

## CONSIDÉRATIONS SUR L'ÉVOLUTION MAGMATIQUE DE L'ETNA (\*)

par J. KLERKX (\*\*)

(6 figures dans le texte)

### RÉSUMÉ

L'ensemble de l'Étna est divisé en plusieurs unités lithologiques, correspondant à des phases importantes de son édification. Les principaux caractères lithologiques de chaque série sont décrits sommairement : certaines roches appartenant à l'unité pré-etnéenne, qui se trouve à la base du volcan, sont des basaltes tholéitiques, alors que toutes les roches appartenant à l'appareil central du volcan appartiennent à la série basaltique alcaline.

Ensuite, après avoir tracé l'évolution magmatique de l'ensemble des roches de l'Étna, il est tenté d'en donner une explication. Alors que la majeure partie des produits du volcan a une composition très uniforme, une évolution nettement marquée se dessine durant un épisode de son histoire, où s'est formé un petit bassin magmatique dans lequel le magma s'est différencié par cristallisation fractionnée avec séparation de minéraux ferromagnésiens, parmi lesquels l'oxyhornblende.

L'évolution magmatique de l'Étna est comparée à d'autres séries basaltiques ; il en ressort que le magma de l'Étna peut être considéré comme un magma basaltique primaire, qui n'a pas été contaminé par la croûte continentale, mais qui a subi au cours de sa montée, une perte de minéraux ferromagnésiens, ce qui explique le caractère généralement leucocrate des laves émises. Ce processus de séparation par gravité est favorisé par le mécanisme d'éruption très calme du volcan.

### ABSTRACT

Etna is formed of several lithological units corresponding to important phases in its construction. The main lithological characteristics of each series are briefly described : certain rocks belonging to the pre-Etna suite, which occurs at the base of the volcano, are tholeiitic basalts, whereas all the rocks of the volcano itself belong to the alkaline basalt series.

After tracing the magmatic evolution of the Etna suite of rocks the author attempts an explanation. Whereas the major part of the volcanic products have a very uniform composition, a clearly marked evolution occurs during one episode of the history of the volcano when a small magmatic basin developed. There the magma differentiated by fractional crystallisation with the separation of ferromagnesian minerals including oxyhornblende.

The magmatic evolution of Etna is compared to other basaltic series. It appears from this that the Etna magma can be considered as a primary basaltic magma which has not been contaminated by the continental crust, but which has lost ferromagnesian minerals during its ascent. This explains the generally leucocratic character of the lavas emitted. The gravity separation process is favoured by the very tranquil eruption mechanism of the volcano.

(\*) Communication présentée durant la séance du 1<sup>er</sup> décembre 1970. Manuscrit déposé le 24 février 1971.

(\*\*) Université de Liège, Laboratoire de Pétrologie, place du XX-Août, 7, B 4000 Liège.

## INTRODUCTION

L'Etna se situe dans la partie orientale de la Sicile; il est délimité à l'est par le graben ionique et bordé au nord par la grande fracture de direction approximativement EW, séparant les 2 unités tectoniques principales de la Sicile, le socle métamorphique au nord de la couverture sédimentaire au sud.

L'activité magmatique a débuté dans la zone de l'Etna actuel au début du Quaternaire par des éruptions sous-marines. L'Etna a pris naissance soit sur une zone de surélévation de direction EW, soit sur un horst en voie de soulèvement dirigé suivant la même direction. Un réseau rectangulaire de fractures dirigées approximativement NS et EW caractérise la zone entière de l'Etna (OGNIBEN, 1966; RITTMANN, 1963).

Des manifestations volcaniques basiques se sont produites au sud de l'Etna bien avant la naissance de celui-ci; les plus anciennes datent du Trias (R. CRISTOFOLINI, 1966). Ce sont des effusions sous-marines de faible profondeur d'eau, produisant des coulées auxquelles sont associés des pillows et des hyaloclastites. L'activité magmatique qui a débuté au sud de la Sicile s'est déplacée progressivement vers le nord pour se concentrer dans la région de l'Etna actuel, où plusieurs fractures importantes se recourent.

Nous restreindrons cette discussion à l'évolution magmatique de l'Etna proprement dit; bien que de nombreuses études aient été faites ces dernières années sur la région au sud de l'Etna, principalement la région des Monts Iblei, une vue générale de la constitution pétrographique et de la nature magmatique ne se dégage pas encore.

