

DIRECÇÃO GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLÓGICOS
SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL



MEMÓRIA N.º 4 — (NOVA SÉRIE)

LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL ET L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS

RAPPORT DE LA PREMIÈRE MISSION GÉOLOGIQUE

par

A. DE CASTELLO BRANCO, G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA
et O. DA VEIGA FERREIRA

RAPPORT DE LA DEUXIÈME MISSION GÉOLOGIQUE

par

G. ZBYSZEWSKI et O. DA VEIGA FERREIRA

CONTRIBUIÇÃO PARA A PETROGRAFIA DOS PRODUTOS EMITIDOS
PELO VULCÃO DOS CAPELINHOS (FAIAL)

por

C. F. TORRE DE ASSUNÇÃO

EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS

por

F. MACHADO, J. M. NASCIMENTO e A. F. DENIS

L'ÉRUPTION DE 1957-1958 ET LA TECTONIQUE DE FAIAL (AÇORES)

par

H. TAZIEFF

A ERUPÇÃO DO FAIAL EM 1672

por

F. MACHADO

LISBOA
1959

LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL
ET L'ÉRUPTION DU VOLCAN
DE CAPELINHOS

DIRECÇÃO GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLÓGICOS
SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL



MEMÓRIA N.º 4—(NOVA SÉRIE)

LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL ET L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS

RAPPORT DE LA PREMIÈRE MISSION GÉOLOGIQUE

par

A. DE CASTELLO BRANCO, G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA
et O. DA VEIGA FERREIRA

RAPPORT DE LA DEUXIÈME MISSION GÉOLOGIQUE

par

G. ZBYSZEWSKI et O. DA VEIGA FERREIRA

CONTRIBUIÇÃO PARA A PETROGRAFIA DOS PRODUTOS EMITIDOS
PELO VULCÃO DOS CAPELINHOS (FAIAL)

por

C. F. TORRE DE ASSUNÇÃO

EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS

por

F. MACHADO, J. M. NASCIMENTO e A. F. DENIS

L'ÉRUPTION DE 1957-1958 ET LA TECTONIQUE DE FAIAL (AÇORES)

par

H. TAZIEFF

A ERUPÇÃO DO FAIAL EM 1672

por

F. MACHADO

LISBOA
1959

COMP. E IMP. DA
TIP. ALCOBACENSE, LIMITADA
ALCOBAÇA

PRÉFACE

Le 27 septembre 1957, un volcan sous-marin est né sur la côte Ouest de l'île de Faial, dans l'archipel des Açores.

Dès les premiers jours de sa naissance, l'intérêt du phénomène attira sur les lieux, un grand nombre d'hommes de science, de journalistes et de curieux, portugais ou étrangers, dont quelques uns venus de très loin.

En peu de jours l'éruption augmenta de violence, semant la désolation dans toute la partie occidentale de l'île de Faial. Un îlot apparut sur mer, auquel on donna le nom de « Ilha Nova ». Il eût une vie éphémère de même que celui qui lui succéda. Bientôt une troisième île se forma. Elle se rattacha progressivement à la côte de l'île de Faial par un isthme de sable volcanique, qui augmenta en largeur.

Le volcan grandit et, dans le courant de l'année 1958, prit son aspect définitif.

Il était devenu un centre d'attraction pour le tourisme et de nombreux navires, de diverses nationalités, ont souvent détourné leur route pour passer au large de l'île de Faial, afin de voir le spectacle grandiose et par moment terrifiant du nouveau volcan en activité.

L'éruption s'étant terminée le 25 Octobre 1958, le volcan entra en régime de sommeil. Il est difficile de prévoir si ce dernier se maintiendra longtemps. Mais il faut remarquer que toutes les éruptions qui se sont produites aux Açores, postérieurement à la découverte de cet Archipel, eurent une faible durée.

En raison de l'intérêt mondial que présente l'éruption du volcan de Capelinhos, dont l'observation a pu se faire en d'excellentes conditions, il fut décidé que les Services Géologiques du Portugal publieraient un mémoire circonstancié sur les phénomènes observés.

Il fut donc demandé à tous les hommes de science, nationaux ou étrangers, ayant vu l'éruption du volcan de Capelinhos, de participer à l'élaboration de ce mémoire, chacun dans sa spécialité. Le volume ainsi constitué contiendra toutes les informations relatives au phénomène, lui même, ainsi qu'aux destructions ou devastations qui en ont résulté.

L'élément fondamental ayant servi de base au présent travail et qui mérite d'être spécialement mis en relief, est l'observation quotidienne de tous les phénomènes qui se sont produits dans l'île de Faial depuis la naissance du volcan jusqu'à ce jour. Cette observation a été réalisée par l'Ingénieur Frederico Machado, Directeur des Travaux Publics du District Autonome de Horta et par Tomás Pacheco da Rosa, Gardien du Phare de Capelinhos.

C'est grâce à leur vigilance constante qu'il n'y eût pas à déplorer d'accidents ni de perte de vies humaines au moment des phases les plus critiques de l'éruption, comme aussi pendant le grand séisme de Mai 1958.

Grâce aux études réalisées par les diverses missions scientifiques qui se sont succédées dans l'île de Faial, il devient possible aujourd'hui, de se faire une idée exacte du phénomène éruptif, lui même, avec ses conséquences destructrices.

Une étude géologique détaillée, ayant porté sur la totalité de l'île, a été faite, ayant donné lieu à l'élaboration d'une carte à l'échelle du 1:25 000 ème.

En toutes choses l'initiative, l'énergie et le sang froid du Gouverneur du District Autonome de Horta, Dr. Freitas Pimentel, ont apporté en même temps que les secours nécessaires, un réconfort moral aux populations durement atteintes de l'île.

Pour la bonne réalisation des diverses missions scientifiques il s'est montré un animateur enthousiaste, dispensant une aide précieuse en tous temps, en tous lieux et en toutes occasions.

A. DE CASTELLO BRANCO
DIRECTEUR DES S. G. P.

LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL ET L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS

SOMMAIRE

PRÉFACE par A. DE CASTELLO BRANCO.

RAPPORT DE LA PREMIÈRE MISSION GÉOLOGIQUE SUR LE VOLCANISME
DE L'ÎLE DE FAIAL par A. DE CASTELLO BRANCO, G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE
ALMEIDA et O. DA VEIGA FERREIRA.

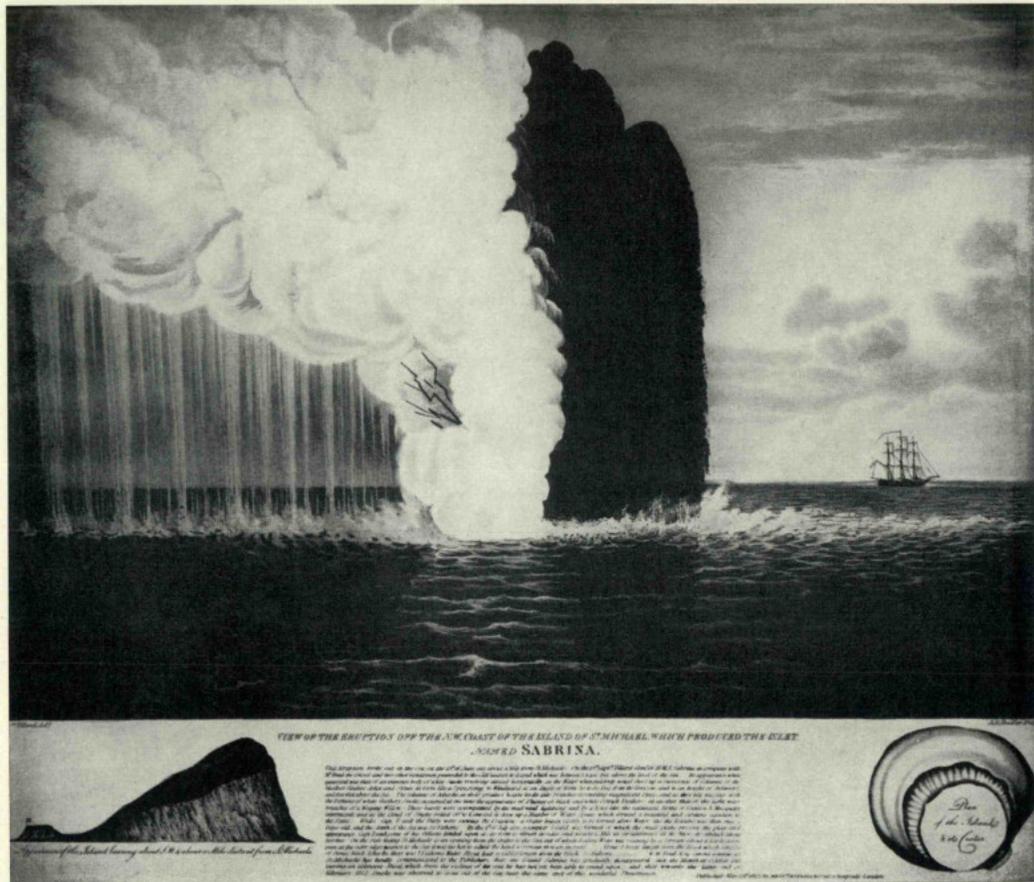
RAPPORT DE LA DEUXIÈME MISSION GÉOLOGIQUE SUR LE VOLCANISME
DE L'ÎLE DE FAIAL par G. ZBYSZEWSKI et O. DA VEIGA FERREIRA.

CONTRIBUIÇÃO PARA A PETROGRAFIA DOS PRODUTOS EMITIDOS PELO
VULCÃO DOS CAPELINHOS (FAIAL) por C. F. TORRE DE ASSUNÇÃO.

EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS
por F. MACHADO, J. M. NASCIMENTO e A. F. DENIS.

L'ÉRUPTION DE 1957-1958 ET LA TECTONIQUE DE FAIAL (AÇORES) par
H. TAZIEFF.

A ERUPÇÃO DO FAIAL EM 1672 por F. MACHADO.



L'éruption de l'île Sabrina en 1811, d'après une gravure anglaise de l'époque.

RAPPORT DE LA PREMIÈRE MISSION GÉOLOGIQUE SUR LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL

par

A. DE CASTELLO BRANCO, G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA
et O. DA VEIGA FERREIRA

INTRODUCTION

Entre le 16 et le 27 Septembre 1957, l'île de Faial fut ébranlée par plus de 200 secousses séismiques, dont l'intensité ne dépassa pas le degré V de l'échelle de Mercalli. Les épicentres des premiers séismes étaient localisés dans la partie orientale de l'île. Mais à partir du 20 Septembre, la fréquence des secousses ayant augmenté, les épicentres se déplacèrent vers l'Ouest pour se fixer dans la région avoisinant le Phare de Capelinhos.

Les derniers séismes se superposèrent à un tremblement de terre volcanique presque continu [MACHADO 1958] ⁽¹⁾.

Le 27 Septembre une éruption sous-marine commença. Les séismes cessèrent, mais les vibrations d'origine volcanique continuèrent avec une intensité variable.

Ce jour là, vers 7 heures du matin, une tache claire apparut à la surface de l'eau à environ 1 km à l'Ouest du phare. Peu à peu des fumées blanches s'élevèrent, accompagnées par des jets de pierres et de scories. Bientôt quatre centres éruptifs se trouvèrent en fonctionnement le long d'un alignement WSW-ENE et sur une distance de 250 m. Mais par la suite, le phénomène se localisa à l'extrémité Ouest de l'alignement.

Au bout de quelques jours une île nouvelle se forma et reçut le nom de « Ilha Nova ». Mais sa vie fut éphémère car elle disparut le 30 octobre. Une deuxième île se forma pour disparaître aussitôt. L'activité volcanique reprit cependant et le 12 Novembre une troisième île, surgie des flots, s'est trouvée raccordée par un isthme de sable volcanique noir à la côte occidentale de l'île de Faial.

Le 16 Décembre, à 22 heures 30, les laves coulèrent pour la première fois. Le Volcan de Capelinhos entra en régime strombolien qui allait durer jusqu'au 25 Octobre 1958.

Le jour même où les journaux ont annoncé l'apparition du nouveau volcan sous-marin, le Directeur des Services Géologiques du Portugal, D. António de Castello Branco est entré en contact avec le Dr. Freitas Pimentel, Gouverneur du District Autonome de Horta, pour lui demander des précisions sur les phénomènes volcaniques qui étaient en train de se dérouler sur la côte Ouest de l'île de Faial. Après avoir obtenu confirmation officielle de ce qui se passait, il fut décidé qu'une Mission Géologique se déplacerait pour aller étudier le nouveau volcan en essayant d'établir ses relations avec la structure générale de l'île et spécialement avec les centres volcaniques modernes de sa partie occidentale.

Le 16 Octobre, une Mission constituée par l'Ingénieur D. António de Castello Branco, Directeur des Services Géologiques, par les Géologues Dr. G. Zbyszewski et Ingénieur F. Moitinho de Almeida, par O. da Veiga Ferreira et par le Collecteur A. Rodrigues, quittait Lisbonne en avion et débarquait trois jours après dans l'île de Faial.

⁽¹⁾ Voir la bibliographie à la fin du rapport de la Deuxième Mission Géologique.

Une fois sur place, les travaux de la Mission ont porté sur le programme suivant:

- 1° — Etude géologique de la partie occidentale de l'île de Faial, accompagnée par des levés d'une carte géologique au 1:25 000 ème.
- 2° — Observation de l'éruption du Volcan de Capelinhos.

La Mission ayant terminé ses travaux a quitté l'île de Faial le 11 Novembre pour rentrer à Lisbonne. Elle a assisté à la disparition totale de l'Ilha Nova et à la fin de la première période éruptive.

En rassemblant les observations de la Mission et les informations provenant de divers témoins oculaires de l'éruption du Volcan de Capelinhos, il a été possible d'établir le présent rapport, dont la rédaction définitive a été faite par l'un des signataires (G. Z.) après examen de tous les détails réunis et échanges de vues entre tous les membres de la Mission.

Il est actuellement impossible de prévoir le futur du nouveau volcan. Les projections se sont accumulées et les laves ont coulé. En se solidifiant elles ont formé une protection contre les atteintes de l'érosion marine. Depuis le 25 Octobre 1958 le volcan semble éteint. Mais, quoiqu'il arrive, le souvenir de l'éruption ne disparaîtra plus.

I — ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE L'ÎLE DE FAIAL

L'élément géo-morphologique le plus important de l'île de Faial est incontestablement le Massif volcanique de la Caldeira, dont le point culminant, le Cabeço Gordo, atteint 1043 m. Ce volcan a formé l'île primitive, agrandie ultérieurement et complétée par des éruptions qui se sont produites sur sa périphérie à partir de points d'émissions secondaires.

