

**PÉTROLOGIE.** — *Contribution à la connaissance pétrographique et géochimique de l'île d'Eiao, Archipel des Marquises, Polynésie Française (Océan Pacifique Centre-Sud).*  
Note de Jean-Michel Liotard et Hans G. Barszczus, présentée par Jean Wyart.

Remise le 28 novembre 1983.

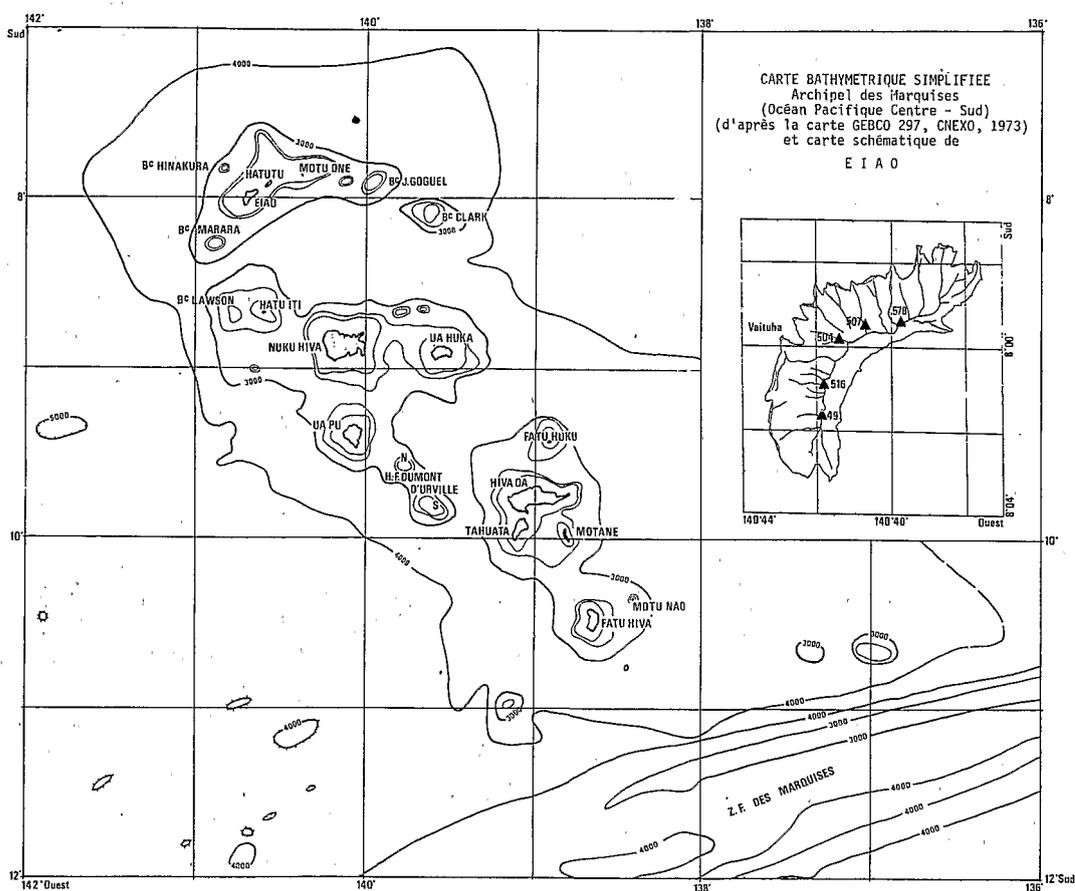
L'étude pétrographique et géochimique de quelques échantillons de roche de l'île d'Eiao (Archipel des Marquises) révèle l'existence d'un volcanisme peu différencié (océanite-tholéiite à olivine-hawaïite). Ces premières données géochimiques publiées sur cette île confirment la présence d'un magmatisme faiblement alcalin dans la partie Nord de l'archipel.

**PETROLOGY.** — Contribution to the Petrography and Geochemistry of Eiao Island, Marquesas Archipelago, French Polynesia (South Central Pacific Ocean).