La structure de l'Etna est complexe; la partie ancienne du volcan est en grande partie masquée par des éruptions modernes qui ont recouvert une partie importante du cône. On distingue généralement trois grandes unités qui constituent le volcan :

- les manifestations éruptives dites pré-etnéennes dans lesquelles on groupe d'abord les formations sous-marines qui se sont produites dans la région de l'Etna même et qui sont antérieures à celui-ci (Acitrezza, Acicastello); ensuite des éruptions excentriques anciennes qui se sont produites à l'extérieur du volcan, surtout du côté sud (Paterno, Motta S. Anastasia); on peut assimiler aussi à cette catégorie la succession d'épaisses coulées horizontales qui se trouvent à la base du volcan (Adrano, S. Maria di Licodia);
- viennent ensuite 2 ensembles qui sont les coulées préhistoriques et les coulées historiques, que nous grouperons dans la même catégorie, étant donné leur similitude lithologique : ce sont elles qui forment la carapace externe du cône volcanique;
- une troisième catégorie groupe les roches qui proviennent d'un important centre d'éruption ancien de l'Etna, le Trigoglietto, dont l'âge est discuté (G. KIEFFER, 1969; J. KLERKX et P. EVRARD, 1970); il s'agit d'une unité géologique indépendante, dont les caractères lithologiques se distinguent assez nettement de toutes les autres roches de l'Etna. Les produits de cette unité affleurent dans la dépression que forme la caldera du Trigoglietto qui se trouve sur le flanc oriental du cône volcanique.

## DESCRIPTION LITHOLOGIQUE SOMMAIRE DES DIFFÉRENTES UNITÉS

A. *Les roches pré-etnéennes.*

Ces roches appartiennent à 2 séries bien distinctes : il y a d'une part des basaltes alcalins oliviniques, d'autre part des basaltes à caractère tholéïitique.

a) Les roches de la première série contiennent de nombreux phénocristaux d'olivine, à côté de cristaux beaucoup plus rares de plagioclase et d'augite; la mésostase microgrenue est formée de microlites de plagioclase, de petits grains d'augite, à côté de nombreux cristaux d'olivine et de titanomagnétite. Du point de vue de la norme, les roches les plus typiques (Paterno) contiennent une proportion importante de néphéline (7 %), à côté de 15 % d'olivine.

b) Les roches appartenant à la seconde série, à caractère tholéïitique, s'expriment le mieux dans les coulées de S. Maria di Licodia (P. ATZORI, 1966; J. C. TANGUY, 1966a), où ce sont des roches microgrenues à microphénocristaux d'olivine, enrobés dans une mésostase formée de plaquettes de plagioclase, de petits cristaux d'augite subcalcique et de minéraux opaques. La minéralogie virtuelle contient du quartz. Dans d'autres roches de cette catégorie de caractère tholéïitique est moins exprimé : le pyroxène est une augite, il n'y a pas de quartz dans la norme, mais la néphéline manque également.

Les roches pré-etnéennes sont donc des roches mésocrates, basaltes proprement dits, dont certains appartiennent à la série tholéïitique, d'autres sont des basaltes alcalins, avec des termes intermédiaires entre les 2 types.

B. *Les coulées de l'Etna central.*

Les coulées qui appartiennent au système d'éruption central de l'Etna ont une composition généralement très uniforme, qui se trouve à la limite andésite-basalte alcalin, souvent à tendance téphritique. Ces roches sont constituées de phénocristaux d'olivine, de plagioclase et d'augite, dans une mésostase où se retrouvent du plagioclase, de l'augite, du minéral opaque, ainsi que des plages interstitielles de sanidine et de néphéline, parfois de sodalite (J. C. TANGUY, 1966b).

Comparées aux roches pré-etnéennes, les roches de l'Etna central se caractérisent toutes par une composition assez leucocrate : il n'y a jamais de vrais basaltes. Toutefois elles appartiennent toutes à la série basaltique alcaline.

C. *Les roches du Trifoglietto.*

C'est dans les produits du Trifoglietto que se trouvent les roches qui s'écartent le plus de la composition habituelle des laves de l'Etna : on y trouve notamment des latites-andésites. Celles-ci ne représentent cependant qu'un épisode dans la succession des roches émises par le Trifoglietto. Une étude détaillée de cette partie de l'Etna (J. KLERKX, 1968) nous a permis de distinguer 4 phases magmatiques dans l'évolution du Trifoglietto :

— une phase A qui est constituée d'*andésites alcalines oliviniques*, qui ont une composition minéralogique et chimique très voisine de celle des coulées habituelles de l'Etna central; des phénocristaux d'olivine, de plagioclase et d'augite, souvent très nombreux, se trouvent dans une mésostase microgrenue, où le plagioclase et l'augite sont associés à la titanomagnétite;

TABLEAU 1.