La partie supérieure de ce volcan comprend un vaste cratère dont le diamètre est de l'ordre de 2 km et dont la profondeur atteint 470 m.

D'après TAZIEFF [1958] ce serait un « sink-hole » dont l'origine pourrait être attribuée à une éruption du type plinien.

Les versants extérieurs du volcan sont couverts par une épaisse série de projections qui ne laissent affleurer la roche des coulées que dans les ravins profondément excavés par l'érosion et présentant un dispositif radié.

Le volcan de la Caldeira est essentiellement andésitique (andésites et andésites péridotiques). Cependant les parois Ouest et Sud du cratère (Altar, etc.), présentent une intrusion trachytique à disjonction en prismes (Pl. I, fig. 1).

Au fond du cratère, partiellement occupé par une lagune (Pl. I, fig. 2), un cône volcanique secondaire a donné une petite coulée de latite. A sa partie supérieure s'ouvre un cratère qui a 250 m de diamètre et 27 m de profondeur.

L'île primitive, constituée par le Massif de la Caldeira, se terminait à l'Ouest par de hautes falaises dont on peut encore voir des restes au Nord-Ouest entre Praia do Norte et Ribeira Funda (Pl. III, fig. 2), au Sud-Ouest entre Varadouro (Pl. I, fig. 3), Lombêga et Castelo Branco.

A l'Ouest, entre Praia do Norte et Varadouro, l'ancienne falaise a disparu sous les laves modernes du Cabeço dos Trinta et de quelques autres appareils volcaniques voisins.

La partie occidentale de l'île forme une péninsule, dont l'axe est constitué par une chaîne de volcans alignés de long d'une des plus importantes fractures de l'île (Pl. II, fig. 2). On donne à cette presqu'île le nom de « Péninsule de Capêlo » et à son extrémité le nom de « Canto ».

Nous proposons pour cette chaîne de volcans, qui est en somme l'épine dorsale de la région, le nom de « Serra do Governador » en hommage au Dr. Freitas Pimentel, actuel Gouverneur de l'île.

Cette chaîne de montagne, dont le point le plus élevé, le Cabeço dos Trinta, a 758 m d'altitude, est greffée sur le versant occidental du Massif de la Caldeira. Elle s'étend vers l'Ouest presque en ligne droite jusqu'au Volcan de Capelinhos.

De l'Est à l'Ouest on trouve ainsi les appareils volcaniques suivants: Cabeço dos Trinta (762 m), Cabeço do Pacheco (582 m), Cabeço Verde (571 m), Pingarotes (540 m), Cabeço do Fogo (571 m), Cabeços do Garcia (378 m), Cabeços dos Caldeirões (310 m), Cabeço do Manuel Gato (287 m), Cova da Capitôa (340 m), Cabeço do Capêlo (improprement appelé sur les cartes «Cabeço Verde», 488 m), Furna Ruim (390 m), Caldeirão (385 m), Cabeço do Canto (366 m), Caldeirinhas (182 m), Costado da Nau (181 m) et Volcan de Capelinhos.

La plupart de ces appareils ont donné des laves les unes andésitiques, les autres basaltiques, qui ont coulé soit vers le Nord, soit vers le Sud. D'autres n'ont donné que des projections.

Parmi ces volcans, les plus anciens semblent être les Cabeços do Pacheco (antérieurs aux éruptions du Cabeço dos Trinta et du Cabeço Verde), le Cabeço do Capêlo et le volcan détruit du Costado da Nau, dont il ne reste plus que le bord Est. Le volcan le plus moderne de cet ensemble, dont la dernière éruption date de 1672, est le Cabeço do Fogo. Le Picarito, situé au Nord de l'alignement cité, est un petit cône volcanique ayant donné, lui aussi, des laves en 1672.

Si nous considérons chacun des volcans de cette chaîne en particulier, nous remarquons que leurs éruptions ont donné les résultats suivants:

Cabeço dos Trinta

Ce volcan, situé vers la base du versant occidental du Massif de la Caldeira, a 758 m d'altitude. Muni d'un cratère dont la profondeur est de l'ordre de 38 m, il a donné, sur sa face Ouest, une importante émission de laves basaltiques qui ont coulé vers le Nord, en contournant les Cabeços do Pacheco, jusqu'à Praia do Norte. Vers le Sud, les coulées se sont propagées jusqu'à Ribeira do Cabo et Areeiro. Après avoir atteint l'ancienne falaise de l'île, elles sont descendues en cascade dans la mer pour former une partie de la pointe de Varadouro, où on peut les observer au voisinage de l'établissement thermal.

Cabeços dos Pacheco

Il s'agit d'un volcan à deux cratères, dont le point culminant atteint 582 m. Il est constitué par des matériaux de projection. Le plus grand des deux cratères a environ 22 m de profondeur. Son fond est occupé par une petite mare. Ce volcan est antérieur aux éruptions du Cabeço dos Trinta et du Cabeço Verde, qui l'ont contourné.

Cabeço Verde

Il s'agit d'un appareil volcanique égéulé, constitué par des matériaux de projection et couvert d'un dense maquis. Deux brèches, ouvertes l'une vers le NE et l'autre vers l'Ouest, ont donné passage à deux coulées sorties du cratère (andésites périclitiques). L'une d'entre elles, augmentée par les laves émises par l'appareil complexe de Pingaritos, a coulé vers Praia do Norte, arrivant à la mer à Fajã. L'autre a coulé vers le Sud-Ouest en contournant le Cabeço do Fogo. Elle a débordé Areeiro pour arriver sur la côte à Varadouro, où elle a formé les pointes de Tirmo, Tanheiro et Lapas. Elle a recouvert partiellement la coulée basaltique, plus ancienne, de Cabeço dos Trinta.

Pingarotes

Ces sommets, situés au Nord-Ouest du Cabeço Verde, semblent avoir fait autrefois partie de ce volcan. Deux petits cratèrelets existent à leur sommet. Sur le versant Sud-Est une sortie de laves s'est produite. Elle s'est jointe aux coulées du Cabeço Verde, déjà citées.

Cabeço do Fogo

Ce volcan a une altitude de 571 m. Il existait déjà au moment où se sont produites les émissions de lave du Cabeço Verde et des Pingarotes, qui l'ont contourné. Il s'agit d'un cône de scories aux versants très inclinés, portant à son sommet un cratère principal dont le diamètre a environ 155 m et la profondeur 39 m. Le bord Nord du cratère présente un puissant banc de scories consolidées. Un second cratère, plus petit, existe sur le versant au SE du cratère principal.

Au cours de l'éruption de 1672, une grande émission de laves s'est produite sur le versant occidental du Cabeço do Fogo. Ces laves ont inondé au Nord, toute la région située entre le Cruzeiro Norte, Norte Pequeno, Fajã et Praia do Norte. Au Sud elles ont recouvert toute la région comprise entre Cruzeiro Sul, Ponta da Confraria, Areiro et Varadouro (Pl. III, fig. 1, 3 et 4).

Toutes ces coulées constituent, encore aujourd'hui, des « cheires » à surface extrêmement scoriacée, couvertes de maquis.

Cabeço do Garcia, Cabeços dos Caldeirões et Cabeço da Cré

Il s'agit d'un petit complexe volcanique à cratères multiples. Le Cabeço do Garcia en est le principal. Il a une altitude de 378 m. La profondeur de son cratère est de l'ordre de 35 m. Les autres cratères sont plus petits (Pl. II, fig. 4).

Au cours de notre reconnaissance, nous avons pu nous rendre compte qu'ils étaient alignés au long de plusieurs fractures. Nous avons pu observer également la présence d'anciennes crevasses, ouvertes sur le terrain, en grande partie colmatées et couvertes de végétation. Elles doivent avoir été formées au cours d'un ancien séisme, ayant peut-être précédé l'éruption de 1672. Le Cabeço da Cré, situé au bord de la route, est l'objet d'une exploitation active de sables et de scories, utilisées pour les routes.

Cabeço do Manuel Gato

Il s'agit d'un deuxième ensemble volcanique à cratères multiples et ressemblant au complexe décrit ci-dessus. Il est situé à l'Ouest de la route de Cruzeiro Norte à Cruzeiro Sul. Son point culminant atteint 287 m d'altitude. Le cratère principal a environ 30 m de profondeur. Quelques autres cratères, de moindre importance, peuvent être observés sur les versants à l'Ouest de celui-ci. Nous en avons compté quatre, dont certains ont subi un commencement de destruction.

Picarito

Ce petit cône volcanique est entré en éruption 1672, en même temps que le Cabeço do Fogo. Ses laves se sont jointes à celles de ce dernier, pour couler en direction du Nord, jusqu'à la mer. Un petit cône adventif existe à une centaine de mètres au NE du Picarito. Tous deux sont situés au NW du Cruzeiro Norte, au milieu d'un champ de laves consolidées (Pl. II, fig. 1).

Cabeço do Goularte

Il s'agit d'un petit cône volcanique constitué par des scories et qui s'élève au milieu de la coulée de laves de Cabeço do Fogo, au SW de la courbe principale de la route qui descend de Praia do Norte à Fajã.

Cabeço do Capêlo

Ce volcan porte erronément, sur la carte topographique, le nom de Cabeço Verde. Il a une altitude de 488 m et comprend plusieurs centres éruptifs, dont un situé à son sommet. Au NW de ce dernier, s'ouvrent deux profonds cratères à parois verticales. Ils

portent les noms de Furna Ruim et de Caldeirão (Pl. II, fig. 3). Leur profondeur semble être de l'ordre d'une cinquantaine de mètres.

A l'extrémité SE du Cabeço do Capêlo deux autres cratères, moins importants, se trouvent à une cote plus basse. Le plus grand, subcirculaire, porte le nom de Cova da Capitôa. Le second se présente sous la forme d'un cône de scories, égaulé vers le SE.

Le Cabeço do Capêlo a donné des émissions de laves basaltiques sur ses faces Sud et Nord-Est. A partir de ce dernier point les laves se sont propagées dans la région de Norte Pequeno, où elles sont arrivées à la côte. Elles ont été recouvertes, plus tard, par des coulées d'andésites périodotiques. Au Sud elles ont recouvert toute la région de Capêlo.

A une époque plus récente, une grande émission d'andésites périodotiques s'est produite sur le versant Nord du Cabeço do Capêlo, inondant toute la région de Norte Pequeno et y recouvrant les laves basaltiques plus anciennes.

Cabeço do Canto

Ce volcan a une altitude de 346 m. Son cratère principal a environ 20 à 25 m de profondeur. Sur le versant Nord-Ouest du volcan existent trois cratèrelets accessoires. Un autre, du même genre, existe sur le flanc Sud et un dernier sur le flanc Sud-Est. Les éruptions du Cabeço do Canto ont été plus ou moins contemporaines des éruptions d'andésites périodotiques du Cabeço do Capêlo. Les laves émises par le Cabeço do Canto sont, elles aussi, des andésites périodotiques. Elles ont coulé au Nord vers Norte Pequeno, où elles ont rejoint la côte. Au Sud elles ont atteint Porto do Comprido.

Caldeirinhas

Il s'agit d'un petit appareil volcanique, contourné à l'Ouest par la route de Norte Pequeno à Capêlo et comprenant un cratère principal et un autre plus petit. Il a donné des andésites périodotiques.

Costado da Nau (= Costa da Nau)

Ce relief, qui retombe vers l'Ouest par une falaise de 180 m de hauteur, correspond à la moitié orientale d'un appareil volcanique aujourd'hui détruit et qui était constitué par des matériaux de projection. Les îlots de Capelinhos, actuellement disparus sous les cendres du Volcan de Capelinhos, étaient eux aussi, des restes du bord Sud-Ouest du même appareil. Au pied de l'escarpement de Costado da Nau nous avons pu observer un affleurement de basalte à olivine. Le volcan de Costado da Nau est antérieur aux éruptions andésitiques de la région de Norte Pequeno qui ont recouvert ses versants (falaise de la côte Nord).

Volcan des Capelinhos

C'est sur le flanc occidental de l'ancien appareil, aujourd'hui détruit, de Costado da Nau, qu'est né le Volcan de Capelinhos. C'est également dans la même zone que s'étaient produites les éruptions sous-marines antérieures à l'apparition de ce dernier.

II — RAPPORT DE LA MISSION SUR L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS

Ce rapport est divisé en deux parties. La première correspond à la période qui s'étend du 27 Septembre au 3 Novembre 1957 et qui vit la naissance du volcan de Capelinhos avec la formation et la disparition successives des deux premières îles.

La deuxième partie du rapport correspond à la naissance de la troisième île, à sa croissance progressive et à son raccord définitif avec la côte occidentale de l'île de Faial. Cette période commencée le 4 Novembre s'est terminée le 16 Décembre 1957, la veille du jour où se produisit la première émission de laves.

A — PÉRIODE DU 24 SEPTEMBRE AU 3 NOVEMBRE

Nous la divisons en trois sections qui seront traitées successivement dans les pages qui suivent :

a) — L'éruption pendant les semaines qui ont précédé l'arrivée, dans l'île, de la Première Mission Géologique, entre le 24 Septembre et le 20 Octobre.

Comme introduction à nos propres observations, nous rappellerons ici, sommairement, les phénomènes volcaniques qui se sont produits avant l'arrivée dans l'île de la Mission Géologique et qui ont été déjà signalés antérieurement par O. RIBEIRO et R. SOEIRO DE BRITO [1958].

La plus grande partie des renseignements que nous possédons sur cette première partie de l'éruption du Volcan de Capelinhos, depuis sa naissance de 27 Septembre 1957, nous ont été fournis par l'Ingénieur Frederico Machado, Directeur des Travaux Publics du District Autonome de Horta et par le gardien de phare Tomás Pacheco da Rosa, qui ont observé de jour en jour l'évolution des phénomènes éruptifs.

Comme il a été déjà dit plus haut, de petits séismes prémonitoires commencèrent à se faire sentir le 25 Septembre dans la soirée (deux secousses d'intensité II). Peu après, la sismicité augmenta d'intensité et de fréquence.

Le 27 Septembre, à partir de 0 heures, la terre tremblait d'une manière continue. Un peu plus tard, entre 6 heures 30 et 6 heures 45, une tache bleu pâle apparut sur l'océan à 600 m au large du phare de Capelinhos (Pl. IV, fig. 1).

