

Les volcans Plio-quaternaires de la Cordillère
des Andes à 36°-37° S. (Chili central).

par Bernard Déruelle¹

Résumé.— Les laves des volcans Plio-quaternaires andins Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal (36°-37° lat. Sud), sont des andésites, dacites et rhyolites de l'association calco-alcaline. A SiO₂ constante, la teneur en K₂O de ces laves augmente progressivement de l'Ouest vers l'Est en fonction de la profondeur croissante du plan de Benioff.

Resumen.— Las lavas de los volcanes Plio-cuaternarios andinos Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca y Leal son andesitas, dacitas y riolitas de la asociación calco-alcalina. Estas lavas muestran un aumento de K₂O (a SiO₂ constante) en función con la profundidad creciente del plano de Benioff hacia el Este.

INTRODUCTION

Le volcanisme des zones orogéniques des arcs insulaires et des marges continentales actives a suscité de nombreuses études durant la dernière décade (S. R. Taylor et A.J.R. White, 1966; W.R. Dickinson et T. Hatherton, 1967; A.L. Smith et I.S.E. Carmichael, 1968; S.R. Taylor et al., 1969; W.S. Wise, 1969; W. R. Dickinson, 1970; J.B. Gill, 1970; P. Jakeš et A.J.R. White, 1972; Y. Katsui, 1972; H. Pichler et W. Zeil, 1972; P.J. Coleman, 1973; C. Lefèvre, 1973 et A. Miyashiro, 1974.).

Dans les Andes du Sud (18°-55°S), une zonation du volcanisme Plio-quaternaire a été mise en évidence (B. Déruelle, 1976a): trois associations se répartissent en trois zones géographiques parallèles à la fosse océanique, de l'Ouest vers l'Est: associations calco-alcaline, rhyolithique et alcaline. Cette note est une contribution à l'étude du volcanisme Plio-quaternaire calco-alcalin de la marge continentale active chilienne entre les parallèles 36° et 37° de latitude Sud: Nevados de Chillan, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal.

¹ Faculté des Sciences et Techniques, B. P. W, SFAX, Tunisie.

Les volcans Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal, (fig. 1), reposent sur un substratum volcano-sédimentaire continental (injecté

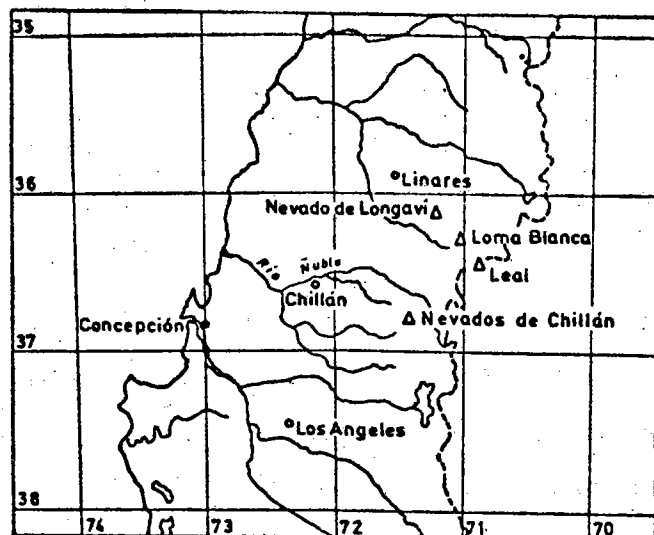


Fig. 1: Localisation des volcans Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal (Chili central)

de diorites et de gabbros) que dans l'absence de données radiométriques, nous attribuerons au Mésozoïque (R.E. Drake, 1974 et B. Déruelle, 1976b.).

A - MORPHOLOGIE

Les volcans sont considérés selon leur volume décroissant.

1. NEVADOS DE CHILLAN (fig. 2)

Ce massif complexe est un strato-volcan ancien affecté d'une caldéra ellipsoïdale (11 km sur 5,5 km) sur le grand axe de laquelle s'est concentrée l'activité volcanique post-glaciaire.