*Analyses chimiques des principaux types de roches*

	Pré-etnéen			Trifoglio Phase A	Trifoglio Phase B	Trifoglio Phase C		Trifoglio Phase D	Coulées récentes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	51.75	50.66	47.46	47.51	55.09	54.65	56.08	48.92	47.88	47.60
TiO <sub>2</sub>	1.60	1.70	1.77	1.60	0.86	0.90	0.78	1.32	1.88	1.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.29	16.25	16.14	18.22	17.22	19.60	19.35	17.52	17.57	18.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.52	2.05	1.20	5.72	4.44	4.99	4.22	3.61	4.88	2.32
FeO	7.00	7.40	8.50	5.13	2.97	1.85	2.22	6.25	5.77	7.27
MnO	0.24	0.14	0.13	0.09	0.07	0.17	0.08	0.12	0.17	0.21
MgO	6.27	6.75	9.63	4.76	3.77	2.85	2.08	4.57	4.54	4.60
CaO	9.54	9.93	10.42	9.68	5.94	6.94	4.61	8.89	10.99	10.50
Na <sub>2</sub> O	3.57	3.53	3.80	4.51	5.06	5.24	6.16	5.19	4.10	4.57
K <sub>2</sub> O	0.35	0.69	0.64	1.46	2.29	2.28	3.43	1.89	1.65	1.92
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.39	0.66	1.00	0.21	1.20	0.31	0.65	0.62	0.59	1.45
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.23	0.45	0.04	—	0.61	0.21	0.37	0.13	0.07	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.39	0.40	0.20	0.64	0.40	0.53	0.46	1.00	0.72	0.78
	100.14	100.61	100.93	99.53	99.92	100.52	100.49	100.03	100.81	100.81

*Association minéralogique stable (A. RITTMANN, 1967)*

Sanidine	—	—	—	3.4	15.8	13.3	25.1	5.1	7.1	5.3
Plagioclase	58.9	64.5	50.4	61.2	63.9	71.7	61.1	55.7	54.1	50.1
Augite	30.9	27.9	24.7	17.4	15.4	8.0	2.0	17.7	23.4	21.8
Olivine	—	3.4	14.9	3.7	—	2.7	3.9	5.2	2.2	5.7
Magnétite } Ilménite }	5.3	3.3	2.3	6.1	3.5	3.1	2.7	4.0	5.6	2.9
Apatite	0.9	0.9	0.3	1.5	0.9	1.1	0.9	2.1	1.5	1.8
Néphéline	—	—	7.5	6.7	—	—	4.4	10.1	6.1	12.4
Hématite	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Quartz	4.0	—	—	—	0.5	—	—	—	—	—

- N° 1 : éch. 171 Lic — Andésite-basalte à pigeonite — Coulée à Santa Maria di Licodia (J. C. TANGUY, 1966).  
 N° 2 : éch. 118 MSA — Basalte olivinifère — Neck de Motta S. Anastasia (J. C. TANGUY, 1966).  
 N° 3 : éch. 104 Pat — Basalte alcalin olivinique — Coulée issue du neck de Paterno (J. C. TANGUY, 1966).  
 N° 4 : éch. 65/21 — Andésite alcaline olivinique — Coulée appartenant à la phase A du Trifoglietto.  
 N° 5 : éch. Et 113 — Latite-andésite — Scorie de la phase B du Trifoglietto.  
 N° 6 : éch. Et 42 — Latite-andésite — Coulée du début de la phase C du Trifoglietto.  
 N° 7 : éch. 65/55 — Leucolatite-andésite alcaline olivinique — Coulée terminale de la phase C du Trifoglietto.  
 N° 8 : éch. 65/57 — Basanite — Coulée de la phase D du Trifoglietto.  
 N° 9 : éch. 50-2 — Andésite alcaline olivinifère — Coulée émise au cratère central en 1950 (J. C. TANGUY, 1966).  
 N° 10 : éch. 63-3 — Téphrite — Coulée émise en 1963 (J. C. TANGUY, 1966).

- dans la phase B qui prend la composition de *latite-andésite*, les minéraux leucocrates sont nettement plus abondants. Dans la structure porphyrique très marquée, l'oxyhornblende vient s'ajouter aux minéraux habituels; ce minéral se présente en très grands cristaux, à bordure d'opacite;
- la phase C est formée d'une série de roches qui débute par des *andésites alcalines*, dont la composition est proche de celle de la phase A, et qui se termine par des *leucolatites-andésites alcalines*, qui sont des roches pauvres en minéraux ferromagnésiens, mais où on retrouve toujours sporadiquement de grands cristaux d'oxyhornblende;
- finalement la phase D est formée de *basanites*, qui sont des roches dont l'indice de coloration est voisin de celui des roches de la phase A, mais qui sont plus riches en alcalis, ce qui s'exprime par une proportion élevée de néphéline normative. Dans ces roches l'oxyhornblende, qui caractérise les phases B et C, est absente.