Un volcan était en train de naître. A partir de ce moment, les phénomènes sismiques commencèrent à diminuer d'intensité en s'espaçant de plus en plus. Seule une vibration continue persistait dans la zone du phare.

Le 28, au matin, trois bouches bien individualisées, étaient en éruption. Mais dans la soirée elles étaient déjà réunies en une seule. Les explosions étaient constantes et les fumées montaient à plus de 100 m de hauteur.

Le 29 Septembre, le diamètre du cratère atteignait 500 m. Le contour d'une île commençait à se dessiner (Pl. VI, fig. 1, 2 et 3). En même temps que l'éruption continuait, de très forts orages accompagnés de décharges électriques se produisaient (Pl. IV, fig. 2).

Les phases d'activité maximum duraient environ 20 à 30 minutes avec des intervalles de calme de 1 heure 45 à 2 heures.

Le 5 Octobre, l'ouverture du cratère tournée vers l'Est se ferme. Mais un peu plus tard une autre ouverture s'ouvre, orientée vers le Sud-Ouest (Pl. VI, fig. 4). La hauteur de l'île atteint à ce moment 80 m. De grandes explosions se produisent dirigées vers le Sud.

A partir du 6, d'abondantes pluies de cendres commencent à tomber.

Le 10 Octobre on note une augmentation de durée des phases de paroxysme, qui arrivent à atteindre 3 heures. Les intervalles de calme sont eux aussi plus longs.

Le 12 Octobre, l'île nouvelle se trouve raccordée aux îlots de Capelinhos. Les jets de scories atteignent 800 m de hauteur. Une odeur sulfureuse se fait sentir pendant la journée du 14.

Le 18, des pluies torrentielles s'abattent sur la région (83,3 mm entre 6 heures 30 et 13 heures).

Le 19, une grande luminosité peut être observée, tandis que des pierres incandescentes roulent sur les versants du volcan. L'île a 100 m de hauteur.

Le 20 Octobre les précipitations sont de 104,2 mm en 24 heures. La luminosité se reproduit pendant la nuit.

Dans les pages qui suivent nous analyserons les phénomènes volcaniques d'après la méthode graphique de FRANK A. PERRET [1914] (1) qui considère l'existence de sept phases différentes :

- Phase explosive
- Phases fragmentaires A et B
- Phase effusive
- Phénomènes électriques
- Phase solfatarienne
- Phase séismique
- Phase de dégradation.

Phase explosive

Elle comprend, d'après la classification de Frank A. Perret (Fig. 1 et 2), les subdivisions suivantes :

- a { 1 — Gaz enflammés-vraies flammes.
2 — Vapeurs bleues transparentes
- b { 1 — Nuage de vapeur opaque-panache blanc
2 — Légers effets explosifs-bouffées, anneaux, tourbillons
- c { 1 — Effets explosifs forts-concussion aérienne
2 — Détonnations souterraines
3 — Effets catastrophiques

Cette phase, qui est classifiée par Perret comme aérienne et volatile, n'a pas été notée avec la même précision que les autres phases de l'éruption. Cependant nos propres observations, pendant notre séjour à Faial, comme aussi les l'examen de diverses photographies antérieures à notre arrivée, nous permettent de dire qu'à l'exception des effets catastrophiques mentionnés dans l'allinea 3 du groupe « c », tous les autres phénomènes se sont produits dans la période qui a précédé l'arrivée de la première Mission Géologique.

Phase fragmentaire

Selon le diagramme de Perret, elle est divisée en deux sections :

A — Produits issus de la lave active

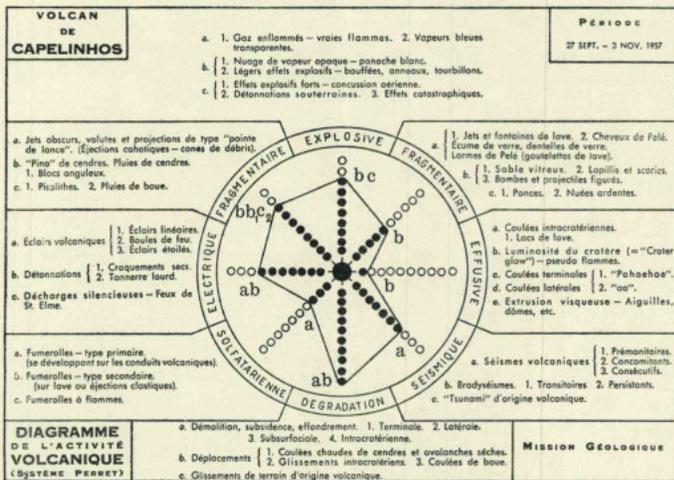
Il comprennent les sections suivantes :

- a { 1 — Jets et fontaines de lave
2 — Cheveux de Pelé
3 — Écume de verre, dentelles de verre
4 — Larmes de Pelé (goutelettes de lave)
- b { 1 — Sable vitreux
2 — Lapis et scories
3 — Bombes et projectiles figurés
- c { 1 — Ponces
2 — Nuées ardentes

(1) PERRET, F. A. (1914) — The Diagrammatic Representation of Volcanic Phenomena. *Amer. Journ. Sciences*, V. XXXVI, n.º 217, p. 48-56, 4 pl. New Haven, Connecticut.

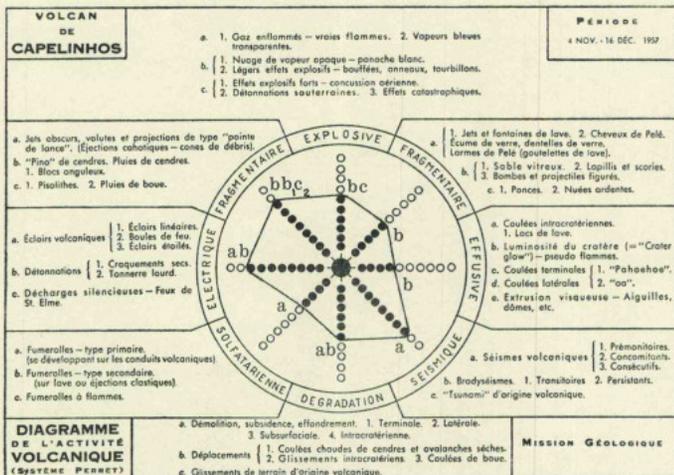
TAZIEFF, H. (1951) — L'éruption du Volcan Gituro (Kivu, Congo Belge) de Mars à Juillet 1948. *Mem. Ser. Géol. Congo Belge et Ruanda-Urundi*, n.º 1 (1950), 158 p., 31 fig. 22 pl., 2 tabl.

PÉRIODE DU 27 SEPTEMBRE AU 16 DÉCEMBRE



J. Mourès, etc.

Fig. 1



J. Mourès, etc.

Fig. 2

Pendant toute la première période de l'éruption, les matériaux issus du volcan correspondent à ceux du paragraphe « b » (sables vitreux, lapillis, scories, bombes, etc.). Des matériaux ponceux ont été également rejetés en assez grande abondance. On a pu ainsi observer, flottant sur la mer, une écume chargée de petits fragments de ponce jaunâtre.

B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux

Ils comprennent les éléments suivants :

- a — Jets rapides, obscurs, volutes et projections de type « pointe de lance » (éjections cahotiques-cones de débris).
- b — « Pino » de cendres a partir duquel descendent des pluies de cendres.
- b¹ — Quand le pouvoir explosif est suffisant, des blocs anguleux sont additionnés aux débris éjectés.
- c $\left\{ \begin{array}{l} 1 — Pisolithes \\ 2 — Pluies de boue. \end{array} \right.$

Dans les premières semaines de l'éruption, tous ces éléments ont été représentés.

A partir du 27 Septembre les explosions sont constantes. Elles donnent les phénomènes cités dans le paragraphe « a ». Mais à partir du 6 Octobre de très fortes pluies de cendres commencent à tomber (b). En même temps pendant les fortes explosions, des blocs anguleux (b¹), parfois volumineux (basaltes, conglomérats marins, etc.) sont arrachés aux parois de la cheminée du volcan et sont projetés à des distances relativement grandes, tombant autour du phare et sur le Costado da Nau. En raison des grandes précipitations et des pluies de cendres, des pluies de boue se produisirent.

Phase effusive

Cette phase n'a été observée, pendant la première partie de l'éruption, que sous la forme de luminosité dans le cratère et de pseudoflammes. Elle a évolué pour donner des coulées de lave, bien plus tard, alors que le volcan cessant d'être sous-marin se trouvait déjà rattaché à la côte de l'île de Faial et que l'eau de mer n'entraît déjà plus dans le cratère.

Phénomènes électriques

Ils comprennent :

- a — Des éclairs volcaniques $\left\{ \begin{array}{l} 1 — \text{Éclairs linéaires} \\ 2 — \text{Boules de feu} \\ 3 — \text{Éclairs étoilés} \end{array} \right.$
- b — Des détonnations $\left\{ \begin{array}{l} 1 — \text{Craquements secs} \\ 2 — \text{Tonnerre lourd} \end{array} \right.$
- c — Des décharges silencieuses — Feux de St. Elme

Les éclairs observés appartenaient aux types 1 et 3 du groupe « a ». En ce qui concerne les détonnations produites, on peut dire qu'elles appartiennent aux types cités mais avec prédominance du premier.

Phase solfatarienne

Elle n'a pas été notée pendant la première partie de l'éruption. Cependant on peut y inclure les odeurs sulfureuses senties à diverses reprises. La phase solfatarienne ne s'est développée que beaucoup plus tard.

Phase sismique

Les phénomènes sismiques peuvent être divisés en trois groupes :

- | | | |
|------------------------------------|---|--|
| a — Séismes volcaniques | { | 1 — Prémonitoires
2 — Concomitants
3 — Consécutifs |
| b — Bradyséismes | { | 1 — Transitoires
2 — Persistants |
| c — «Tsunami» d'origine volcanique | | |

Tous les séismes enregistrés au cours de la première partie de l'éruption du volcan de Capelinhos se placent dans la section « a ». Les Bradyséismes et les « Tsunami » n'ont pas été observés.

Séismes prémonitoires

C'est à cette catégorie qu'appartiennent les séismes qui ont précédé l'apparition des premiers phénomènes éruptifs du Volcan de Capelinhos. Ils ont été marqués, dans la soirée du 24 Décembre, par deux secousses d'intensité 2, senties dans la zone du phare, puis le 25, par environ 12 secousses d'intensité 3. Le 26 il y en eût environ 40 dont l'intensité ne dépassait pas le degré 4.

Enfin, le 27 à partir de 0 heures, le tremblement de terre devint constant. Le même jour à partir de 6 heures 30 l'éruption volcanique commençait, tandis que la sismicité commençait à baisser.

Séismes concomitants

Après le 27 Septembre les séismes devinrent de plus en plus rares. On doit les classer dans la catégorie des séismes concomitants. C'est ainsi que le 28 il n'y eût plus que 5 secousses sismiques d'intensité 4. Le 3 Octobre il n'y en eût plus qu'une d'intensité 3.

Le 14, le 15 et le 17 il n'y en eût qu'une par jour, d'intensité 3 elle aussi.

Phase de dégradation

Pendant la période considérée l'importance de cette phase a été relative. Diverses modifications ont eü lieu dans la configuration de l'appareil volcanique et de l'île nouvelle. Mais elles étaient dûes surtout à l'action de l'érosion marine. Cependant, d'après ce qui nous a été possible d'observer après le 20 Octobre, il y eût certainement des affaissements intracratériens, des glissements sur les versants et des coulées de boue dont l'importance n'a pu être bien évaluée.

b) — Les observations réalisées par la Première Mission Géologique entre le 20 Octobre et le 3 Novembre

Le 21 Octobre au matin, la Mission s'est déplacée jusqu'à Norte Pequeno et Capêlo pour observer l'éruption.

Pendant la matinée l'intensité des explosions avait diminué. Toute la région entre Norte Pequeno, Cruzeiro Norte, Cruzeiro Sul, Capêlo et le volcan était couverte par une épaisse couche de cendres. L'épaisseur de celle-ci était plus grande dans la zone voisine du phare (Pl. XV, fig. 1, 2, 3, 4; Pl. XVI, fig. 2), dans celle de Porto do Comprido (Pl. XVII, fig. 1, 3, 4) et de Costado da Nau (Pl. XVI, fig. 1, 3; Pl. XVII, fig. 2). Plus à l'Est les cendres, en quantités moindres, s'étaient propagées beaucoup plus loin à la faveur des vents des cadrans Ouest. Elles saupoudraient la végétation de toute la région située à l'Ouest du Massif de la Caldeira.

Dans toute la zone située à l'Ouest du méridien de Cabeço do Capêlo de très grosses averses et des pluies torrentielles s'étaient abattues, provoquant une érosion considérable. De grands ravinements s'étaient produits sur les versants des collines et dans les champs, arrivant à endommager les routes. En d'autres points l'accumulation des cendres transportées par les torrents, formés au cours de ces averses, fut grande, arrivant à atteindre, dans les parties basses, plus de 1 m d'épaisseur.

Toute la végétation était noire et paraissait morte. Les branches chargées de cendres se rompaient (Pl. XVI, fig. 4). Les toitures des maisons commençaient à céder sous le poids de la grande épaisseur de cendres saturées d'eau de pluie. Partout la population procédait au nettoyage des toitures. Les citernes étaient momentanément inutilisables en raison de la grande quantité de cendres qui y était pénétrée.

Du 21 au 24 Octobre l'activité du volcan a continué à augmenter d'intensité et les éruptions se déroulaient dans la plupart des cas de la manière suivante :

Après une phase de repos plus ou moins longue (Pl. XII, fig. 1 et 4), au cours de laquelle seules quelques rares fumées blanches sortaient du cratère, quelques petits jets de scories noires en forme de fer de lance commençaient à s'élever à faible hauteur (Pl. V, fig. 1). D'autres jets plus forts se produisaient ensuite (Pl. V, fig. 2), montant chaque fois plus haut, presque verticalement (Pl. V, fig. 3). Des nuages de fumées blanches de vapeur d'eau s'élevaient en forme de chou-fleur, caractéristiques des explosions vulcaniennes qui montaient toujours plus haut en s'enroulant (Pl. VII et VIII). Les jets de scories, cependant, devenaient de plus en plus fréquents et plus volumineux. Verticaux au début, ils prenaient ensuite un dispositif en gerbe divergente, cypressoïde, qui caractérise l'activité pseudovolcanienne (Pl. V, fig. 4; Pl. VI, fig. 2; Pl. XIV, fig. 4), les extrémités pointues portant, chacune, de gros blocs projetés avec une violence extrême. Les scories retombaient en pluie sur les versants du cône volcanique, accompagnées par des bombes et par de gros blocs anguleux arrachés de la cheminée du volcan. Les bombes volcaniques avaient des dimensions très variables. Les unes étaient de très grande taille tandis que les autres n'étaient que des gouttelettes fusiformes n'ayant que deux ou trois centimètres de long, ce qui indiquait une lave très fluide.