*A study is presented on the petrography and geochemistry of rock samples from Eiao Island, showing the presence of moderately differentiated volcanism. The results on geochemistry confirm the existence of moderately alkaline volcanism in the northern part of the archipelago.*

**I. INTRODUCTION. DESCRIPTION.** — L'île d'Eiao fait partie du groupe Nord de l'Archipel des Marquises, lui-même composé d'une vingtaine d'îles et haut-fonds d'origine volcanique qui émergent d'un fond océanique de 4000 m de profondeur et d'âge paléocène (*fig.*) ([1], [2]). Les datations (par méthode K/Ar) indiquent des âges croissant régulièrement du SE (Fatu Hiva, 1,35 Ma) vers le NW (Eiao, 5,2-7,5 Ma) ([3], [4]). Découverte en 1797 d'abord par Ingraham et ensuite par Marchand, cette île inhabitée dont la forme rappelle celle d'un croissant orienté SW-NE est d'une longueur d'environ 13 km pour une largeur moyenne de 3,5 km; elle culmine dans sa partie NE à 578 m (Mt. Muktiketike). Elle constitue le reliquat de la partie NW (de la caldeira ?) d'un volcan effondré. On y distingue un « plateau » assez ondulé, d'altitude variant de 300 à 500 m et plus ou moins incliné vers l'ouest et le nord. Dans ces directions, il se termine souvent par des falaises verticales, tandis que sa bordure opposée à ces directions, plus élevée, constitue une ligne de crêtes d'altitude moyenne de 500 m, dominant la mer. Il n'y a pratiquement pas de vallées et peu de véritables baies (Vaituha) qui faciliteraient son accès. Les falaises côtières permettent de distinguer une succession de coulées basaltiques, quasi-horizontales, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres, et l'ensemble est parcouru de nombreux dykes qui convergent vers un point situé en mer au SE de l'île. Eiao a été visité il y a 30 ans par Obellianne qui en a donné une description très succincte [5]: il y signale la présence essentiellement de basaltes, de quelques océanites et d'un trachyte. Il y a une dizaine d'années, l'île a fait l'objet de diverses recherches géophysiques et géologiques ([4], [6], [7], [8]) qui confirment l'omniprésence des basaltes, celle des océanites et de rares dolérites. Participant à la *Mission Marquises 1980* du BCB *Marara*, il a été possible à l'un de nous de prélever quelques échantillons dans la baie de Vaituha dont les analyses qui suivent paraissent être les premières à être publiées. A part des basaltes, bien qu'ayant trouvé des océanites (voire une dunite), le trachyte signalé par Obellianne semble être en fait une lave peu différenciée et à structure fluidale.

**II. PÉTROGRAPHIE. MINÉRALOGIE.** — Les principaux caractères pétrographiques et minéralogiques sont reportées dans le tableau I. Les laves étudiées présentent trois types de textures: (a) une texture microlitique, largement porphyrique où les phénocristaux d'olivine et de clinopyroxène représentent 20% de l'ensemble (océanites des auteurs), ces roches montrent parfois un faciès vacuolaire avec un développement tardif de zéolites dans les cavités; (b) une texture microlitique porphyrique subdoléritique où les phénocristaux sont représentés par l'olivine, le clinopyroxène et le plagioclase (basalte à plagioclase); et (c) une texture subaphyrique (basalte et hawaïite) à clinopyroxène, olivine et plagioclase. Les phénocristaux d'olivine (Fo 82-74), à nombreux spinelles inclus, se rencontrent dans



les océanites et les basaltes à plagioclase où elles montrent une couronne entièrement iddingsitisée. Les valeurs du  $K_D$  ( $K_D = X_{FeO}^{ol} X_{MgO}^{liq} / X_{FeO}^{liq} X_{MgO}^{ol}$ ) comprises entre 0,295 et 0,317 dans les basaltes à plagioclase indiquent que ces cristaux se sont développés dans des conditions voisines de l'équilibre. Les phénocristaux de clinopyroxène (diopside ou salite) sont bien exprimés dans les basaltes à plagioclase et dans une moindre mesure dans les océanites. Leurs teneurs en Ti et Cr sont respectivement corrélées à  $Al^{IV}$  et  $Al^{VI}$ . Contrairement aux clinopyroxènes des laves de Hatutu [9] ou de Fatu Huku [10] on n'observe pas de forte zonation en Ti entre le cœur et la périphérie des cristaux, les teneurs maximales sont ici dans l'ensemble plus faibles. Les clinopyroxènes chromifères ( $0,82 < Cr_2O_3 < 1,31\%$ ) des basaltes à plagioclase se distinguent nettement de ceux des océanites par des rapports  $Al^{IV}/Al^{VI}$  plus élevés (5,60 contre 2,25 dans des océanites) et des teneurs en Ca (Tschermak) plus faibles (3,1 contre 5,0). Ces caractères peuvent suggérer des conditions de pression plus élevées dans les océanites (supérieures à 5 kbar) que dans les basaltes à plagioclase ([11], [12]). Cependant, la quantité de  $Al^{VI}$  étant tributaire de celle de  $Fe^{3+}$  [13], les valeurs élevées du rapport  $Al^{IV}/Al^{VI}$  peuvent correspondre à des quantités plus importantes de  $Fe^{3+}$  dans les pyroxènes des basaltes à plagioclase et pourraient alors traduire des conditions de fugacité d'oxygène plus élevées.