## L'ÉVOLUTION MAGMATIQUE DE L'ETNA

La distinction entre les roches pré-etnéennes émises au cours de la phase primitive du volcan et les roches provenant de l'appareil central apparaît nettement lorsque les analyses chimiques sont portées dans le diagramme  $K_2O + Na_2O/SiO_2$  (fig. 1), où la limite entre le champ tholéiitique et le champ basaltique alcalin est celle admise par G. A. MACDONALD et T. KATSURA (1964) pour les roches d'Hawaïi. Les roches pré-etnéennes se placent en grande partie dans le domaine tholéiitique ou chevauchent les 2 domaines. Il y a une seule exception, il s'agit d'un réel basalte alcalin, mais pauvre en alcalis et en silice. D'autre part toutes les roches de l'Etna central se placent dans le domaine des basaltes alcalins où elles occupent un champ très large.

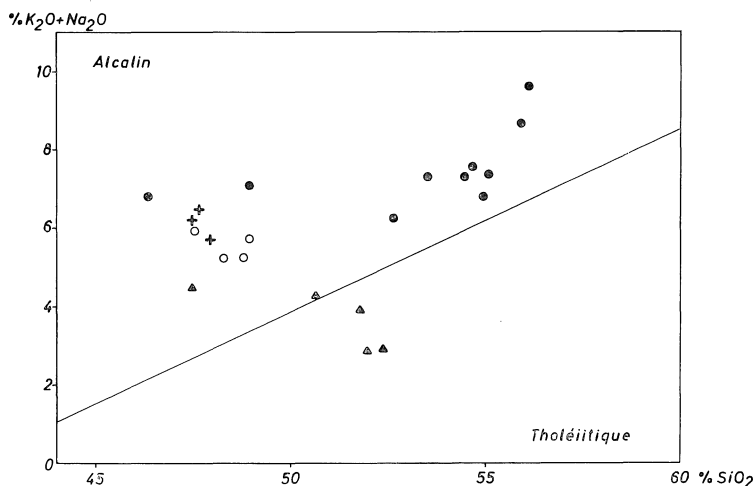


Fig. 1. — Diagramme  $K_2O + Na_2O/SiO_2$  montrant la répartition entre les roches pré-etnéennes tholéiitiques et les roches basaltiques alcalines.

- ▲ : roches pré-etnéennes
- : Trifoglietto phases B, C, D.
- : Trifoglietto phase A.
- +

Pour mieux comprendre l'évolution de l'ensemble on peut se référer au diagramme AFM (fig. 2) qui montre que les coulées historiques de l'Etna central forment un ensemble bien groupé, comprenant aussi les roches du Trifoglio, appartenant à la phase A; ce groupe a une composition intermédiaire, appauvrie en FeO et MgO par rapport aux roches basiques tholéïtiques et alcalines du pré-etnéen. Par contre la série du Trifoglio constitue un ensemble beaucoup plus dispersé, dans le diagramme AFM, dessinant une évolution très nette vers le pôle des alcalis, ce qui correspond à une augmentation des teneurs en  $K_2O$  et  $Na_2O$  et une diminution progressive des pourcentages en FeO et MgO.

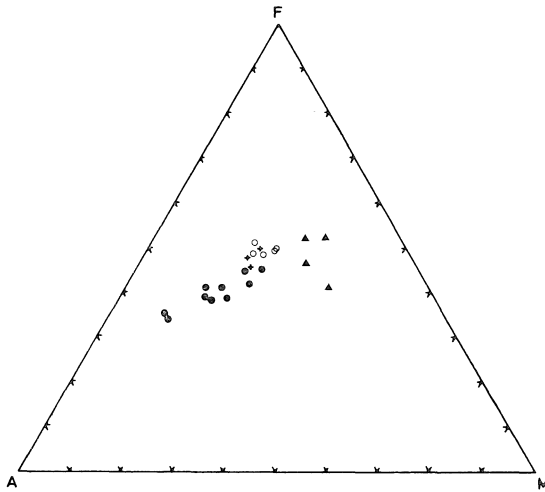


Fig. 2. — Diagramme A F M (A =  $K_2O + Na_2O$ ; F =  $FeO + Fe_2O_3$ ; M = MgO), montrant l'évolution magmatique des principales phases de l'Etna.

- : Trifoglio I.
- : Trifoglio II.
- + : coulées récentes de l'Etna.
- ▲ : roches tholéïtiques pré-etnéennes.

La totalité des roches de l'Etna représentée dans le diagramme de von WOLFF (fig. 3) montre que toutes les roches se situent sous la limite de saturation, à l'exception des roches tholéïtiques pré-etnéennes et de certaines roches du Trifoglio, notamment celles de la phase B. Que les roches tholéïtiques du pré-etnéen soient sursaturées en silice se comprend aisément. Ce qui s'explique moins bien c'est que certaines roches du Trifoglio deviennent sursaturées, s'écartant ainsi de la majorité des laves de l'Etna central.