Petit à petit la violence de l'éruption allait en augmentant. Les jets de scories et les nuages blancs de vapeurs d'eau, provoqués par la chute dans la mer de milliers de tonnes de projections à haute température, se trouvaient accompagnés par des fumées rousses et par d'autres noires, chargées de cendres (Pl. VIII). Un nuage de cendre extrêmement dense s'élevait à très grande hauteur, voilant complètement la lumière solaire (Pl. X). Il roulait lourdement en descendant sur les versants du volcan (Pl. IX), accompagné par d'abondantes chutes de pierres tout autour du cône volcanique. Les pierres incandescentes faisaient entendre des craquements secs quand elles touchaient l'eau.

Quand les explosions se produisaient dans l'intérieur du cratère, en donnant des trajectoires inclinées, les pierres de grand volume étaient projetées très loin. Quelques unes tombèrent ainsi dans le voisinage de Costado da Nau, autour du Phare de Capelinhos et même au-delà de Porto do Comprido.

Les cendres emportées par le vent pouvaient être entraînées très loin (Pl. IX, fig. 4). Elles ont été transportées jusqu'aux îles de Pico et de S. Jorge.

Les nuages de cendre étaient quelquefois tellement denses qu'il faisait nuit en plein jour et que la visibilité était réduite à 5 mètres. Les personnes prises et enveloppées dans un nuage de cendre se sentaient suffoquées et aveuglées par cette fine poussière qui entrait dans les yeux, dans la bouche et le nez.

Quand la colonne de cendres et de projections atteignait une certaine hauteur, des phénomènes électriques se déclenchaient (Pl. IV, fig. 2) accompagnés par des craquements secs plus ou moins violents. Cela ressemblait à une violente fusillade ou bien à un tir d'artillerie légère. Les éclairs étaient toujours ou bien linéaires ou bien étoilés. La foudre tombait toujours dans l'intérieur du cratère.

Au moment où l'éruption était la plus violente et la pression interne poussée à son maximum, les gaz plus ou moins incandescents, bleuâtres, commençaient à sortir en jet continu. Le volcan fonctionnait à ce moment un peu à la façon d'un chalumeau. On entendait un grondement constant. Le sol vibrail. Peu à peu la pression diminuait dans le cratère. Les phénomènes commençaient à se ralentir. Les fumées noires devenaient moins hautes. Les vapeurs blanches, indiquant l'entrée de la mer dans le cratère, commençaient à apparaître et devenaient plus abondantes. Les jets de scories devenaient moins volumineux et chaque fois moins hauts. Les grondements eux aussi diminuaient. Le calme revenait progressivement. A la fin, les projections en fer de lance cessaient. Il ne sortait plus du cratère que d'abondantes fumées blanches, de vapeur d'eau, qui formaient une colonne s'élevant très haut (Pl. XII, fig. 2). Finalement ces propres fumées tendaient à disparaître à leur tour. On arrivait ainsi à une nouvelle phase de repos (Pl. XII, fig. 3). Telle est dans son ensemble la description sommaire d'une phase de paroxysme volcanique que la Mission a pu observer presque tous les jours, pendant qu'elle s'est trouvée dans l'île de Faial.

Phase explosive

Elle est marquée surtout par le dégagement d'abondantes fumées blanches (b¹), par de légers effets explosifs donnant des bouffées, des anneaux et des tourbillons et par des explosions silencieuses produisant une forte concussion aérienne. Cette phase a augmenté progressivement jusqu'au 24, jour où une explosion monstre eût lieu vers 13 heures. Ce fut l'explosion la plus violente enregistrée jusqu'à cette date. Elle a marqué le paroxysme explosif maximum noté au cours de la première période et semble avoir contribué ou pour le moins avoir coïncidé avec le commencement de la destruction de l'île nouvelle (Ilha Nova). Des détonnations souterraines se sont produites également.

La phase explosive a été faible le 30 et le 31 Octobre. Les jets de scories atteignirent 15 m de hauteur. L'intensité des explosions a augmenté progressivement. Le 1 Octobre les jets s'élevèrent à 50 m. Le jour suivant 84 jets s'élevant à plus de 100 m ont pu être observés. Le 3 Octobre 4 jets se sont élevés à plus de 200 m.

Une deuxième île d'une hauteur de 7 m s'est formée. Mais très rapidement l'intensité éruptive a commencé à décroître et le 5 Novembre la deuxième île a disparu à son tour.

Phase fragmentaire

A — Produits issus de la lave active

Ils ont été représentés, pendant cette période, par des sables vitreux, des lapilis, des scories, des bombes volcaniques et des ponces. Des jets de pierres et de scories incandescentes ont été observés à diverses reprises.

B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux

Les périodes explosives ont été accompagnées, entre le 21 et le 24, par de grands jets de scories avec volutes et projections en fer de lance. La force des explosions était grande et des blocs volumineux (b¹), arrachés à la cheminée, ont été projetés à grande distance, quelques-uns atteignant la zone environnant le phare.

Les chutes de cendres ont été fortes le 22 et le 24. Le 21 une intense pluie de boue s'est abattue sur la région. Les précipitations furent de 106,4 mm avec 8 mm de cendres. Des chutes de pierres et de scories incandescentes furent observées sur les versants du volcan.

Phase effusive

Comme pour la période antérieure, elle fut marquée seulement le 26 et le 27 par une luminosité dans l'intérieur du cratère (b), en même temps que des projections de pierres et de scories incandescentes se produisaient.

Effets électriques

Comme pour la période précédente, ils ont été constitués par des éclairs volcaniques linéaires, en zig-zags et en étoiles.

Phase solfatarienne

Pendant la période considérée, elle s'est réduite à l'apparition temporaire de fumerolles. On peut y inclure aussi les dégagements de gaz sulfureux et sulfhydriques; qui se produisaient de temps en temps avec plus ou moins d'intensité.

Phase sismique

Pendant la période considérée il n'y eût pas de séismes à proprement parler, mais seulement des vibrations de caractère constant pendant les phases explosives. Le 24 elles furent particulièrement intenses au cours d'une explosion monstre qui se produisit vers 13 h, 27.

Du 30 au 31 Octobre une vibration constante fut sentie dans la zone du phare, arrivant à atteindre l'intensité d'un séisme du degré 2 dans l'échelle de Mercalli. Cette vibration a accompagné une augmentation de la phase explosive. Mais entre le 1 et le 3 Novembre les vibrations diminuèrent accompagnant une décroissance de la phase explosive.

Phase de dégradation

D'après Perret la phase de dégradation comprend les phénomènes suivants:

- | | | |
|---|---|---|
| a — Démolition, subsidence, effondrement | { | 1 — Terminale
2 — Latérale
3 — Subsurfaciale
4 — Intracratérienne |
| b — Déplacements | { | 1 — Coulées chaudes de cendres et avalanches sèches
2 — Glissements intracratériens
3 — Coulées de boue |
| c — Glissements de terrain d'origine volcanique | | |

La phase de dégradation, peu sensible jusque là, a commencé soudain à prendre une importance marquée le 24 Octobre à 9 heures, par l'effondrement de la partie supérieure du versant Sud-Est. Ce phénomène a donné lieu à la formation d'une dépression en forme d'entonnoir dont le diamètre atteignait environ 50 mètres. Le lendemain, la concavité ouverte la veille était déjà entièrement comblée par les chutes de cendres et de scories.

Le 26 un nouvel affaissement se produisit sur le versant SE du volcan, donnant une nouvelle dépression en forme de calotte sphérique (Pl. XI, fig. 1 et 3). A 13 h, 15 la partie Est de l'île a commencé à s'effondrer. La dépression en forme d'entonnoir qui s'était formée au SE a continué à s'approfondir. Elle s'est creusée de plus en plus, arrivant à avoir son fond en dessous du niveau de la mer. A 16 h, 20 la houle a commencé à ronger les bords de la dépression et les vagues commencèrent à entrer à l'intérieur de celle-ci (Pl. XI, fig. 2). A 16 heures 30, un chenal se trouvait ouvert et l'eau commençait à entrer en cascades. A 16 heures 43, la dépression se trouvait pleine d'eau. Un grand tourbillon en sens contraire des aiguilles d'une montre se produisait en son milieu. Un petit golfe, ouvert vers le Sud-Ouest, se forma ensuite entre le Volcan et les îlots de Capelinhos.

Le 27 Octobre les effondrements ont continués (Pl. XI, fig. 4). Le 28 des fumées noires sortent d'une dépression circulaire qui s'est ouverte du côté Est. Le 29 ces fumées continuent à sortir. A 13 h, 20 un grand effondrement de falaise (Pl. XIII, fig. 4) commence à se faire sentir sur le versant Sud, produisant une grande vague qui se propagea jusqu'à

Porto do Comprido. La concavité circulaire disparut dans l'éboulement. Il se forma une haute falaise à pic en dessous du point le plus élevé du cône volcanique. Une grande baie fut ainsi ouverte du côté Sud. A 23 heures 50 le flanc Est du volcan s'effondra et vers 1 heure 45 du jour suivant, le flanc Sud s'effondra, lui aussi, dans sa presque totalité.

Les effondrements continuèrent à se produire après le 30 Octobre sur les flancs Est et Nord. Le 1 Novembre, entre 23 et 24 heures, les derniers restes du flanc Sud du volcan (Pl. XIII, fig. 3) disparurent dans la mer. Le 3 les restes du flanc Est disparurent progressivement rongés eux aussi.

B — PÉRIODE DU 4 NOVEMBRE AU 16 DÉCEMBRE

Cette période correspond à une reprise de l'activité volcanique selon le processus observé lors de la naissance du volcan en Septembre 1957.

Le 4 et le 5 le sable volcanique transporté par le flot s'est accumulé auprès des îlots des Capelinhos (Pl. XIII, fig. 1).

Un peu plus tard (Pl. XIII, fig. 2) l'activité éruptive augmenta légèrement. Tandis que des fumées blanches s'élevaient de l'océan, des petits jets de scories et quelques gros blocs étaient projetés à faible hauteur, retombant ensuite et arrivant à flotter un moment à la surface de l'eau, avant de disparaître définitivement.

Les résultats de cette activité eurent pour effet de construire une nouvelle île, très éphémère et qui atteignit 7 m le 4 Novembre, disparaissant définitivement de 5 Novembre.

Le 6 Novembre vit la formation d'une troisième île (Pl. XIV, fig. 1) qui, par accumulation des sables volcaniques, se raccorda peu à peu à la côte de Faial pour donner une péninsule (Pl. XIV, fig. 2 et 3). Le volcan évolua peu à peu. D'abord sous-marin, il devint insulaire au cours des mois qui suivirent. Il se trouvait encore en pleine activité au moment où la deuxième Mission Géologique arriva dans l'île (Août 1958).

Nous divisons la période considérée en deux sections. La première du 5 au 11 Novembre 1957 correspond à la présence de la Mission Géologique et par conséquent aux observations réalisées par celle-ci. La deuxième qui s'étend du 12 Novembre au 16 Décembre de la même année, est basée sur les informations données par Tomás Pacheco.

a) — Les observations réalisées par la Première Mission Géologique entre le 4 et le 11 Novembre.

Phase explosive

La phase explosive augmente lentement mais progressivement. Le 5 Novembre il n'y avait que des bouillonnements sur l'emplacement du cratère. Peu à peu des explosions commencèrent à se produire. Les projections de scories qui en résultèrent montèrent d'abord à 50 m, puis à 100 m, pour atteindre finalement 350 à 400 m. Au début de simples fumerolles s'élevaient au-dessus de l'eau, suivies plus tard par des nuages de vapeurs formant des colonnes en forme de cumulo-nimbus. Des détonations assourdies ont accompagné les explosions.

Phase fragmentaire

Des sables vitreux, des lapillis, des scories et des ponces ont été expulsés par le volcan. Les explosions ont été accompagnées par des jets de scories en fer de lance et en aiguilles. Les sables s'accumulèrent, en formant progressivement un isthme qui raccorda le volcan d'abord avec les îlots de Capelinhos, puis ensuite avec l'île de Faial.

Phase effusive

Elle a été marquée par une luminosité plus ou moins forte dans le cratère et par l'expulsion de jets de scories et de blocs incandescents.

Phénomènes électriques

Ils ont été rares pendant cette période mais se sont multipliés plus tard au cours de l'évolution du volcan.

Phase séismique

Une vibration se fit sentir, augmentant progressivement et devenant constante.

Les phases solfatarienne et dégradative n'ont pas été notées au cours de cette période.

Le 11 Novembre la Mission, ayant terminé ses travaux dans l'île, est repartie pour le continent.

a) — L'éruption pendant les semaines qui ont suivi le départ de la Mission entre le 12 Novembre et le 16 Décembre

Comme nous venons de le voir, quelques jours avant le départ de la Première Mission pour le continent, une troisième île avait commencé à se former. Cette île allait croître, se rattacher à la côte de Faial et donner le volcan définitif que nous connaissons encore au moment où nous écrivons ces lignes.

Une date cependant est à retenir spécialement dans l'histoire du Volcan de Capelinhos. Le 17 Décembre 1957, les laves sont apparues pour la première fois, marquant ainsi le commencement d'une phase effusive qui n'avait pas été observée jusqu'alors.

Nous admettons ainsi que jusqu'à cette date le Volcan de Capelinhos a fonctionné comme « volcan sous-marin », caractérisé surtout par sa phase explosive. Il est passé ensuite au stade de « volcan insulaire » caractérisé à la fois par les phases explosives et effusives. Nous citerons ci-après les caractéristiques de l'activité volcanique pendant cette période.

Phase explosive

Elle a été caractérisée, comme antérieurement, par l'apparition des gaz enflammés et des vapeurs bleuâtres transparentes, dans le cratère et surtout par des fumées blanches de vapeur d'eau qui s'élevaient en formant des colonnes de très grande hauteur et qui étaient dûes à l'entrée de l'eau de mer dans le cratère. Pendant les explosions fortes, mais silencieuses, des ondes de choc se propageaient par voie aérienne. Les plus fortes ont été senties le 17 Novembre. Des grondements ou détonations souterraines ont été également entendus à diverses reprises.