Les laves du strato-volcan, dont la base recouvre une aire de 30 km de diamètre, sont faiblement inclinées vers la périphérie du massif et limitées vers le centre par la falaise de la caldéra qui a été profondément érodée comme en témoignent les nombreuses vallées glaciaires radiales. En attendant des datations radiochronologiques, l'âge des laves pré-caldéra a été attribué au Pléistocène voire au Pliocène supérieur.

L'activité holocène s'est manifestée par l'émission de nombreuses coulées qui se sont épanchées surtout vers l'Ouest depuis divers centres alignés du NW au SE:

- le Cerro Blanco, couvert d'un glacier, flanqué de cônes adventifs dont celui apparu en 1864, aux sources du Río Santa-Gertrudis.
- trois petits cônes.
- le Volcán Nuevo, très en pente (30°), surgi en 1906.
- un dôme apparu en juillet 1973 qui, en mars 1974 comme en février 1975, présentait un dégazage intensif et avait émis, entre-temps, une courte coulée dacitique (B. Déruelle, *in press*).



Fig. 2: Carte géologique des Nevados de Chillán. 1: laves pré-caldéra; 2: laves post-caldéra; 3: andésites; 4: dacites; 5: rhyolites; 6: pyroclastes; 7: retombe de ponces; 8: diorite; 9: substratum; 10: limite de la caldéra; F: fumerolles et G: glacier.

- le Volcán Viejo, dont les deux cratères emboîtés sont recoupés par un autre plus récent (Volcan Chillan).

Il existe, en outre, deux petits cônes à l'Ouest et à l'Est du massif.

Le registre de l'activité historique des Nevados de Chillán est important depuis 1751 (B. Déruelle et J. Déruelle, 1974a).

2. NEVADO DE LONGAVI (fig. 3)

La structure de ce strato-volcan est visible dans les vallées de l'Estero Martínez et du Río Blanco où se superposent coulées et strates pyroclastiques. Le cratère a disparu dans une ultime phase éruptive accompagnée de lahars dont il reste des témoins à l'Est du cône. Une puissante retombée de ponces, prou-