Dans la mésostase on retrouve les minéraux précédents auxquels s'ajoutent titanomagnétite et/ou ilmenite et, dans la hawaïite, feldspath alcalin et phlogopite. Celle des océanites contient quelques plages vitreuses partiellement envahies de chlorite.

TABLEAU I

Compositions minéralogiques (analyses des minéraux effectuées à la microsonde « CAMEBAX », Service Commun U.S.T.L., conditions d'utilisation : 15 KV, 10 nA)  
 Mineralogical compositions (mineralogical analysis by « CAMEBAX » microprobe, Service Commun U.S.T.L., conditions of utilization: 15KV, 10 nA).

E I A O	Océanite EAO - 13	Basalte EAO - 10	Basalte EAO - 07	Hawaïite EAO - 17
Olivine	◆◆◆◆ Fo 81 - 74 ◆◆◆◆ ----- Fo 80 - 72 -----	◆◆◆◆ Fo 82 - 79 ◆◆◆◆ ----- Fo 57 -----	-----	----- Fo 55 -----
Clinopyroxène	◆◆◆◆ Ca <sub>42</sub> Mg <sub>46</sub> Fe <sub>12</sub> ◆◆◆◆ ----- Ca <sub>45</sub> Mg <sub>47</sub> Fe <sub>11</sub> -----	◆◆◆◆ Ca <sub>47</sub> Mg <sub>43</sub> Fe <sub>10</sub> ◆◆◆◆ ----- Ca <sub>45</sub> Mg <sub>41</sub> Fe <sub>16</sub> -----	----- Ca <sub>47</sub> Mg <sub>37</sub> Fe <sub>16</sub> -----	----- Ca <sub>45</sub> Mg <sub>39</sub> Fe <sub>18</sub> -----
Plagioclase	----- An <sub>60</sub> Ab <sub>38</sub> Or <sub>02</sub> ----- ----- An <sub>22</sub> Ab <sub>66</sub> Or <sub>12</sub> -----	----- An <sub>66</sub> Ab <sub>32</sub> Or <sub>02</sub> ----- ----- An <sub>50</sub> Ab <sub>46</sub> Or <sub>04</sub> -----	----- An <sub>60</sub> Ab <sub>38</sub> Or <sub>02</sub> ----- ----- An <sub>34</sub> Ab <sub>61</sub> Or <sub>05</sub> -----	----- An <sub>57</sub> Ab <sub>41</sub> Or <sub>02</sub> ----- ----- An <sub>36</sub> Ab <sub>60</sub> Or <sub>04</sub> -----
Feldspath alcalin	-----	-----	-----	----- An <sub>14</sub> Ab <sub>65</sub> Or <sub>20</sub> ----- ----- An <sub>03</sub> Ab <sub>53</sub> Or <sub>44</sub> -----
Phlogopite	-----	-----	-----	----- Mg/Fe = 4,40 -----
Oxydes Fe-Ti	----- Ulv <sub>54</sub> Mt <sub>46</sub> ----- ----- Ilm <sub>95</sub> Hem <sub>05</sub> -----	----- Ilm <sub>95</sub> Hem <sub>05</sub> -----	----- Ilm <sub>88</sub> Hem <sub>12</sub> -----	-----
Phénocristaux	◆◆◆◆◆◆◆◆ - Mésostase -----			

TABLEAU II

Composition chimique des laves d'Eiao.  
 Chemical composition of lavas from Eiao.