Phases fragmentaires

Elles ont été marquées par la présence de projections diverses: sables vitreux, lapillis, scories, bombes, ponces, etc..

Pendant la période du 11 Novembre au 16 Décembre on a pu vérifier plusieurs maxima dans l'activité explosive. Le premier se place le 17 Novembre, date où les jets de scories atteignirent une hauteur de 600 à 700 mètres. A partir de cette date l'activité éruptive a augmenté. Un deuxième maximum se place vers le 28 Novembre, pendant lequel les jets atteignirent 700 m à 800 m hauteur. En même temps la durée des phases explosives fortes est allée en augmentant elle aussi. Le 7 une éruption a duré environ 3 heures. Le paroxysme maximum eût lieu le 7 Décembre avec 1250 m de hauteur. Le 11 du même mois, les jets de scories s'élevèrent à 1000 m. Du 15 au 16 Décembre 30 cm de scories se sont accumulés autour du phare.

Les jets et les pluies de cendres ont été fréquents. Une partie des chutes de cendres s'est faite sur mer. Au contraire, lorsque le vent était des cadrans Ouest, les cendres tombaient sur terre, arrivant à couvrir une très grande partie de l'île de Faial. C'est ainsi que le 17 Novembre elles couvrirent une zone de 20 km de rayon autour du volcan.

Le 10 et le 11 Décembre, en 24 heures, 10,5 cm, de cendres tombèrent sur la région de Castelo Branco où elle détériorèrent les paturages et les cultures.

Les bouches éruptives se trouvant sous la mer, à chaque éjection des milliers de tonnes d'eau étaient projetées. Des torrents de boue retombaient sur les flancs du cône.

Quand l'expulsion était plus forte que l'entrée de l'eau, les éjections prenaient une teinte brun foncé ou roux, caractéristique des paroxysmes vésuviens.

Les projections de gros blocs anguleux ne manquèrent pas, elles non plus. Certains jets de pierres arrivèrent à lancer des blocs de 50 kgs environ jusqu'au Sud du Phare de Capelinhos.

Des pluies de boue ont été observées en diverses occasions et notamment le 9 Décembre où elles se ont propagées jusqu'à Feteira.

Phase effusive

La phase effusive est représentée pendant cette période, seulement par une luminescence dans le cratère (« crater glow »), surtout pendant la nuit, et par des projections de pierres incandescentes. Ces phénomènes se sont montrés beaucoup plus intenses qu'ils ne l'avaient été au cours des périodes antérieures.

Phase électrique

Elle est représentée par des éclairs, suivis par des détonnations sèches et parfois par des grondements de tonnerre. Comme toujours les phénomènes électriques accompagnent les fortes explosions avec projections de scories et de cendres à grande hauteur.

Phase solfatarienne

Elle est représentée par le fonctionnement de quelques fumerolles temporaires et par de forts dégagements de gaz sulfureux et de gaz sufydrique. De fortes odeurs sulfureuses ont été ainsi notées les 14, 15 et 23 Novembre.

Phase sismique

Elle a été caractérisée par une vibration constante du sol, d'intensité généralement faible. C'est seulement le 24 Novembre que cette vibration augmenta jusqu'à atteindre la valeur d'un séisme de degré IV dans l'échelle de Mercalli. Il semble qu'en général l'accroissement des vibrations précède immédiatement les augmentations de l'intensité éruptive et les phases explosives fortes.

Phase de dégradation

Elle a été marquée par des glissements et par des effondrements sur les flancs extérieurs du volcan (a²) et dans l'intérieur du cratère (b²). Les effondrements extérieurs ont été facilités par les vagues qui rongeaient la base des versants. Les dégradations les plus importantes ont été notées dans la période entre le 2 et le 16 Décembre.

Les 2, 7 et 13 Décembre, des éboulements se sont produits dans l'intérieur du cratère, le rebord supérieur s'abattant progressivement et provoquant ainsi la réduction de la hauteur du cône volcanique.

Des coulées de boue ont été observées en diverses occasions sur les versants extérieurs du cratère.

Pendant la période du 11 Novembre au 16 Décembre les modifications observées sur le volcan ont été les suivantes :

Le 12 Novembre, la nouvelle île présentait une forme circulaire. Le cratère central communiquait avec l'extérieur par une brèche ouverte vers l'Ouest et le Sud-Ouest. La hauteur de l'île était de 10 à 20 m. Une langue de sable volcanique noir formait une sorte d'isthme qui raccordait le volcan à la côte de Faial.

Le 18, l'île avait déjà 61 m de hauteur. L'isthme se dessinait davantage. La journée du 20 a été marquée par des averses torrentielles sur la région, tandis qu'un cyclone s'abattit sur Varadouro et Praia do Norte, arrachant des tuiles et cassant des vitres.

Le 21 les flancs du volcan, rongés par la mer, ont souffert des éboulements. Entre le 22 et le 30 Novembre la hauteur du volcan a augmenté, arrivant à atteindre 100 m. L'isthme a augmenté de largeur.

Le 2 l'île avait une hauteur de 105 mètres, mais des effondrements se produisirent, continuant les 3 et 7 Décembre et faisant disparaître la partie la plus élevée du cône volcanique (a¹).

Le 8, la hauteur de ce cône était de 103 mètres. Les sables volcaniques, transportés par les flots s'accumulaient dans la baie de Porto do Comprido. Le 13 Décembre de nouveaux écroulements se produisaient, d'abord sur le bord Nord, puis sur le bord Est. La hauteur de l'appareil volcanique diminua. L'activité volcanique s'arrêta pour ainsi dire complètement.

Le jour suivant, 17 Décembre, les laves allaient apparaître pour la première fois. Une phase de transition commençait, au cours de laquelle le volcan, rattaché par un isthme de sable à la côte de l'île de Faial, allait devenir un « volcan insulaire ».

Pour la période que nous venons d'étudier les diagrammes de Perret donneront une expression assez exacte des caractéristiques de l'activité volcanique observée.

c) — Conclusions

D'après ce qui précède, nous voyons que le volcan de Capelinhos, depuis sa naissance le 27 Septembre 1957 jusqu'au 17 Décembre de la même année, est passé par la phase, parfaitement typique de « volcan sous-marin ».

Pendant cette période, le facteur qu'il nous a paru essentiel de mettre en relief est l'entrée de l'eau de mer dans le cratère et dans la cheminée du volcan.

Au début la nouvelle île (Ilha Nova) avait la forme d'un fer à cheval. Le cratère était isolé par moments. Mais très vite la mer rompa la langue de sable volcanique et entraîna de nouveau à l'intérieur. La forme de l'ouverture s'est modifiée bien des fois, les explosions comblant aussitôt les brèches par des pluies de pierres et de scories.

Le volcan surgit sur une sorte de promontoire sous-marin à une profondeur de 40 à 100 mètres. Il s'éleva jusqu'à environ 110 à 120 m, au cours de sa première phase.

D'autres éruptions de même type ont été observées aux Açores en 1720 (Ilha de Bom Jesus entre Terceira et S. Miguel), en 1811 (Ilha Sabrina au large de la côte Ouest de S. Miguel) et 1867 (au large de la côte Ouest de Terceira).

La période au cours de laquelle la Mission s'est trouvée dans l'île peut être divisée en deux parties :

Du 20 Octobre au 30 Octobre une phase pendant laquelle l'éruption commencée le 27 Septembre a continué à se développer, atteignant son paroxysme maximum le 26 Octobre.

Du 26 Octobre au 30 Octobre une période au cours de laquelle l'activité volcanique a diminué et pendant laquelle la dégradation, due aux effondrements volcaniques et aux atteintes de l'érosion marine, a provoqué la ruine et la disparition de la première île (Ilha Nova).

Selon Tazieff l'effondrement de cette première île pourrait être attribué à un retrait de la colonne magmatique.

Du 30 Octobre au 5 Novembre, tandis que les derniers restes de l'Ilha Nova étaient en train de disparaître, une nouvelle île plus éphémère surgit et disparut.

Enfin depuis le 5 Novembre jusqu'à la fin du séjour de la Première Mission Géologique (11 Novembre) une troisième île apparut, se raccordant plus tard à la côte de l'île de Faial par une langue de sable noir et se transformant peu à peu en péninsule.

Les caractéristiques générales de l'éruption du volcan de Capelinhos au cours de sa première phase ont été les suivantes :

Phase explosive

Elle a été marquée par d'épais nuages blancs, qui ont toujours suivi l'entrée de l'eau de mer dans l'intérieur du cratère. Ces nuages se sont élevés parfois jusqu'à 400 m de hauteur (Pl. IV, fig. 3 et 4).

Pendant les périodes d'explosions fortes, les fumées blanches étaient substituées par des nuages noirs ou bruns dont quelques uns, très lourds, roulaient sur les flancs du volcan pour s'étaler ensuite sur l'Océan.

Parfois un rugissement sourd et continu sortait du cratère. Souvent des ondes de concussion aérienne faisaient vibrer les portes et les fenêtres sur une grande distance autour du volcan.

Phase fragmentaire

A — Produits issus de la lave active

Elle a été caractérisée par des projections diverses : sables vitreux, lapillis, scories, ponces et bombes. Parmi ces dernières quelques unes sont de très petite taille. Ce sont souvent des goutelettes fusiformes, qui indiquent la grande fluidité de la lave qui devait se trouver à faible profondeur.

B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux

Comme il en advient pour la plupart des volcans sous marins, les matériaux étaient projetés à l'extérieur du cratère verticalement ou obliquement en formant des gerbes noires « cypressoides », dont chaque pointe prenait la forme d'un fer de lance (Pl. XIV, fig. 4). A la jumelle il était possible de voir des bombes et des blocs divers, sauter plus loin et plus haut que les séries noires.

Arrivés à une hauteur variable, pouvant dépasser 1000 m, les jets se désagrégeaient et retombaient en donnant des pluies de cendres et des projections diverses, parmi lesquelles de grands blocs. De violentes averses, mélangées de cendres, sont tombées sur un grand rayon autour du volcan.

Phase effusive

Elle a été marquée seulement par une forte luminescence dans l'intérieur du cratère et par la sortie de pierres incandescentes à diverses reprises pendant les éruptions les plus fortes.

Effets électriques

Des éclairs linéaires ou étoilés ont pu être observés. Les détonations qui les ont accompagnées ressemblent au crépitement d'une fusillade. Parfois il a été possible d'entendre des grondements de tonnerre.

Phase solfatarienne

Elle s'est limitée à quelques activités fumeroliennes occasionnelles, ainsi qu'à l'émission de gaz sulfureux et sulfhydriques, dont l'odeur caractéristique se propageait au loin.

Phase séismique

Cette phase a été caractérisée, tout d'abord, par des séismes prémonitoires qui ne dépassèrent pas le degré 4 de l'échelle de Mercalli, mais dont la fréquence est allée en augmentant jusqu'au moment où l'éruption a commencé. A ce moment le tremblement de

terre était constant. Par la suite il a pratiquement cessé, sauf quelques petites secousses occasionnelles.

Il a fait place à une vibration persistante, particulièrement nette au moment des fortes éruptions.

Phase de dégradation

Elle a accompagné le volcan dans sa croissance, pendant toute la période de volcan sous-marin. Elle a été particulièrement importante au moment de la disparition de la première île. Il s'agit non seulement d'érosion sous-marine, mais aussi d'affaissements subsurfaciaux et de destructions pendant les phases explosives. Des avalanches de sable et des coulées de boue ont été observées.

Au début de chaque éruption la boue déposée dans le fond du cratère était projetée violemment contre les flancs de ce dernier en y provoquant des ravinelements. Parfois une vague de boue, débordant à l'extérieur du cratère, coulait alors sur les versants du cône en y donnant des bavures plus ou moins étendues.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Les trachytes de Altar — Bord Sud-Ouest de la Caldeira do Faial (5/11/1957).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Fond de la Caldeira do Faial avec son cone adventif et sa lagune (5/11/1957).



Fig. 3 — Ancienne falaise andésitique de Varadouro et terminaisons des coulées plus modernes.

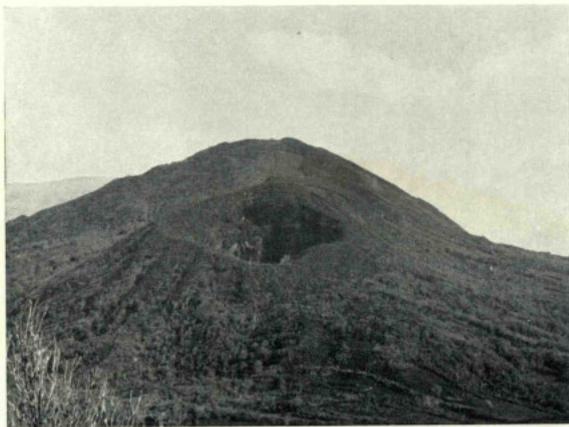
Cliché: Mission Géologique



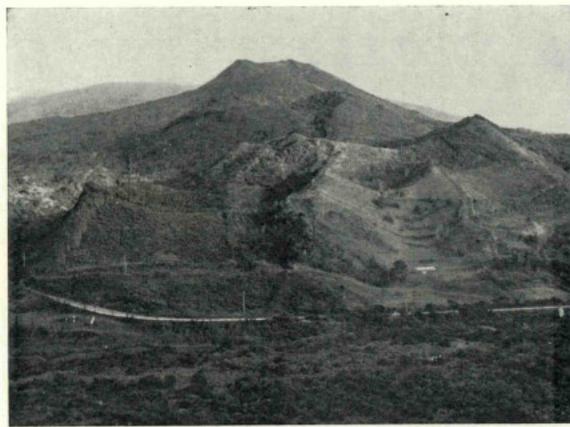
Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — Le Picarito et la coulée de 1672. — Au fond le Cabeço do Capêlo.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 2 — Le Cabeço do Fogo et la chaîne des volcans modernes.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — Le cratère du Caldeirão

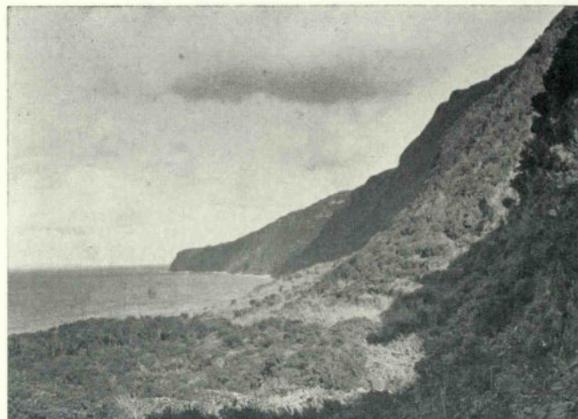


Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — Cabeços dos Caldeirões.