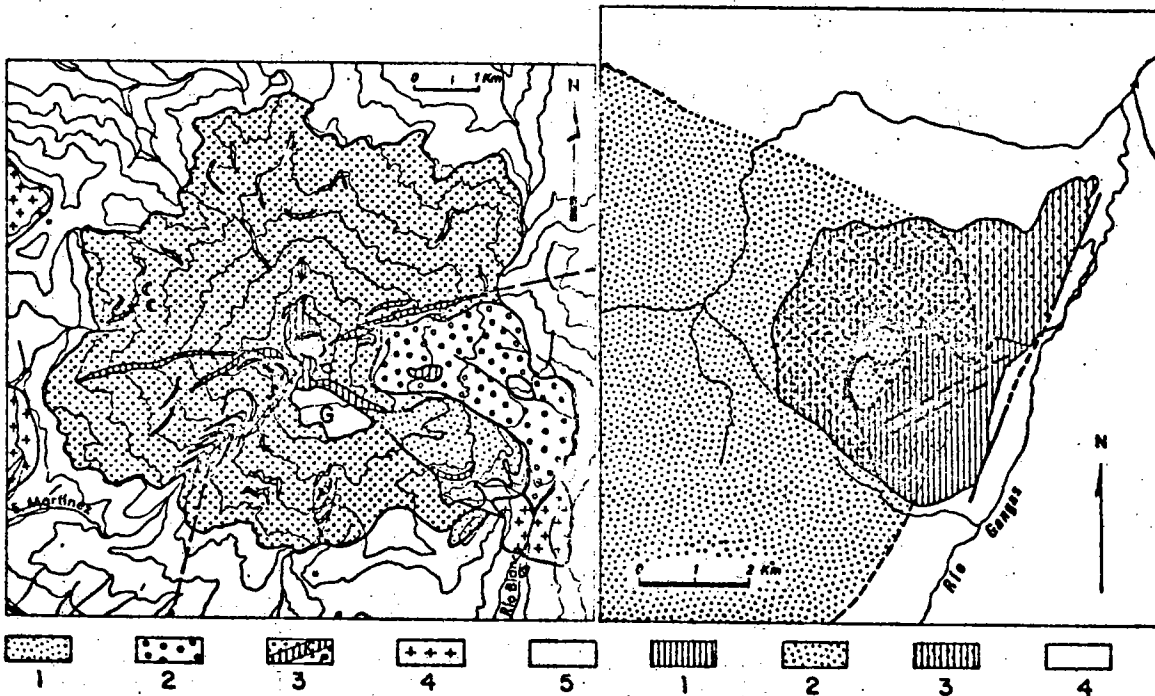


Fig. 3: Carte géologique du Nevado de Longaví. 1: retombée de ponces; 2: lahars; 3: intercalations de coulées (c) et de strates pyroclastiques (p); 4: diorites; 5: substratum volcano-sédimentaire mésozoïque; G: glacier.

Fig. 4: Carte géologique de la Loma Blanca. 1: coulées andésitiques; 2: retombée de ponces (du Nevado de Longaví); 3: pyroclastes et coulées; 4: substratum volcano-sédimentaire mésozoïque.

ve de la violence des ultimes éruptions, s'intercale entre deux lahars. L'érosion glaciaire a fortement contribué à la destruction de ce volcan comme en attestent les stries sur les falaises de lave délimitant la vallée en auge qu'emprunta le dernier lahar. Sur de tels critères, l'âge du Nevado de Longaví peut être assigné

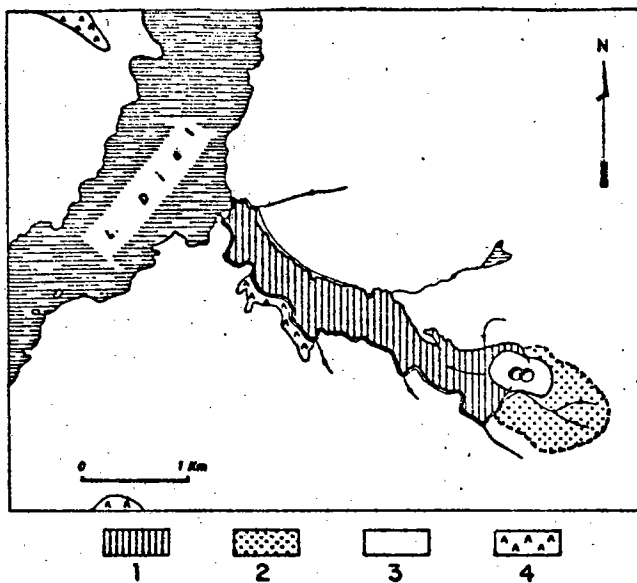


Fig. 5: Carte géologique du Leal. 1: coulées andésitiques; 2: pyroclastites; 3: substratum volcano-sédimentaire mésozoïque; 4: altération hydrothermale.

au Plio-quaternaire avec manifestations inter et post-glaciaires.

3. LOMA BLANCA. (fig. 4)

Ce petit volcan (400 m de hauteur pour une base de 5 km de diamètre) est situé à 20 km au SE du Nevado de Longaví. Entaillé par deux vallées glaciaires, il est surtout constitué de pyroclastes. A la fin de son activité, plusieurs flots de lave ont égoutté son cratère, puis il fut enseveli sous la retombée de ponces du Nevado de Longaví. Il est vraisemblablement d'âge Plio-Pléistocène.

4. LEAL (fig. 5)

Situé à 15 km au SE de la Loma Blanca, ce cône est comparable, morphologiquement, aux volcans du Sud de la Chaîne des Puys (France), (B. Dérulle, 1969). Son activité a dû être brève et s'est résumée à la formation d'un cône de pyroclastes à deux cratères successifs ayant émis quelques coulées qui se sont superposées dans une même vallée et dont l'une a atteint les rives de la Laguna Dial. La fraîcheur de ses laves les situe sans équivoque dans un passé historique récent.

B - PETROGRAPHIE

Les laves de ces volcans ont une structure microlitique, en général

Les cristaux sont disséminés dans une masse vitreuse brune quelquefois très abondante (jusqu'à 95% du volume de la lave).

