmentation de Al_2O_3 , diminution de CaO et Cr), suivi dans les termes plus différenciés d'un début de fractionnement de plagioclase (diminution de Al_2O_3 et Sr) en bon accord avec l'abondance de phénocristaux de plagioclase dans ces laves. L'augmentation régulière de TiO_2 et la quasi constance de Fe_2O_3 excluent tout fractionnement important d'oxydes ferrotitanés dans la gamme de [Mg] concernée. Dans un diagramme Ni-MgO [14] une corrélation positive se dessine pour l'ensemble des échantillons. Elle indique un fractionnement concomittant d'olivine et de clinopyroxènes. Les termes les moins évolués (MgO compris entre 12 et 14%) montrent des teneurs en Ni comprises entre 280 et $360 \cdot 10^{-6}$ et se situent en dehors du champ des magmas primaires.

IV. GROUPES MAGMATIQUES. — Pour des valeurs comparables de [Mg], les laves basanitiques se caractérisent par des teneurs en K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , Sr et Ba systématiquement plus élevées que celles des tholeiites à olivine ou des basaltes alcalins. Ils croissent d'autre part avec l'augmentation de la teneur en népheline normative. Dans les deux derniers groupes, ces mêmes éléments montrent des teneurs du même ordre, à l'exception de TiO_2 , plus élevé dans les basaltes alcalins. Les tholeiites pour leur part sont enrichis en Cu et appauvris en Zn.

Les rapports Ti/V, K/Ba, $\text{K}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ et Cr/Ni établis sur les termes les moins différenciés discriminent bien les trois types magmatiques. La valeur moyenne élevée du rapport Ti/V pour les basanites (75 contre 65 pour les basaltes alcalins et 51 pour les tholeiites à olivine) suggère la présence d'amphibole dans la source [15]. K/Ba (~ 28) et $\text{K}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ ($\sim 1,34$) augmentent depuis les tholeiites jusqu'aux basanites (~ 32 et $\sim 1,83$), en passant par les basaltes alcalins (~ 31 et $\sim 1,52$). Cr/Ni est en revanche plus élevé dans les tholeiites ($\sim 3,7$) que dans les basanites ($\sim 2,0$) ce qui peut traduire une intervention croissante du clinopyroxène lors de la fusion partielle.

V. DISCUSSION ET CONCLUSION. — Ces premiers résultats sont comparables à ceux établis sur les laves du volcan sous-marin Loihi au SE de Hawaii, situé dans une position analogue à celle du MacDonald vis-à-vis de l'Archipel des Australes. Dans le détail les basanites du MacDonald sont relativement enrichies en TiO_2 et P_2O_5 et appauvries en Ba et Sr par rapport aux basanites du Loihi ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 = 2,8-3,5$ pour le premier contre 3,9-4,1 pour le second, $\text{K}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5 \sim 1,83$ contre 2,7). Les tholeiites du MacDonald apparaissent appauvries en TiO_2 , V et K_2O par rapport à celles du Loihi. Ni et Co ne montrent aucune différence, Cr est légèrement plus faible dans l'ensemble des laves du MacDonald. — Dans un diagramme K/Ba (fig. 3) les laves du MacDonald se situent toutes dans le champ des laves du Loihi et de certaines laves alcalines de Hawaii rattachées par les auteurs [16] à un épisode « ante-tholeiitique », par opposition aux laves tardives plus potassiques de Honolulu et de Koloa, les « *post-erosional lavas* ». Les laves du MacDonald sont à ce point de vue tout à fait comparables à celles du Loihi et pourraient traduire de la même façon un stade alcalin précoce dans le fonctionnement du « point chaud » responsable du MacDonald.

En définitive, la coexistence sur un volcan intraplaque océanique donné de toute une gamme de laves d'affinités magmatiques diverses soulève des problèmes pétrogénétiques

TABLEAU

Compositions chimiques de laves sélectionnées du MacDonald.
 Chemical compositions of selected lavas from Macdonald Seamount.