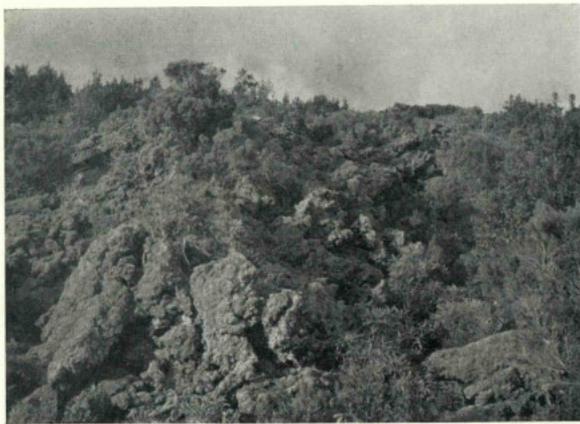
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Contact entre les basaltes de Capêlo et la coulée de 1672 du Cabeço do Fogo.



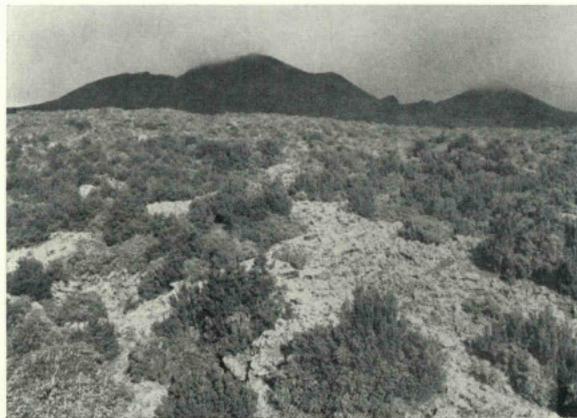
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Ancienne falaise andésitique de Fajã et terminaisons des coulées plus modernes.



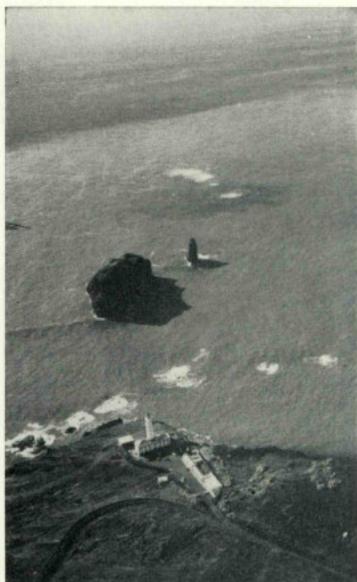
Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Détail de la coulée issue du Cabeço do Fogo en 1672, à l'Est de Cruzeiro Sul.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Coulée issue du Cabeço do Fogo en 1672, entre Areiro et Cruzeiro Sul.



Cliché: Foto-Litae

Fig. 1 — Le 27/9/1957 une tache bleu-pâle apparut sur la mer au large des récifs de Capelinhos.



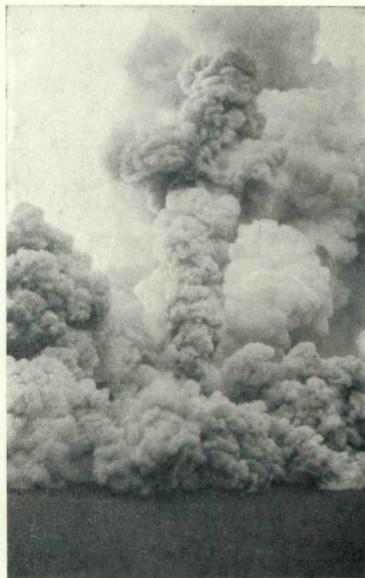
Cliché: Jovial

Fig. 2 — Des décharges électriques se produisaient toute les fois que la colonne de fumées et de projections atteignait une hauteur déterminée.



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Un panache de fumées blanches s'élève au dessus de l'île surgie des flots.



Cliché: Jovial

Fig. 4 — Des fumées denses roulent à la surface de l'océan (3/10/1957).



Fig. 1 — Petit jet de scories (4 Octobre 1957).

Cliché: Jovial



Fig. 2 — Jets plus forts (4 Octobre 1957).

Cliché: Jovial

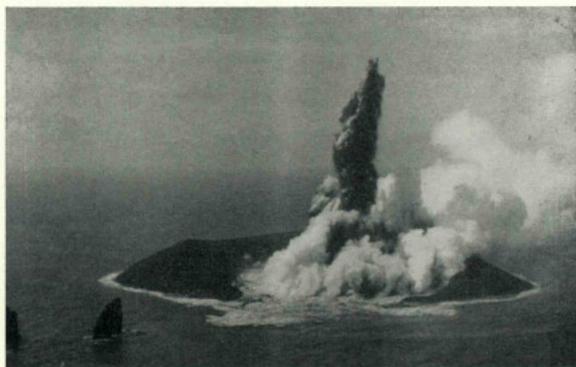


Fig. 3 — Jet vertical (4 Octobre 1957).

Cliché: Jovial

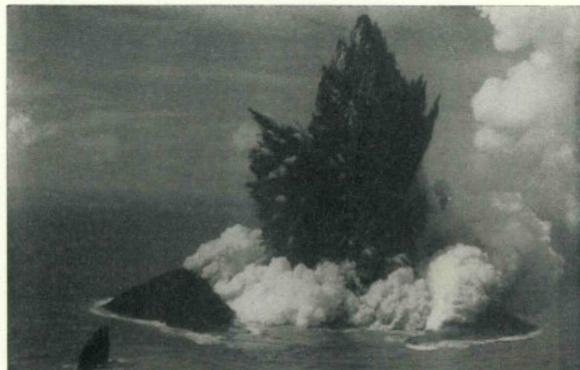


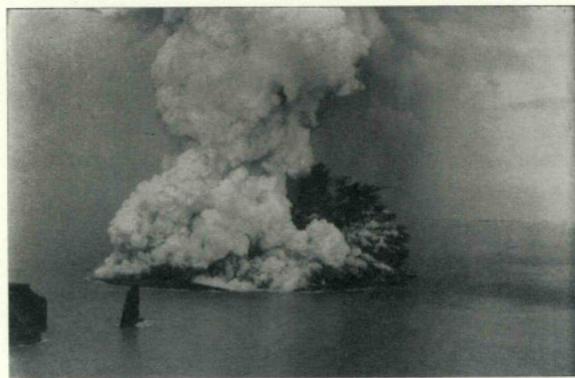
Fig. 4 — Gerbe (4 Octobre 1957).

Cliché: Jovial



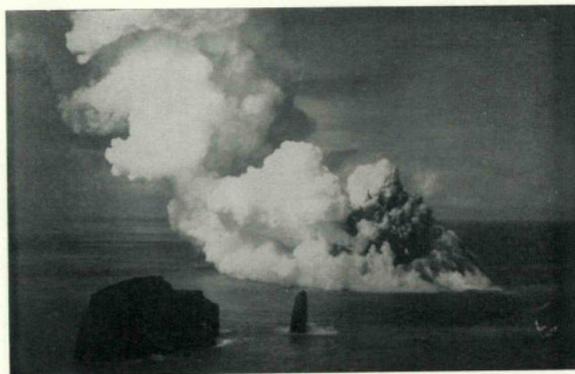
Cliché: Foto-Lilaz

Fig. 1 — Une brèche se maintient ouverte vers l'Est.



Cliché: J. Goulart

Fig. 2 — L'intensité de l'éruption augmente.



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Le 29 Septembre 1957 l'île apparaissait.



Cliché: Jovial

Fig. 4 — Le 6 Octobre une brèche s'ouvrit sur le bord SW du cratère tandis que l'ouverture primitive s'était fermée.

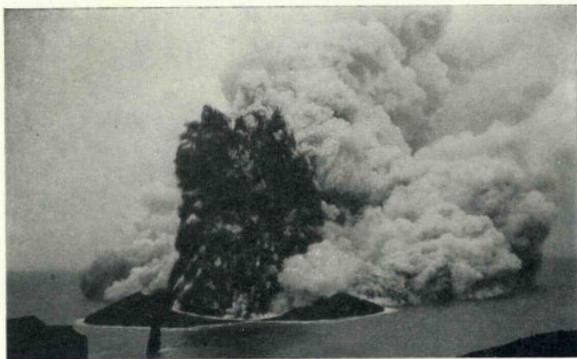


Fig. 1 — Panache de projections noires le 2/10/1957.

Cliché: Jovial

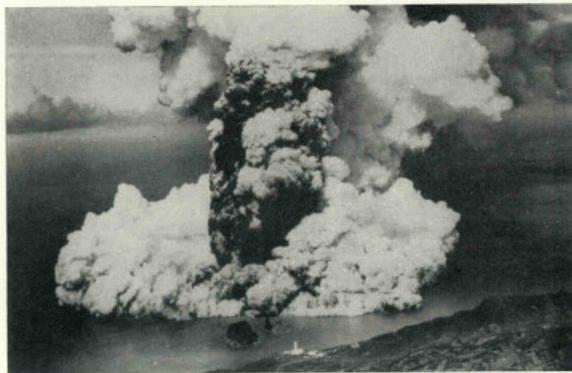


Fig. 2 — Une colonne de cendres et de projections noires s'élève au milieu des fumées blanches de vapeur d'eau.

Cliché: Foto-Lilas

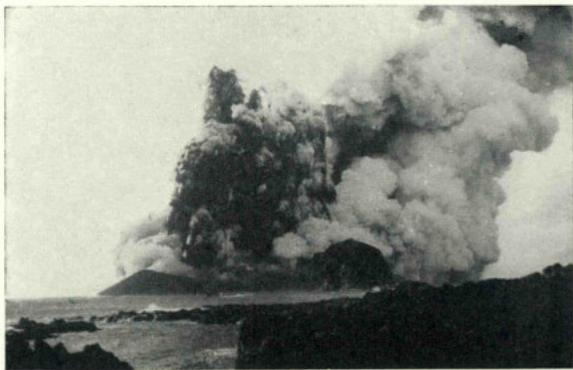


Fig. 3 — Période d'activité moyenne le 4 Octobre.

Cliché: Jovial



Fig. 4 — Forte explosion.

Cliché: J. Goulart

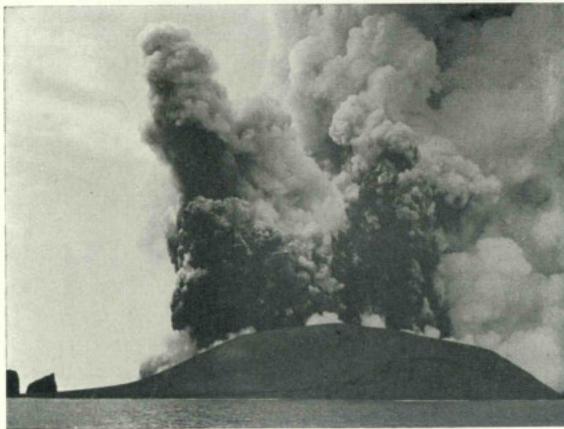


Fig. 1 — Une grande éruption commence.
Cliché: Mission Géologique

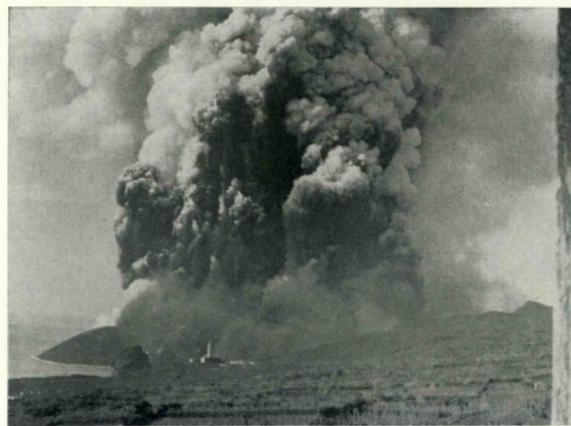


Fig. 2 — L'éruption progresse.
Cliché: Mission Géologique

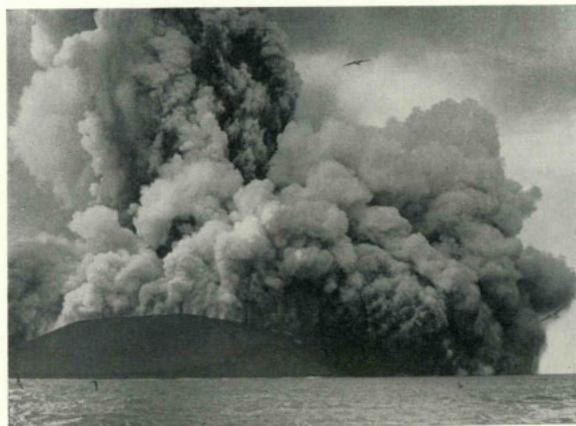


Fig. 3 — Les fumées lourdes roulent sur les flancs du volcan.
Cliché: Mission Géologique

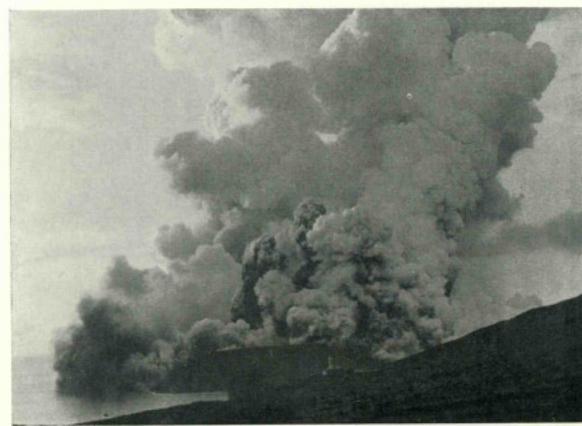


Fig. 4 — Un nuage noir s'étale sur la mer en même temps que des pierres tombent.
Cliché: Mission Géologique

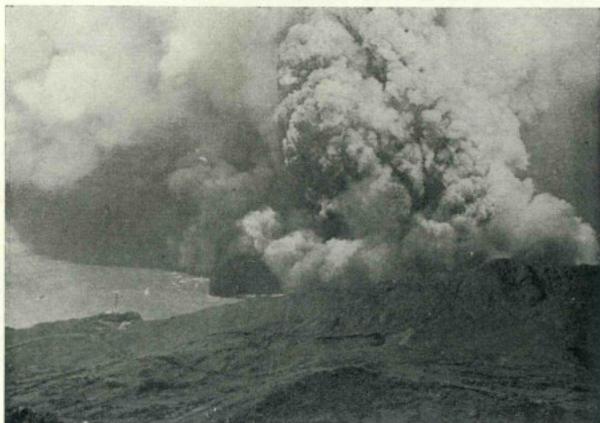


Fig. 1 — Grande éruption.