2. NEVADO DE LONGAVI

Les phénocristaux sont abondants: hypersthène et surtout plagioclases (An 30-An50) représentant 24 à 60% du volume de la roche.

3. LOMA BLANCA

Les phénocristaux, principalement de plagioclases (An40-An60), abondent

4. LEAL

Les laves de ce volcan se distinguent nettement de celles des autres volcans par leur aphyrisme (seulement quelques phénocristaux de plagioclases An60-An65 et d'olivine).

C - CHIMISME

12 analyses d'éléments majeurs des laves des Nevados de Chillán ont été déjà publiées (B. Déruelle et J. Déruelle, 1974b); 19 analyses nouvelles des volcans Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal sont présentées dans le tableau 1 conjointement aux normes CIPW.

Les laves des volcans étudiés sont assez semblables, celles du Nevado de Longaví présentant une teneur en K_2O un peu plus basse et celles du Leal ayant un peu plus de fer.

Sur le diagramme AFM (fig. 6), le faible enrichissement en fer de ces laves montre leur appartenance à l'association calco-alcaline.

Leur dénomination s'effectue selon le principe de la classification de S.R. Taylor (1969) car elle évite la disparité des termes minéralogiques, pétrographiques et pétrogénétiques. Sur le diagramme K_2O-SiO_2 (fig. 7) se distinguent donc 14 andésites, 12 dacites et 5 rhyolites (aucun basalte n'est représenté). Il est à remarquer que les laves du Nevado de Longaví, de la Loma Blanca et du Leal ont la même teneur en K_2O pour des teneurs en SiO_2 variant de 53 à 64%, traduisant bien l'augmentation de K_2O (à SiO_2 constante) en fonction de la distance croissante du point d'émission des laves au plan de subduction puisque ces

oligohyaline porphyrique avec phénocristaux de plagioclases, pyroxènes, magnétite et, éventuellement, d'olivine, isolés ou en agrégats. Les variations principales (Tabl. 1) résident dans l'abondance des phénocristaux de plagioclases et dans la présence ou l'absence d'olivine.

	NEVADOS DE CHILLAN															NEVADO DE LONGAVI		LOMA BLANCA		LEAL	
	16 C	15 H	16 D	16 F	16 K	11 R	16 J	15 K	15 V	15 Z	15 X	15 U	15 S	16 P	16 R	9 J	9 L	10 J	10 H		
SiO ₂	54,39	57,48	57,58	58,03	59,88	60,01	61,50	63,57	66,05	66,09	69,45	69,50	69,61	61,08	63,08	54,65	56,73	53,20	53,53		
TiO ₂	1,30	0,37	1,16	1,06	1,27	0,64	1,12	0,61	0,55	0,77	0,64	0,67	0,64	0,63	0,40	1,21	0,97	1,02	1,09		
Al ₂ O ₃	19,45	17,59	17,76	19,01	15,62	17,76	16,03	16,47	16,20	15,94	15,18	15,20	14,32	17,82	17,55	17,99	18,41	19,11	18,84		
Fe ₂ O ₃	2,48	4,05	1,76	1,45	2,15	3,35	5,19	1,32	1,52	2,20	0,78	1,50	0,67	4,92	1,65	3,15	1,06	2,26	2,04		
FeO	5,21	3,91	5,29	5,70	6,76	2,95	2,61	4,82	2,18	3,62	3,90	2,86	4,26	1,17	2,21	5,50	6,14	7,30	7,52		
MnO	0,17	0,14	0,14	0,14	0,15	0,11	0,15	0,12	0,14	0,12	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,13	0,17	0,10		
K ₂ O	4,26	3,36	4,14	3,50	2,30	4,24	2,04	2,52	0,54	0,92	0,39	0,36	0,72	8,87	1,93	4,73	4,34	4,58	4,77		
CaO	6,51	5,99	6,35	6,28	4,90	4,72	4,40	4,34	1,77	3,19	2,18	2,25	2,13	5,68	4,12	6,67	6,37	6,49	6,65		
Na ₂ O	3,58	3,16	3,66	3,77	4,38	3,79	4,37	3,99	4,35	4,81	4,39	5,10	4,77	3,90	4,30	3,40	3,52	3,88	3,46		
K ₂ O	0,95	1,38	1,00	1,05	1,73	1,92	1,75	2,16	2,78	2,39	2,98	2,34	2,82	1,03	1,24	1,23	1,29	0,96	0,91		
P ₂ O ₅	0,20	0,20	0,12	0,28	0,43	0,10	0,16	0,22	0,13	0,22	0,23	0,55	0,15	0,10	0,14	0,23	0,30	0,29	0,21		
H ₂ O	1,20	2,35	0,71	0,11	0,39	0,91	1,06	0,06	4,25	0,00	0,27	0,07	0,09	0,04	1,69	0,63	0,44	0,22	0,38		
Total	99,7	100,5	100,2	100,4	100,0	100,5	100,4	100,4	100,5	100,3	100,5	100,5	100,5	100,4	99,5	99,6	100,5	99,5	99,5		