Pour expliquer cette particularité, il faut envisager plus en détails la série du Trifoglio, à la lumière des données géologiques et pétrographiques. En se rapportant aux diagrammes  $K_2O - Na_2O$  et  $MgO - FeO$  (fig. 4 et 5), il apparaît que deux tendances se dessinent : tout d'abord un accroissement du rapport  $MgO/FeO$  en passant de la phase A à la phase B, alors que ce rapport diminue au cours de l'évolution à l'intérieur de la phase C; d'autre part une augmentation beaucoup plus rapide du rapport  $K_2O/Na_2O$  en passant de la phase A à la phase B que dans l'évolution à l'intérieur de la phase C.

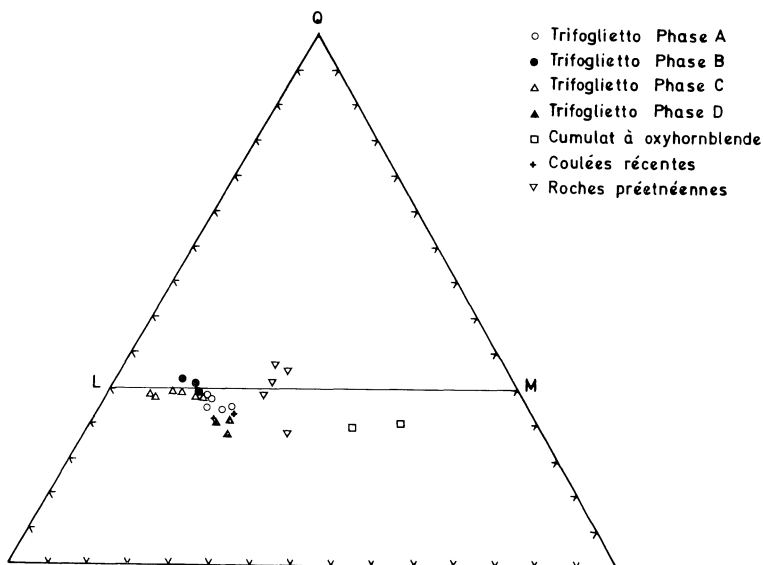


Fig. 3. — Diagramme de von Wolff sur lequel sont figurées les différentes phases du Trifoglio, comparées aux coulées récentes de l'Etna et aux roches pré-étniennes.

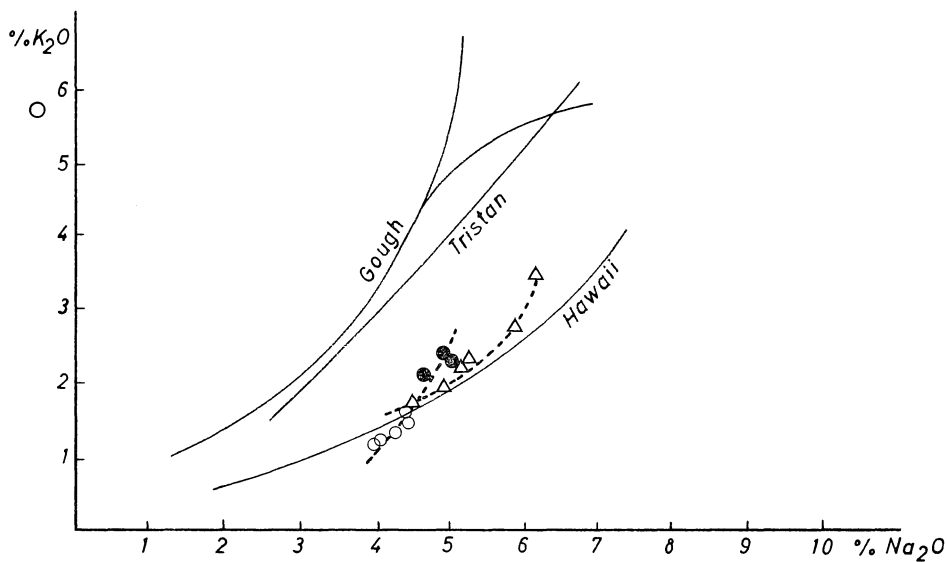


Fig. 4. — Variation des pourcentages en  $K_2O$  et  $Na_2O$  dans les roches du Trifoglio, comparées aux séries magmatiques de Gough, Hawaii et Tristan da Cunha.

- : Trifoglio phase A.
- : Trifoglio phase B.
- △ : Trifoglio phase C.