Cliché: Jovial



Fig. 2 — Grande éruption.

Cliché: Jassil

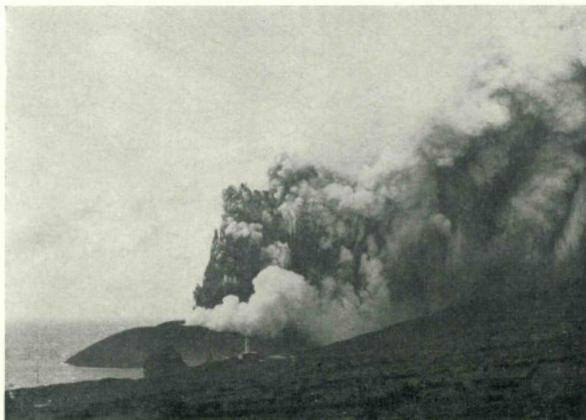


Fig. 3 — Grande éruption.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 4 — Pluie de cendres avec tourbillons.

Cliché Mission Géologique

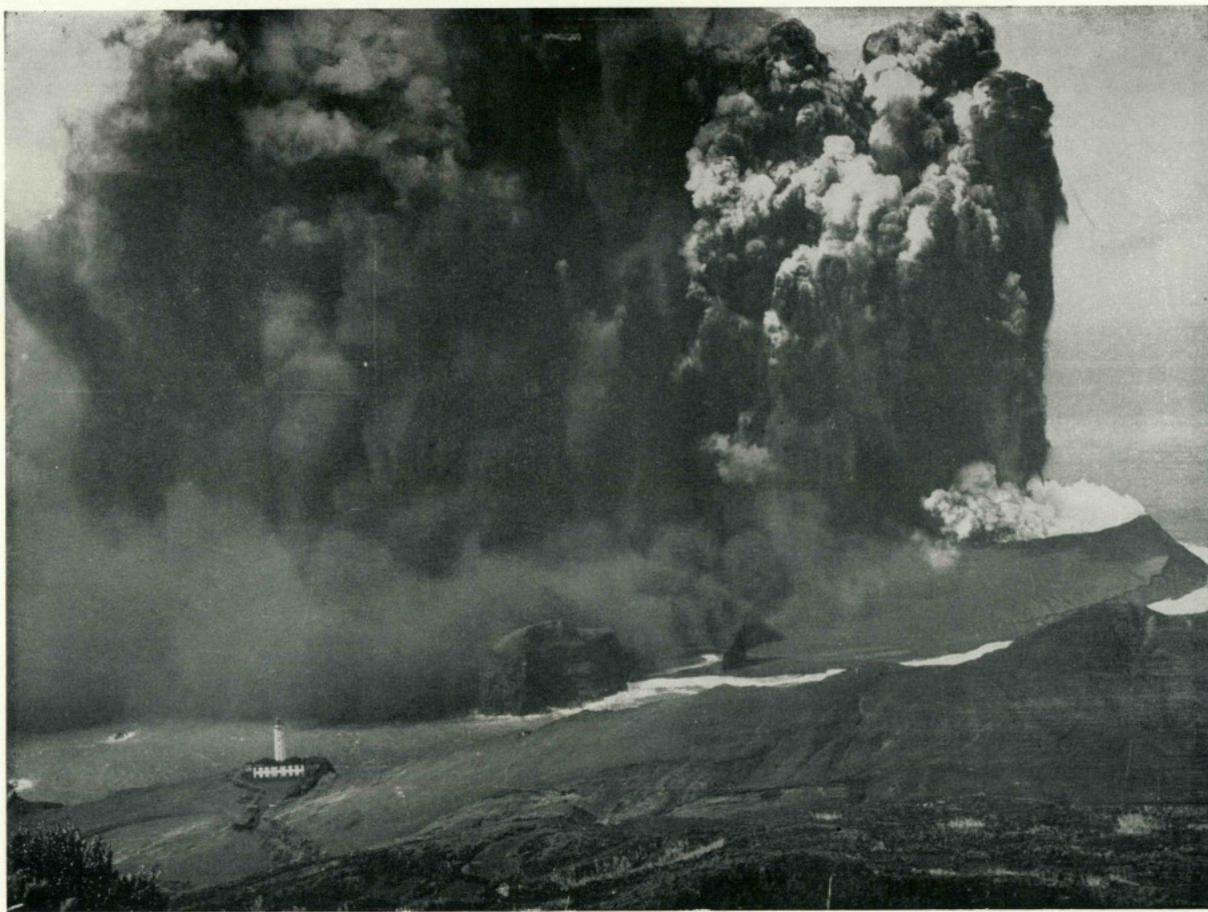
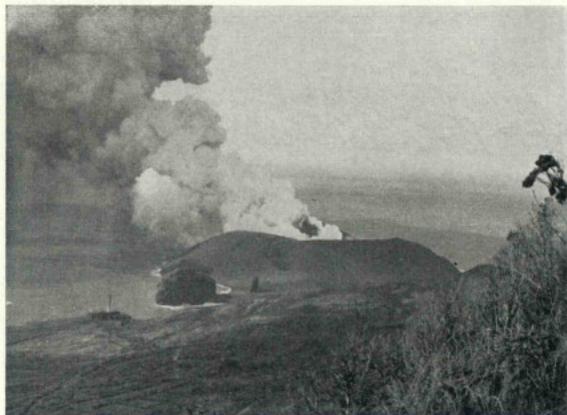


Fig. 1 — Une des plus violentes éruptions du volcan de Capelinhos.

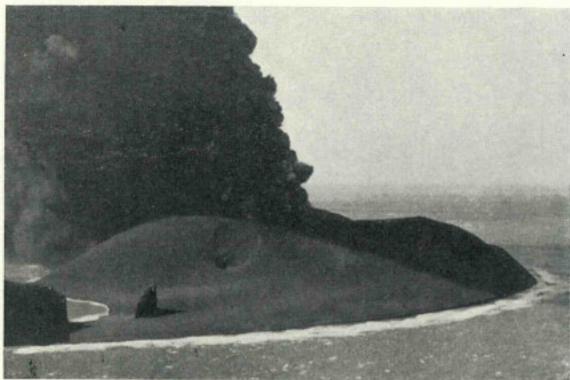
Cliché: Jovial



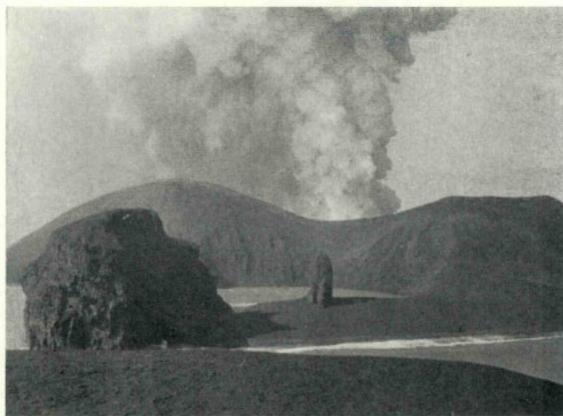
Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — Des affaissements se produisent sur le flanc Sud du volcan. Des dépressions en forme d'entonnoirs apparaissent (26/10/1957).



Cliché: Mission Géologique
Fig. 2 — La mer entre dans la dépression dont le fond continue à s'affaisser (26/10/1957).



Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — Le 26 Novembre 1957 une dépression en forme d'entonnoir apparaît sur le flanc Est du volcan.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — La destruction du cône volcanique se poursuit (27/10/1957).

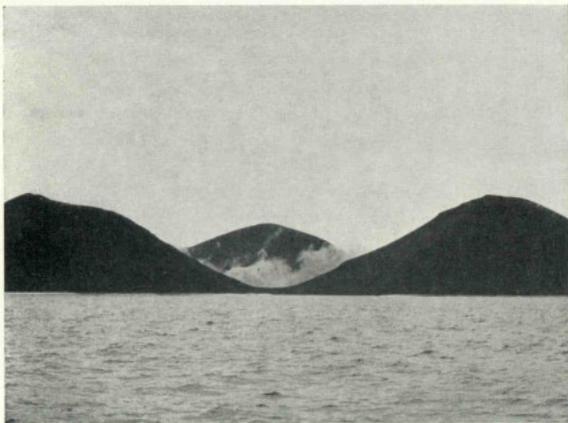


Fig. 1 — Phase de repos.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 2 — Phase de faible activité le 22/10/1957.

Cliché: Mission Géologique



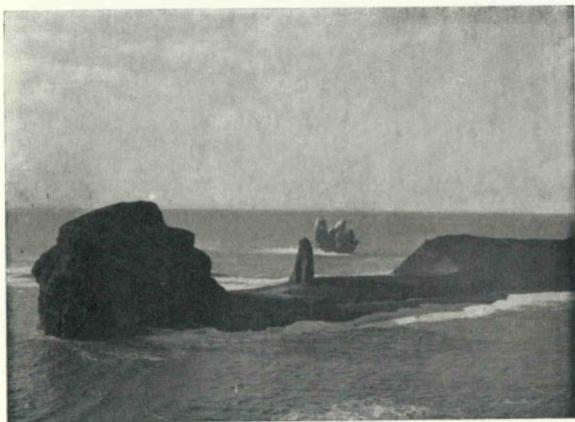
Fig. 3 — Une éruption vient de finir le 27/10/1957.

Cliché: Mission Géologique



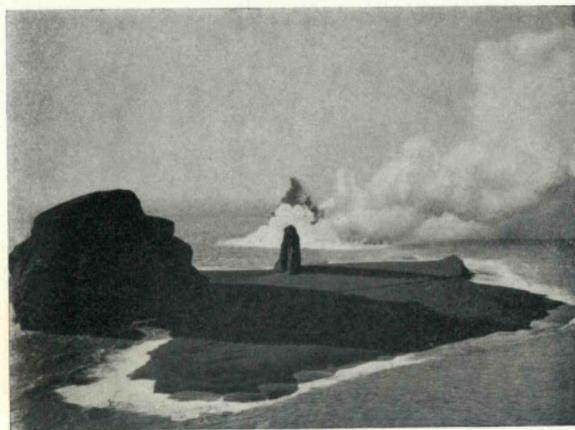
Fig. 4 — Phase de repos complet.

Cliché: Foto-Lilaz



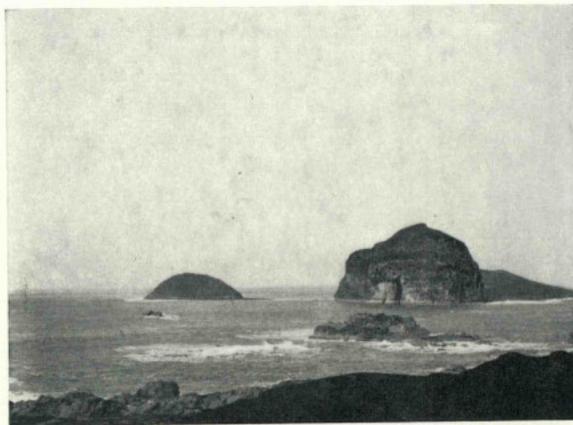
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — L'activité volcanique est réduite à des jets de 10-15 m de hauteur.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Le dernier vestige de la première île disparaît, l'activité volcanique étant réduite.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Les derniers restes de l'appareil volcanique disparaissent.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Des glissements et des affaissements se produisent le 29/10/1957.



Cliché : Jovial

Fig. 1 — L'activité volcanique augmente le 10/11/1957.



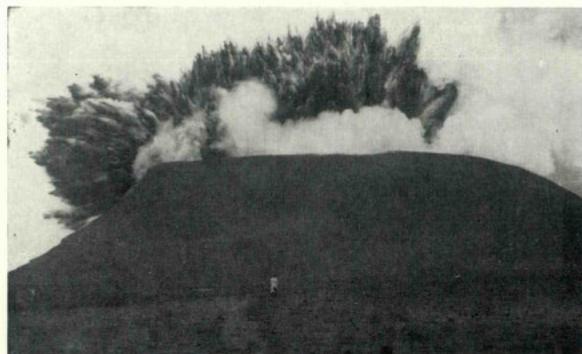
Cliché : Jovial

Fig. 2 — Le volcan est raccordé à la côte de l'île de Faial par une langue de sable volcanique 17/11/1957.



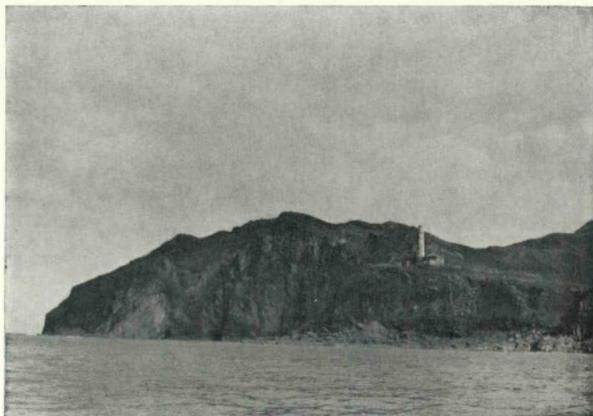
Cliché : Jovial

Fig. 3 — L'isthme s'élargit progressivement le 26/11/1957.

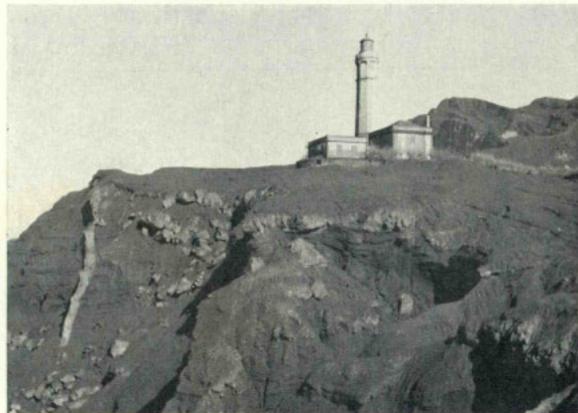


Cliché : Jovial

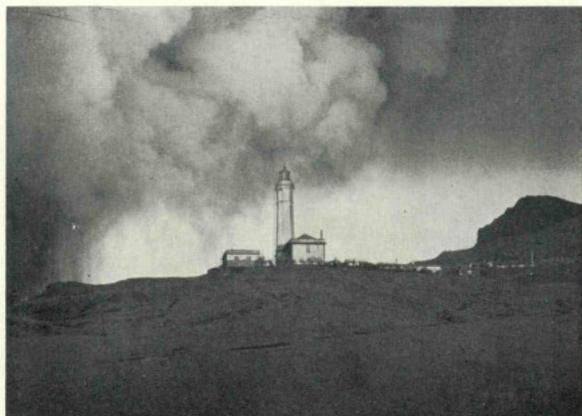
Fig. 4 — Explosion avec jet cypressoïde.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — Costado da Nau et Phare de Capelinhos.