NORMES C.I.P.W.																			
Cz	16,63	15,35	9,98	10,68	11,86	13,67	17,78	16,66	24,94	19,68	25,36	25,69	23,08	16,82	21,85	7,15	8,28	2,44	4,39
Or	5,61	8,15	5,91	6,20	10,22	11,34	10,34	12,76	16,42	14,12	17,61	13,83	16,66	6,09	7,33	7,27	7,62	5,67	5,38
Ab	30,26	26,73	30,96	31,89	37,04	32,05	36,96	33,75	36,79	40,68	37,13	43,13	40,34	32,98	36,37	26,76	29,77	32,82	29,26
An	30,98	28,40	29,08	29,32	17,86	22,76	18,86	20,09	7,93	14,39	9,31	7,57	9,34	27,52	19,52	30,20	29,64	30,30	31,16
Co	1,18	0,49		0,93		1,11		0,21	3,13	0,17	1,32	1,51		0,21	1,98		0,36	0,59	0,58
En			0,68		1,52		0,76						0,10			0,58			
Di			0,38		0,60		0,66						0,02			0,36			
Fe			0,28		0,93								0,08			0,18			
Hy	10,60	8,36	9,93	8,71	5,12	10,56	4,42	6,27	1,34	2,29	0,97	0,90	1,77	9,63	4,80	11,41	10,80	11,40	11,88
Pl	5,68	2,66	7,23	7,78	7,87	1,80		6,65	2,10	3,78	5,63	3,09	6,19		2,17	5,64	8,38	10,17	10,51
Mt	3,61	5,87	2,55	2,10	3,12	4,86	5,66	1,91	2,20	3,19	1,13	2,17	1,26	2,40	2,68	4,57	2,70	3,28	2,96
Il							1,29							3,26					
Ap	2,47	1,65	2,20	2,01	2,41	1,22	2,13	1,54	1,04	1,46	1,22	1,27	1,22	1,20	0,76	2,30	1,84	1,94	2,07
	0,47	0,47	0,28	0,66	1,02	0,24	0,38	0,52	0,31	0,52	0,55	1,30	0,36	0,24	0,33	0,58	0,71	0,68	0,50

MODES													
Phénocristaux	31,7	36,0	45,3	3,5	6,4	9,8	18,9	7,0	8,9	29,7	83,8	4,2	3,2
Plc	27,6	30,5	38,5	1,7	4,4	7,8	16,2	5,9	7,9	24,3	61,1	2,8	2,0
Cpx	1,8	0,7	2,2	0,8	0,8	0,7	0,4	0,1	0,1	0,9	9,0		
Opx	0,6	0,3	3,4	0,4	0,8	0,9	1,4	0,4	0,2	3,6	8,4		
Mt	0,1	0,1	0,2	1,1	0,3	0,4	0,9	0,5	0,7	0,7	4,5		
Ol	1,8	4,4	1,0		0,1			0,1	0,8	0,8	0,8	1,4	1,2

Tabl. 1: Analyses chimiques, normes CIPW et modes des laves des Nevados de Chillán, Nevado de Longaví, Loma Blanca et Leal.