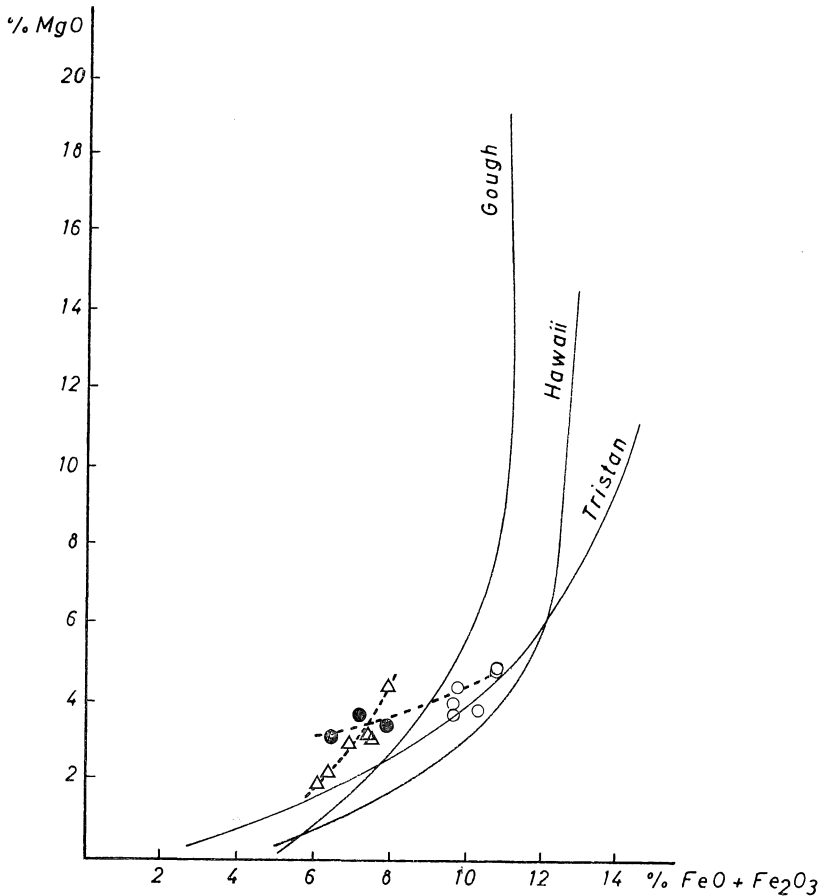


Fig. 5. — Variation des pourcentages en MgO et FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dans le Trifoglio, comparée aux séries magmatiques de Gough, Hawaii et Tristan da Cunha.

- : Trifoglio phase A.
- : Trifoglio phase B.
- △ : Trifoglio phase C.

Cette variation brusque entre les phases A et B, s'écartant de la tendance habituelle par cristallisation fractionnée, s'explique (J. KLERKX, 1968) par la cristallisation d'oxyhornblende et sa séparation dans le magma qui avait la composition de la phase A. D'autre part dans la phase C le magma s'est différencié par cristallisation fractionnée normale avec séparation d'olivine et d'augite.

La séparation d'oxyhornblende a donc permis au magma qui initialement cristallisait en donnant des roches soussaturées en silice et contenant de la néphéline, de franchir la limite de saturation et de cristalliser sous forme d'andésites contenant du quartz normatif.

Comment expliquer que durant l'existence du Trifoglio le magma habituel de l'Etna a pu se différencier alors qu'il a gardé une composition plus ou moins uniforme durant la plus grande partie de son existence ?

Cela s'explique lorsque l'on considère qu'il n'y a pas sous l'Etna de bassin magmatique superficiel et que le magma atteint directement la surface le long de grandes fissures. Ce n'est qu'exceptionnellement, comme sous le Trifoglietto, qu'un petit bassin magmatique se forme et dans ce cas le magma peut subir une différenciation assez importante par cristallisation fractionnée.

#### COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROVINCES BASALTIQUES

Il est tout d'abord nécessaire de définir si le magma etnéen est un magma primaire, ou s'il s'agit d'un magma hybride ou contaminé au cours de sa montée dans la croûte terrestre. A ce sujet les arguments de terrain nous montrent que jamais le magma etnéen ne montre les effets d'une telle assimilation de matériau sialique ; il ne contient que peu d'enclaves qui sont toujours des roches gréseuses arrachées au soubassement à faible profondeur et elles n'ont aucun effet important sur le chimisme du magma. Il ne s'agit toutefois pas d'un argument définitif pour assurer que le magma etnéen est un magma primaire. Mais d'autre part les quelques mesures de rapports isotopiques du strontium ( $Sr^{87}/Sr^{86}$ ) qui ont été faites sur des roches de l'Etna (H. PICHLER, 1970) nous donnent des valeurs autour de 0,705. Cette valeur tombe encore dans celles mesurées sur les basaltes océaniques assez différenciés et rentre parfaitement dans le domaine des basaltes continentaux. Cela semble donc indiquer que le magma etnéen est bien un magma primaire, trouvant son origine par fusion partielle du manteau.