MCD	202	64	201	24	79	82	Li	9	4	8	5	6	9
	THOL	THOL	BALC	BALC	BSNT	BSNT	Rb	10	9	6	7	16	22
SiO ₂	47,12	46,81	45,86	47,07	42,60	42,60	Sr	411	341	368	398	575	623
Al ₂ O ₃	13,53	15,16	10,95	13,85	10,54	11,77	Ba	140	110	126	165	230	263
Fe ₂ O ₃	11,67	12,08	11,70	14,60	13,20	13,77	V	271	238	237	—	297	—
MnO	0,16	0,16	0,15	0,19	0,17	0,17	Cr	268	160	770	—	765	—
MgO	8,00	4,75	13,18	5,13	13,74	11,70	Co	123	45	63	—	70	—
CaO	12,65	10,53	11,90	9,88	11,23	10,70	Ni	73	102	304	—	362	—
Na ₂ O	2,31	3,07	2,16	3,95	3,60	2,98	Cu	82	69	109	—	70	—
K ₂ O	0,47	0,43	0,47	0,55	0,90	1,11	Zn	110	118	110	—	128	—
TiO ₂	2,33	2,52	2,59	3,50	3,69	3,54	[Mg]	0,61	0,47	0,72	0,44	0,70	0,66
P ₂ O ₅	0,35	0,26	0,31	0,45	0,50	0,57	Hy _{nor}	3,38	7,18	—	—	—	—
H ₂ O _i	0,56	3,82	0,64	0,11	0,11	0,18	Ne _{nor}	—	—	1,74	2,28	15,28	10,02
TOTAL	99,15	99,59	99,91	99,28	100,21	99,09							

THOL = tholeïte à olivine; BALC = basalte alcalin; BSNT = basanite.

importants. Les données récentes sur les éléments en traces et les isotopes semblent exclure un simple processus de variation de taux de fusion partielle à partir d'une même source mantellique homogène. Des processus plus complexes doivent être envisagés tels que des mélanges magmatiques entre liquides issus d'une source type MORB et d'une source « enrichie » ([17], [18]), ou bien une source mantellique de type MORB ayant subi une fusion partielle, ultérieurement métasomatisée [19]. En ce qui concerne le MacDonald, des données supplémentaires en voie d'acquisition devront permettre de préciser la nature de la ou des sources, mais la similitude de ses laves avec celles du Loihi suggère des processus identiques à partir de sources peu différentes.

Nous remercions MM. Richer de Forges et Lebeau de nous avoir fourni ces échantillons. Cette étude a été financée par l'O.R.S.T.O.M. et l'A.T.P.-PIROCEAN n° 0693.

Remise le 18 mars 1985.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. A. NORRIS et R. H. JOHNSON, *J. Geophys. Res.*, 64, 1969, p. 650-664.
- [2] W. J. MORGAN, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 56, 1972, p. 203-213.
- [3] R. H. JOHNSON, *Science*, 167, 1970, p. 977-979.
- [4] R. H. JOHNSON et A. MALAHOFF, *J. Geophys. Res.*, 76, 1971, p. 3282-3290.
- [5] R. H. JOHNSON, *Nat. Geogr. Soc. Research Rep.*, 12, 1980, p. 389-405.
- [6] J. TALANDIER et E. A. OKAL, *Comptes rendus*, 295, série II, 1982, p. 195-200.
- [7] J. TALANDIER et E. A. OKAL, *Geophys. Res. Lett.*, 11, 1984, p. 813-816.
- [8] R. BROUSSE et B. RICHER DE FORGES, *Comptes rendus*, 290, série D, 1980, p. 1055-1057.
- [9] M. R. LAURENT, M. K. SEGUIN, H. G. BARSCZUS et B. RICHER DE FORGES, *E.O.S.*, 63, 1982, p. 474.
- [10] M. TATSUMOTO, D. M. UNRUH, H. S. PETTINGILL, A. R. BASU et H. G. BARSCZUS, *E.O.S.*, 64, 1983, p. 384.
- [11] H. G. BARSCZUS, *Notes Doc. (Géophys.)*, Centre O.R.S.T.O.M. de Papeete, n° 1980/27, 1980, 15 p.
- [12] B. KEATING, J. NAUGHTON, D. EPP et H. G. BARSCZUS, *IUGG Interdiscipl. Symp.*, 18th I.U.G.G. Gen. Assembly, Hamburg, 1983, Progr. Abstr., 1, 1980, p. 276.
- [13] H. BELLON, R. BROUSSE et A. PANTALONI, *Cah. Indo-Pacif.*, 2, 1980, p. 219-240.
- [14] S. R. HART et K. E. DAVIS, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 40, 1978, p. 203-219.
- [15] S. Y. WASS et N. W. ROGERS, *Geochim Cosmochim. Acta*, 44, 1980, p. 1811-1823.
- [16] F. A. FREY et D. A. CLAGUE, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 6, 1983, p. 337-355.
- [17] C. Y. CHEN et F. A. FREY, *Nature*, 302, 1983, p. 785-784.
- [18] M. D. FEIGENSON, *Contrib. Miner. Petrol.*, 87, 1984, p. 109-119.
- [19] T. L. WRIGHT, *J. Geophys. Res.*, 89, 1984, p. 3233-3252.

H. G. B. : Centre O.R.S.T.O.M. de Papeete, B.P. n° 529, Papeete, Tahiti,
 et : Centre géologique et géophysique, U.S.T.L., place Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier Cedex;

J. M. L. : Laboratoire de Pétrologie, U.S.T.L.,
 place Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.