1. NEVADOS DE CHILLAN

En phénocristaux, sont observés des plagioclases abondants (zonés dans les agrégats: An₄₅-An₆₅ et isolés: An₆₀-An₆₅), des prismes d'hypersthène trapus et corrodés, des cristaux d'augite et des polyèdres de magnétite plus ou moins corrodés. L'olivine, lorsqu'elle est présente, est toujours entourée d'une auréole réactionnelle.

Les microlites, en général petits, sont de fines baguettes de plagioclases (An₃₅-An₅₀), des prismes d'orthopyroxène et des polyèdres de magnétite.

volcans sont situés sur une transversale à la marge continentale.

Dans le diagramme de Harker (fig. 7), les laves des Nevados de Chillán présentent une ligne de différenciation continue. Cependant pour les laves pré-caldéra, il existe un hiatus au niveau des dacites alors que la distribution des laves post-caldéra est continue avec majorité de dacites.

Tous les oxydes autres que K_2O et Na_2O décroissent en fonction de SiO_2 croissant. La concentration en CaO est plus basse que celle donnée par S.R. Taylor (1969) ce qui semble caractéristique des Andes chiliennes (M. Vergara, 1970) et péruviennes (C. Lefèvre, 1973).

Al_2O_3 est abondant, ce qui est symptomatique des associations calco-alcalines (O. Ujike, 1975), sans cependant expliquer la distribution du corindon normatif (présent dans 4/5 des laves) inverse de celle constatée par F. Chayes (1969) dans les andésites cénozoïques.

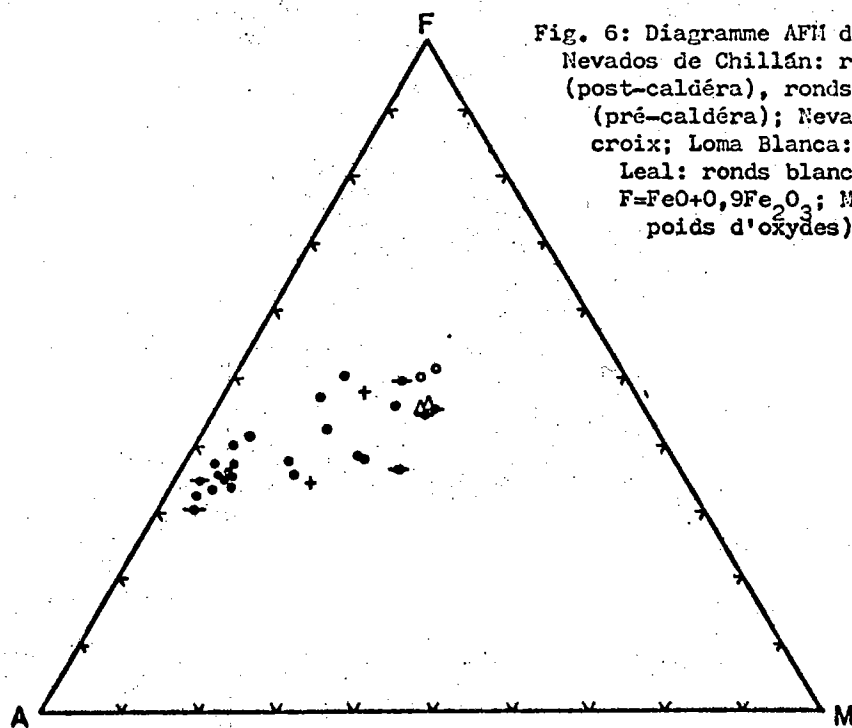


Fig. 6: Diagramme AFM des laves des Nevados de Chillán: ronds noirs (post-caldéra), ronds noirs barrés (pré-caldéra); Nevado de Longaví: croix; Loma Blanca: triangles et Leal: ronds blancs. (A= Na_2O+K_2O ; F= $FeO+0,9Fe_2O_3$; M=MgO; % en poids d'oxydes).

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie M. le Professeur R. Brousse pour l'intérêt qu'il a bien voulu apporter à cette note et Mme J. Déruelle-Dallot pour sa lecture critique du manuscrit.