Représentée dans le diagramme AFM (fig. 6) la série magmatique de l'Etna présente une tendance à enrichissement en fer modéré et l'évolution magmatique est grossièrement parallèle à celle du magma basaltique alcalin d'Hawaii : seuls les termes basiques manquent ou sont peu représentés. Elle est également comparable à l'évolution de certaines îles de l'atlantique, telle que l'île de Gough. Les tholéiites

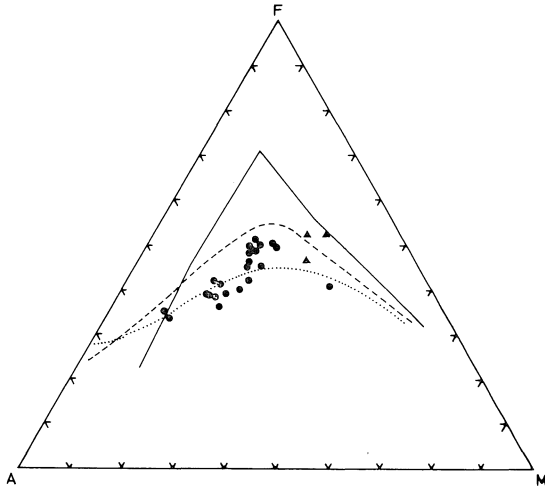


Fig. 6. — L'évolution magmatique de l'Etna comparée à d'autres séries basaltiques : en trait plein le magma tholéiitique d'Hawaii ; en trait interrompu, le magma basaltique alcalin d'Hawaii ; en pointillé, l'évolution de l'île de Gough. Les triangles représentent les roches tholéiitiques de l'Etna ; les ronds, les roches appartenant à la série basaltique alcaline.

du pré-etnéen occupent une position voisine du magma tholéiitique d'Hawaii ou sont intermédiaires entre les deux types de magma hawaïen.

Si on veut expliquer certaines similitudes ou différences se rapportant à l'origine ou l'évolution de différentes séries magmatiques, il faut tenir compte de l'environnement des domaines volcaniques et de la structure de l'écorce terrestre aux endroits envisagés. En comparant des basaltes continentaux aux basaltes océaniques, on découvre que ces conditions sont nettement différentes. C'est précisément en tenant compte de ces différences d'environnement que nous allons tenter de comparer la série magmatique de l'Étna à celle de certaines provinces océaniques, telles qu'Hawaii et certaines îles atlantiques. Si on compare l'Étna à la série magmatique d'Hawaii il apparaît qu'il y a certains points de similitude : les deux séries basaltiques, la série tholéiitique et la série alcaline, y sont associées ; en plus dans le temps la série tholéiitique précède la série alcaline et il y a une transition d'un type à l'autre.

Deux différences importantes apparaissent cependant :

- il existe dans les produits de l'Étna une prédominance de matériaux de composition intermédiaire (andésites alcalines) et une proportion relativement faible de roches de nature basaltique sensu stricto ; à Hawaii par contre la plupart des laves ont une composition basaltique ;
- la seconde différence réside dans le fait qu'à Hawaii les tholéiites prédominent nettement sur les basaltes alcalins qui n'apparaissent qu'à la fin d'un cycle, après une période de repos. Par contre, à l'Étna, les coulées tholéiitiques ne forment que la partie inférieure tandis que la masse principale du volcan est formée de roches alcalines.

Sur ce dernier point, remarquons que, comme l'indique J. C. TANGUY (1966), les affleurements tholéiitiques à l'Étna affleurent seulement sur le pourtour du volcan, et, comme ces roches ont précédé le volcan lui-même, il n'est pas impossible qu'elles aient une répartition beaucoup plus grande, mais que la plupart des affleurements aient été recouverts par l'Étna même.

D'autre part, la forte proportion de matériaux de composition intermédiaire se comprend lorsqu'on sait que toutes les laves etnéennes sont très riches en phénocristaux et que ceux-ci forment souvent des agrégats glomérophyriques, qui datent d'une période de cristallisation hypomagmatique. Il y a donc eu non seulement cristallisation lorsque le magma stagnait dans le conduit magmatique, mais aussi ségrégation de minéraux ferromagnésiens et ceci dans une zone assez proche de la surface. Plutôt qu'une véritable ségrégation, il s'agit d'une montée sélective, les minéraux ferromagnésiens, plus denses que le liquide, montent moins rapidement que celui-ci et se déposent le long des parois du conduit. Le magma qui atteint la surface est donc appauvri en ces minéraux ferromagnésiens. Le mécanisme d'éruption de l'Étna favorise d'ailleurs ce processus : l'Étna est en activité permanente pendant des périodes assez longues ; pendant ces périodes, le magma s'écoule lentement par les bouches éruptives. A ces stades d'activité persistante succèdent des périodes de repos, pendant lesquelles seuls les gaz sont émis. Les explosions violentes qui secouent la colonne magmatique sont rares. Par conséquent le magma qui monte lentement depuis le manteau le long de grandes fissures progresse très lentement. Lorsqu'il atteint un certain niveau, la cristallisation des minéraux ferromagnésiens débute et ils se ségrègent.