EAO -	13	03	12	02	10	09	05	14	07	11	01	04	17
SiO <sub>2</sub>	44,75	47,90	46,52	47,90	47,51	47,90	48,30	47,12	46,92	47,71	47,12	45,93	49,00
TiO <sub>2</sub>	2,66	3,01	2,94	3,01	3,30	3,18	3,14	3,62	3,31	3,40	3,72	3,55	3,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,70	12,40	13,16	12,80	13,76	13,75	13,20	14,75	14,60	14,17	13,82	15,40	15,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,54	12,73	12,33	13,02	11,93	12,14	12,96	13,34	13,20	13,35	13,66	13,80	11,93
MnO	0,18	0,17	0,17	0,17	0,21	0,16	0,18	0,18	0,16	0,21	0,15	0,15	0,16
MgO	14,63	8,50	8,10	8,00	7,32	6,57	6,35	6,52	5,48	5,63	4,85	4,05	3,46
CaO	7,85	10,87	10,64	10,95	11,04	10,75	10,95	9,21	10,11	10,18	10,19	9,02	7,70
Na <sub>2</sub> O	1,88	2,29	2,38	2,45	2,53	2,76	2,67	3,23	2,85	2,79	2,85	2,86	3,90
K <sub>2</sub> O	0,73	0,67	0,80	0,76	0,67	0,92	0,85	0,97	0,77	0,93	0,74	0,94	1,61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,44	0,42	0,44	0,41	0,56	0,51	0,57	0,54	0,49	0,57	0,65	0,91
H <sub>2</sub> O <sub>t</sub>	2,30	0,51	1,96	0,58	0,92	0,65	0,73	0,10	1,87	0,39	1,85	3,12	1,58
Total	99,65	99,49	99,42	100,08	99,60	99,34	99,84	99,61	99,81	99,25	99,52	99,47	99,18
[Mg]	0,71	0,60	0,60	0,58	0,58	0,55	0,53	0,53	0,49	0,49	0,45	0,40	0,40
Ne <sub>nor</sub>	12,14	15,11	8,39	10,95	10,58	8,95	11,78	3,65	10,63	11,61	14,52	15,25	10,11
H <sub>nor</sub>	6	5	5	5	5	6	6	7	5	6	5	4	7
Rb	18	11	17	16	14	20	18	22	7	16	7	20	35
Sr	353	420	430	420	475	519	470	605	522	491	500	605	705
Ba	205	230	225	230	250	260	220	280	325	315	265	300	330
V	248	298	322	308	336	309	330	302	318	330	382	353	278
Cr	630	403	345	344	570	386	353	78	179	106	28	181	10
Co	69	55	45	47	57	41	44	45	42	48	44	42	26
Ni	460	223	142	172	224	118	122	106	107	106	49	107	11
Cu	44	71	63	70	52	51	48	39	62	62	50	59	25
Zn	119	118	114	110	135	113	113	146	126	128	138	117	136
I.D.	20,99	23,82	25,80	25,62	25,99	29,50	28,24	33,60	29,60	29,81	29,51	31,32	44,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = fer total - [Mg] = Mg/Mg + Fe <sup>2+</sup> , avec Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup> = 0,15 - I.D. = indice de différenciation													

La différenciation magmatique se traduit par l'enrichissement en fer des microcristaux d'olivine (Fo 55) et de pyroxène (salitique dans les océanites, titanoaugitique dans les termes plus différenciés), la diminution de la basicité du plagioclase, l'apparition de phlogopite, d'anorthose et de sanidine dans la hawaïite.

III. COMPOSITION CHIMIQUE. — Les analyses des laves étudiées sont présentées dans le tableau II. Ces laves sont toutes de nature basaltique à l'exception de l'échantillon 17, hawaïitique (I.D. = 44, [Mg] = 0,40). Elles présentent toutes de l'hypersthène normatif, entre 3 et 15%. Dans un diagramme alcalins/silice les points représentatifs se placent à la limite du domaine alcalin, à l'exception des échantillons 2 et 3 qui se situent dans le champ tholéiitique. Les teneurs en éléments majeurs varient sensiblement avec l'indice de différenciation estimé par le rapport [Mg] ([Mg] = Mg/Mg + Fe<sup>2+</sup>, avec Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> = 0,15). Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et TiO<sub>2</sub> montrent une nette augmentation en fonction de la différenciation, K<sub>2</sub>O et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varient dans un plus faible intervalle, seuls CaO et MgO diminuent nettement.

L'augmentation du fer et du titane suggère un fractionnement relativement tardif des minéraux opaques et n'est pas sans évoquer un caractère plus tholéitique [14]. De plus, dans un diagramme AFM les laves d'Eiao montrent un enrichissement en fer non négligeable et en tous cas le plus net de toutes les laves des Marquises.