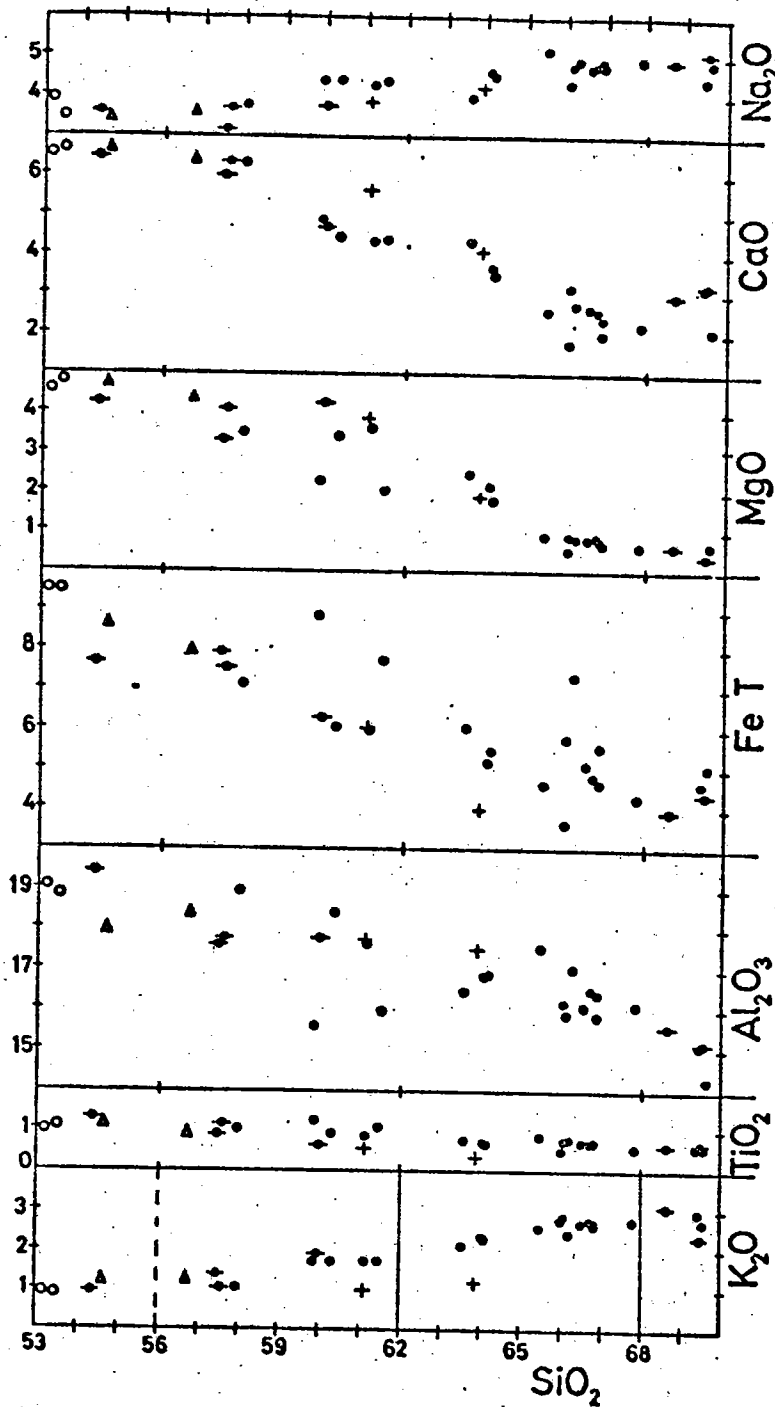


Fig. 7: Diagramme de Harker des laves des Nevados de Chillan, Nevado de Longavi, Loma Blanca et Leal. (% en poids d'oxydes; FeT= FeO+Fe₂O₃). Les symboles sont les mêmes que pour la Fig. 6. Classification des laves calco-alcalines (diagramme K₂O-SiO₂) d'après S.R. Taylor (1969).

BIBLIOGRAPHIE

Chayes F. (1969).- The chemical composition of cenozoic andesite. State of Oregon, Depart. Geol. Mineral. Indust. Bull., n°65, p. 1-11.