Ainsi s'explique par conséquent le caractère assez leucocrate de la majorité des laves etnéennes par une ségrégation de minéraux ferromagnésiens au cours de la longue montée du magma à travers la croûte continentale. Dans les domaines océa-

niques, notamment à Hawaïi, en raison de l'absence de croûte, la distance que le magma doit parcourir est moindre et ce processus de ségrégation à faible profondeur ne se produit pas ou moins; peut-être aussi le mécanisme d'éruption est-il plus violent et empêche-t-il une ségrégation calme.

Quant à expliquer l'association de magma tholéïitique et de magma basaltique alcalin et la prédominance de matériaux alcalins nous ne disposons à l'Étna d'aucune donnée géophysique qui nous permette d'estimer la source du magma basaltique. D'autre part les enclaves ultramafiques dont la composition pourrait nous fournir une indication sur la zone dans laquelle le magma basaltique a pris naissance manquent à l'Étna. Il ne nous est donc pas possible actuellement de fournir une explication sur l'association de ces deux types de magmas et sur leur origine.

On peut envisager que les deux magmas sont dus à des processus de fusion différents (GREEN and RINGWOOD, 1967), soit considérer, comme le fait MACDONALD (1968) pour Hawaïi, que le magma primaire est un magma tholéïitique, tandis que le magma basaltique alcalin en est dérivé par cristallisation fractionnée avec séparation d'orthopyroxènes à des pressions relativement élevées, correspondant à des profondeurs d'environ 30 Km.

En conclusion, la série magmatique de l'Étna peut donc être considérée comme l'évolution d'un magma basaltique du même type que celui d'Hawaïi ou d'autres îles océaniques, par conséquent d'un magma qui n'a pas été modifié par assimilation ou par hybridation et qui est donc un magma primaire, dont l'évolution est déterminée uniquement par des processus de cristallisation fractionnée avec séparation de minéraux ferromagnésiens, ces processus étant favorisés par un mécanisme d'éruption très calme.

Il n'est cependant pas exclu que parfois un processus secondaire, tel qu'un processus de transfert d'éléments par les gaz, puisse agir localement et expliquer ainsi certaines déviations de l'évolution générale, mais les effets de ces processus semblent être peu importants à l'Étna et difficiles à mettre en évidence.

#### RÉFÉRENCES

- ATZORI, P., 1966. — La parete lavica fra Adrano e Biancavilla (M. Etna). *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, 6<sup>e</sup> série, XVIII, pp. 50-70.
- CRISTOFOLINI, R., 1966. — Le manifestazioni eruttive basiche del trias superiore nel sottosuolo di Ragusa (Sicilia sud-orientale). *Period. di Miner.*, XXXV, n° 1.
- CRISTOFOLINI, R., 1967. — La successione dell'attività vulcanica sulle pendici sud-occidentali dell'Étna. *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, 6<sup>e</sup> série, XVIII, p. 283-294.
- GREEN, D. H. and RINGWOOD, A. E., 1967. — The genesis of basaltic magmas. *Contr. Miner. and Petrol.*, 15, pp. 103-190.
- KIEFFER, G. 1969. — Origine explosive de la Valle del Bove (Etna, Sicile). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 269, pp. 1938-1941.
- KLERKX, J., 1968. — Étude géologique et pétrologique de la Valle del Bove (Etna). Thèse, inédite, Université de Liège.
- KLERKX, J. et EVRARD, P., 1970. — Les anomalies gravimétriques de l'Étna (Sicile) et l'évolution du Trifoglietto. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 93, pp. 145-147.
- LEMAITRE, R. W., 1962. — Petrology of volcanic rocks, Gough Island, South Atlantic. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 73, n° 11, pp. 1309-1340.
- MACDONALD, G. A., 1968. — Composition and origin of Hawaiian lavas. *Geol. Soc. America*, Memoir 116, pp. 477-522.

- OGNIBEN, L., 1966. — Lineamenti idrogeologici dell'Etna. *Riv. Miner. Siciliana*, n° 100-102.
- PICHLER, H., 1970. — Italienische Vulkan-Gebiete, I. — *Sammlung Geologischer Führer*. Bd 51, 258 p., Stuttgart.
- RITTMANN, A., 1963. — Vulkanismus und Tektonik des Ätna. *Geol. Rundschau*, Bd. 53, pp. 788-800.
- RITTMANN, A., 1967. — Calcolo dell' Associazione Mineralogica Stabile delle Vulcaniti. CNEN, Roma.
- TANGUY, J. C., 1966a. — Les laves récentes de l'Etna. *Bull. Soc. Geol. France*, 7<sup>e</sup> série, VIII, pp. 201-217.
- TANGUY, J. C., 1966b. — Contribution à la pétrographie de l'Etna (Laves historiques et affleurements pré-etnéens). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- TANGUY, J. C., 1967. — Présence de basaltes à caractère tholéiitique dans la zone de l'Etna (Sicile). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 264, pp. 21-24.