Les teneurs en éléments en trace incompatibles comme Li, Rb, Sr et Ba augmentent avec la différenciation et sont comparables aux teneurs des tholéites à olivine de Hatutu [9]; de la Réunion [15] ou de Hawaii [16]. En revanche elles tendent à être plus faibles que celles des laves analogues (valeurs [Mg] comparables) des autres îles de l'archipel, Fatu Huku [10] ou Nuku Hiva [17] par exemple. Les éléments de transition varient sensiblement avec [Mg] : Cr, Co, Ni et Cu sont bien corrélés positivement avec ce rapport, V et Zn montrent quant à eux une légère corrélation négative. Ce dernier comportement ne va pas rappeler celui du fer et du titane. A l'exception du Cr, légèrement enrichi, les teneurs en éléments de transition restent du même ordre que celles des îles voisines.

IV. CONCLUSION. — A partir de l'échantillonnage disponible, il apparaît que l'île d'Eiao est constituée d'un ensemble de laves basaltiques peu différenciées (océanites, tholéites à olivine, hawaïites). Toutes présentent de l'hypersthène normatif. La majeure partie de ces laves montrent des teneurs en  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$  caractéristiques des laves alcalines. En revanche, parmi les laves basaltiques de l'ensemble de l'archipel, les basaltes d'Eiao se caractérisent par les plus fortes teneurs en hypersthène normatif (jusqu'à 15%), les plus faibles teneurs en éléments incompatibles tels que Sr, Ba et Rb, ainsi que des augmentations des teneurs en fer et titane en fonction de la différenciation. Ces caractères les rapprochent ainsi des tholéites à olivine d'Hatutu [9] et dans une moindre mesure de celles de l'île de Pâques [18] ou des Iles Galapagos [14] d'affinité plus transitionnelles. La présence de telles laves à Eiao semble corroborer l'existence d'un magmatisme subcalcin ancien dans la partie Nord de l'Archipel des Marquises.

H. G. Barszcz a bénéficié du concours du Dr. Mazaury, Chef du S.M.C.B. Papeete/Tahiti, qui a bien voulu l'autoriser à participer à la Mission Marquises 1980, et plus particulièrement de celui de A. Lebeau, Chef de la Mission celui de son équipe. Le Commandant du *Marara*, D. Sesboue et son équipage, lui ont apporté une aide constante au cours de cette mission.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] W. C. PITMAN III, R. L. LARSON et E. M. HERRON, *Map series, Geol. Soc. Amer.*, 1974.
- [2] S. MONTI et G. PAUTOT, *Carte GEBCO 297, CNEXO*, 1973.
- [3] R. A. DUNCAN et I. MCDUGALL, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 21, 1974, p. 414-420.
- [4] R. BROUSSE et H. BELLON, *Comptes rendus*, 278, série D, 1974, p. 827.
- [5] J. M. OBELLIANNE, *Sc. de la Terre*, 3, 1955, p. 1-146.
- [6] J. DEMANGE et P. LE GOFF, *Rapport B.R.G.M.* (non publié), 1973, 30 p.
- [7] Ph. DAGUE, *Rapport B.R.G.M.* (non publié), 1973, 26 p.
- [8] R. BROUSSE, *Rapport Mission Museum VIII/Rapport S.M.C.B.* 03/73, 1973, 85 p.
- [9] J.-M. LIOTARD et H. G. BARSCZUS, *Comptes rendus*, 297, série II, 1983, p. 725-728.
- [10] J.-M. LIOTARD et H. G. BARSCZUS, *Comptes rendus*, 297, série II, 1983, p. 509-512.
- [11] K. AOKI et I. KUSHIRO, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 18, 1968, p. 326-337.
- [12] M. MUNOZ et J. SAGREDO, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 44, 1974, p. 139-147.
- [13] J. J. PAPIKE, in: *Reviews in Mineralogy*, 7, C. T. PREWITT éd., *Miner. Soc. Amer.*, 1980, p. 495-525.
- [14] A. R. MCBIRNEY et H. WILLIAMS, *Geol. Soc. Amer., Mem.*, 118, 1969, 119 p.
- [15] B. G. UPTON et W. J. WADSWORTH, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A 271, 1972, p. 105-130.
- [16] D. A. CLAGUE et H. H. BEESON, *Amer. J. Sc.*, 280 A, 1980, p. 820-844.
- [17] R. C. MAURY, R. ANDRIAMBOLOLONA et C. DUPUY, *Bull. Volc.*, 41, 1978, p. 1-22.
- [18] P. E. BAKER et F. BUCKLEY, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 44, 1974, p. 85-100.

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