Coleman P.J. (1973).- The Western Pacific. Island Arcs, Marginal Seas, Geochemis-

- try. Univ. Western Australia Press, Nedlands (W. Australia), 975 p.
- Déruelle B. (1969).- Téphrostratigraphie de la région Sud de la Chaîne des Puys.
Univ. Paris, Fac. Sci. Orsay, Thèse D.E.A., 84 p.
- Déruelle B. et Déruelle J. (1974a).- Géologie des volcans quaternaires des Nevados de Chillán, Chili central. Bull. Volcanol., vol. 38, n°2, p. 425-444.
- Déruelle B. et Déruelle J. (1974b).- Los volcanes cuaternarios de los Nevados de Chillán (Chile central) y reseña sobre el volcanismo cuaternario de los Andes chilenos. Estudios Geol., vol. XXX, n° 2-3, p. 91-108.
- Déruelle B. (1976a).- Zonation du volcanisme Plio-quaternaire des Andes du Sud: les associations calco-alcaline, shoshonitique et alcaline. 4ème Réunion ann. Sci. Terre, Paris, p. 133.
- Déruelle B. (1976b).- Les volcans Plio-quaternaires de la Cordillère des Andes à 36°-37° S. (Chili central). C. R. Soc. Géol. France, à paraître.
- Déruelle B. (in press).- Sur l'activité récente des Nevados de Chillan (Chili).
- Dickinson W.R. et Hatherton T. (1967).- Andesitic volcanism and seismicity around the Pacific. Science, vol. 159, p. 801-803.
- Dickinson W.R. (1970).- Relations of andesites, granites and derivative sandstones to arc-trench tectonics. Rev. Geophys. Space Phys., vol. 8, p. 813-859.
- Drake R.E. (1974).- The chronology of cenozoic igneous and tectonic events in the central Chilean Andes. IAVCEI Symp. Volcanol., Santiago de Chile, 24 p.
- Gill J.B. (1970).- Geochemistry of Viti Levu, Fiji and its evolution as an island arc. Contr. Mineral. Petrol., vol. 27, p. 179-203.
- Jakeš P. et White A.J.R. (1972).- Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 83, p. 29-39.
- Katsui Y. (1972).- Late cenozoic volcanism and petrographic provinces in the Andes and Antarctica. J. Fac. Sci. Hokkaido, Univ. Japan, ser. IV, Geol. Mineral., vol. 15, p. 27-39.
- Lefèvre C. (1973).- Les caractères magmatiques du volcanisme plio-quaternaire des Andes dans le Sud du Pérou. Contr. Mineral. Pétrol., vol. 41, p. 259-272.
- Miyashiro A. (1974).- Volcanic rock series in island arcs and active continental

- margins. Amer. J. Sci., vol. 274, p. 321-355.
- Pichler H. et Zeil W. (1972).- The cenozoic rhyolite-andesite association of the Chilean Andes. Bull. Volcanol., t. XXXV, n° 2, p. 424-452.
- Smith A.L. et Carmichael I.S.E. (1968).- Quaternary lavas from the Southern Cascades, Wⁿ U.S.A.. Contr. Mineral. Petrol., vol. 19, p. 212-288.
- Taylor S.R. (1969).- Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks. State of Oregon, Depart. Geol. Mineral. Indust. Bull., n° 65, p. 43-63.
- Taylor S.R., Capp A.C., Graham A.L. et Blake D.H. (1969).- Trace element abundances in andesites. II Saipan, Bougainville, Fiji. Contr. Mineral. Petrol., vol. 23, p. 1-26.
- Taylor S.R. et White A.J.R. (1966).- Trace element abundances in andesites. Bull. Volcanol., t. XXIX, p. 177-194.
- Ujike O. (1975).- Petrogenetic significance of normative corundum in calc-alkaline volcanic rock series. J. Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol., vol. 70, n° 3, p. 85-92.
- Vergara M. (1970).- Note on the zonation of the upper cenozoic vulcanism of the andean area of central-south Chile and Argentina. Internat. Upper Mantle Proj. Sci. Rep. n° 37-II, Buenos Aires, p. 381-397.
- Wise W.S. (1969).- Geology and petrology of the Mt Hood area: a study of High Cascades vulcanism. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 80, p. 969-1006.