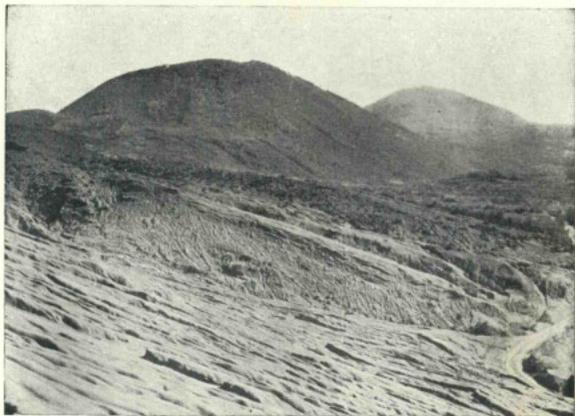
Cliché: Mission Géologique
Fig. 2 — La falaise couverte de cendres.



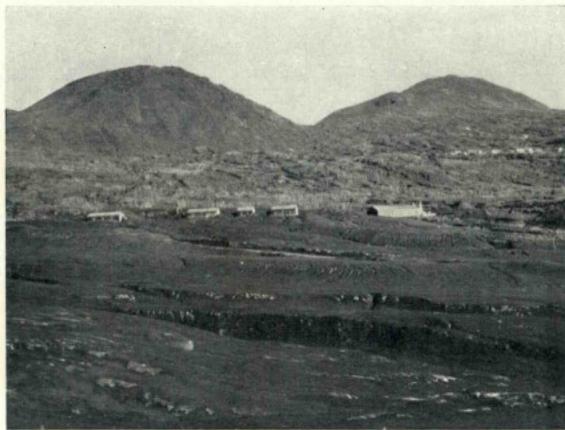
Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — Le phare sous une pluie de cendres le 21/10/1957.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — Cendres au voisinage du Phare.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — La campagne couverte de cendres à l'Est du Phare de Capelinhos.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 2 — Les champs couverts de cendres, à l'Est du Phare.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — La route de Norte Pequeno à Capêlo après les pluies de cendres.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — La végétation couverte de cendres.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Les champs couverts de cendres à Porto do Comprido (Novembre 1957).



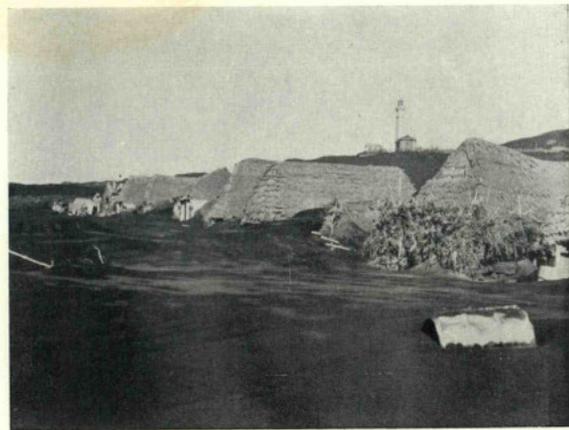
Cliché: Foto-Lilaz

Fig. 2 — La campagne à l'Est de Costado da Nau (Octobre 1957).



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Couche de cendres à Porto do Comprido.



Cliché: Mission Géologique

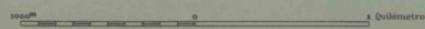
Fig. 4 — Maisons de Porto do Comprido (Novembre 1957).

ESBÔÇO GEOLÓGICO DA PENÍNSULA DO CAPELO (ILHA DO FAIAL)



-  Materialis piroclásticos
-  Cones de escórias
-  Basaltos de Cabeço do Fogo e do Picário
-  Andesito peridotito de Cabeço Verde da Lagoa, do Norte Pequeno, etc...
-  Basaltos de Cabeço dos Trinta e do Capelo
-  Andesito e andesito peridotito do Manajo da Caldeira
-  Nascentes de águas minero-medicinais do Varadouro

Escala de 1:25.000



170-

RAPPORT DE LA DEUXIÈME MISSION GÉOLOGIQUE SUR LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL

par

G. ZBYSZEWSKI et O. DA VEIGA FERREIRA

En Août 1958 une deuxième mission géologique débarqua dans l'île de Faial pour continuer et terminer les travaux commencés par la première en Octobre-Novembre 1957. Cette nouvelle Mission était constituée par le Dr. G. Zbyszewski, Géologue des Services Géologiques du Portugal, par O. da Veiga Ferreira et par les Collecteurs L. Rodrigues et A. Rodrigues.

Le lever géologique de la partie occidentale de l'île de Faial ayant été fait en 1957, la Deuxième Mission étendit les levés au reste de l'île de Faial. Elle put, en outre, observer l'activité du Volcan de Capelinhos dans sa période strombolienne.

Le présent rapport comprend deux parties distinctes. La première correspond à l'étude du volcanisme des régions centrale et orientale de l'île de Faial. La deuxième rend compte des observations réalisées par la Mission sur le Volcan de Capelinhos.

I — LE VOLCANISME DES RÉGIONS CENTRALE ET ORIENTALE DE L'ÎLE DE FAIAL

Du point de vue morphologique et structural, l'île de Faial peut être divisée en plusieurs unités qui sont :

- 1) — Le massif volcanique de la Caldeira, occupant le centre de l'île.
- 2) — La partie occidentale de l'île, de formation moderne, qui a déjà été décrite dans le rapport de la Première Mission Géologique et qui comprend la péninsule de Capêlo.
- 3) — La plateaux littoral de Cedros et de Salão, qui s'étend le long de la côte Nord.
- 4) — La région des croupes et des vallées de la partie orientale de l'île, avec le « Graben de Pedro Miguel ».
- 5) — La région de Horta qui s'étend, le long de la côte Sud, jusqu'à Castelo Branco.

Dans les pages qui suivent, chacune de ces régions est étudiée séparément. Un schéma général de l'ordre des éruptions volcaniques est donné ensuite. Finalement, une étude de la tectonique de l'île de Faial montre l'importance des effets du séisme de mai 1958, pour localiser les accidents importants dans les régions où la couverture des projections volcaniques ne permettait pas leurs observation. Il est intéressant de vérifier ainsi les étroites relations qui existent dans l'Archipel des Açores entre la tectonique et le volcanisme.

A — LE MASSIF VOLCANIQUE DE LA CALDEIRA

L'élément géomorphologique le plus important de l'île de Faial, est le Massif volcanique de la Caldeira, dont le point culminant (Cabeço Gordo) atteint 1 043 m.

C'est ce volcan qui a formé l'île primitive, qui fut augmentée plus tard par d'autres éruptions en divers points de sa périphérie. Son cratère (Caldeira do Faial) a 47 m de profondeur. Son diamètre maximum atteint 2 km. Les parois intérieures de ce cratère sont sensiblement verticales. Leur base est partiellement masquée par des éboulis, plus ou moins couverts de végétation.

Le Massif de la Caldeira est surtout constitué par des laves andésitiques et par des matériaux de projections, au milieu desquels on note la présence de blocs trachytiques et andésitiques pouvant peser plusieurs tonnes (Pl. VII, fig. 3). Des fragments de natrosanidine ont pu être observés çà et là, principalement sur les versants au Nord du Massif et dans la région de Cedros.

Sur le bord Sud du cratère (Altar), il existe un important affleurement trachytique qui présente une tendance à la disjonction en prismes (Pl. II, fig. 1).

Le fond de la Caldeira est en partie occupé par les alluvions d'une lagune en voie de disparition (Pl. I, fig. 1; Pl. II, fig. 2). Un cône volcanique secondaire se dresse sur la rive Ouest de cette lagune. Il possède, à sa partie supérieure, un cratère dont le diamètre est de l'ordre de 150 m et la profondeur de 30 m. Cet appareil a donné une petite coulée de latite, dont seuls les points élevés émergent actuellement au milieu des alluvions de la lagune. Depuis le séisme de mai 1948, plusieurs fumerolles et chaudières naturelles sont en activité dans le fond de la Caldeira (Pl. I, fig. 2; Pl. II, fig. 3, 4). Elles sont situées le long d'une fracture d'orientation sensiblement NE-SW qui s'est ouverte pendant le séisme cité. La chaudière la plus grande est divisée en deux parties. Elle a une longueur de plusieurs dizaines de mètres. Elle montre en section le détail des alluvions de l'ancienne lagune (Pl. II, fig. 4). Les autres chaudières sont plus petites. L'une d'entre elles a une forme circulaire, très régulière.

En plus des chaudières citées, il existe un petit monticule de laves situé à quelques dizaines de mètres au Sud de la chaudière principale et qui, depuis le séisme de mai 1958, émet lui aussi des fumerolles.

Au cours de notre visite au local, en août 1958, nous avons observé la présence de fissures, ouvertes sur le fond alluvial de la lagune desséchée et présentant des orientations NE-SW et NNW-SSE. Elles étaient en voie de colmatation.

Les versants extérieurs du Volcan de la Caldeira, sont fortement inclinés depuis le bord du cratère jusqu'au voisinage de la courbe de niveau de 700 m, à partir de laquelle la pente devient plus douce. Une épaisse série de projections volcaniques couvre les versants extérieurs du Massif. Son épaisseur est plus grande à proximité du cratère. En dessous de la courbe de niveau de 700 m des affleurements rocheux apparaissent dans le fond des ravinements (« grotas »), qui entaillent profondément la région, en offrant un dispositif rayonné autour du grand cratère central (Pl. I, fig. 3, 4; Pl. III, fig. 2). Il s'agit presque toujours d'andésites ou d'andésites périodiques dont les coulées, toujours très inclinées, ont l'aspect de torrents pétrifiés (Pl. III, fig. 2).

Comme on le verra plus loin, les principaux affleurements de laves andésitiques se trouvent dans la partie orientale de l'île ou encore au Sud-Est de la Caldeira, au voisinage de Ferrobim do Norte et de Ribeira de S. Pedro. Sur les versants extérieurs du Massif de la Caldeira de nombreux foyers volcaniques secondaires ont existé, ayant émis des coulées de laves et formé des cônes de scories. La plupart de ces centres éruptifs ont disparu sous l'épais manteau de projections modernes. Cependant il est encore possible de reconnaître quelques uns de ces appareils, qui sont aujourd'hui plus ou moins démantelés ou défigurés par l'érosion.

Au Nord-Ouest, le volcan de Rinquim (543 m) domine la route de Praia do Norte à Ribeira Funda. Il est constitué par un cône principal et par deux cônes annexes, dont l'un, situé à l'Ouest, présente les vestiges de trois bouches éruptives, extrêmement effacées. En face du Rinquim, sur la rive Sud de Ribeira das Cabras, un autre appareil volcanique est caractérisé par la présence de scories.

La vallée de la Ribeira das Cabras entaille une série de projections grossières, au milieu desquelles on note la présence de blocs trachytiques pesant plusieurs tonnes. Cette formation rappelle, par son aspect, certaines brèches de nuées ardentes.

Plusieurs appareils éruptifs ont existé autrefois sur les flancs Nord du Massif de la Caldeira. Ceux qu'il est possible d'observer actuellement, semblent alignés le long de plusieurs fractures d'orientation sensiblement NNW-SSE. Le plus méridional est le Cabeço do Chão (738 m), situé à 750 m du bord Nord de la Caldeira, entre la Ribeira Funda et la Ribeira de Valverde. Il est constitué par un cône de projections, comportant les vestiges d'un ancien cratère ouvert vers le NNE.

Plus au Nord, au voisinage de Nasce Água, entre le Alto do Inverno (543 m) et le Alto do Rico (573 m) il y eût vraisemblablement plusieurs foyers éruptifs aujourd'hui détruits ou masqués par des projections plus récentes. Le sommet 506 m, situé à l'Ouest de la route qui descend vers Cascalho, en est un. Il est coupé par un ravinement Sud-Nord.

Au Nord du point précédent, le sommet 366 m, contourné par la nouvelle route de Horta à Ribeira Funda, est un appareil volcanique ayant gardé un petit cratère détérioré. L'appareil de Cutelo (303 m) se trouve lui aussi sur la même fracture que les appareils précédents.

Trois autres cônes volcaniques se dressent à l'Ouest et au Nord-Ouest du Cutelo. L'un d'eux, le Cabeço dos Covões (277 m), a deux petits cratères accolés et coupés par un ravinement d'orientation NNW-SSE. Un deuxième appareil (cote 180 m) est situé à l'Ouest de Cascalho de Cima. Il conserve les restes d'un cratère. Enfin le Alto da Baleia (147 m), situé au voisinage de la falaise maritime, est un volcan à cratère, qui montre, sur sa face Nord, un vestige de petit cône adventif dont on peut voir la coupe dans la falaise maritime. Quatre filons sont visibles dans cette falaise, coupant les laves andésitiques plus anciennes. L'un d'eux est en relation avec le volcan cité (Pl. III, fig. 1).

Plusieurs filons trachytiques ont été observés sur les versants au Nord de la Caldeira. Leur orientation est sensiblement NNW-SSE. Ils coupent la série andésitique. L'un d'entre eux a été observé sur les bords de la rivière de Joana Pires, au Sud de Nasce-Água. Un deuxième a été noté dans la vallée de la rivière de Valverde, au NW de Alto do Rico. Un autre a été vu dans les tranchées de la route nouvelle de Horta à Ribeira Funda, au SE de la côte 366 m. Plus au NW, un échantillon trachytique a été recueilli auprès du pont de Covões, sur la rive Est de la rivière de Joana Pires. Deux autres filons trachytiques ont été cartographiés à Cascalho de Baixo, le principal se prolongeant avec une orientation NS, jusqu'à la falaise maritime, auprès du port de Caldeirão.

Il ne semble pas y avoir eu d'appareils volcaniques notables sur le versant oriental du Massif de la Caldeira. Le sommet de Arrochela (698 m) n'a pu être considéré comme tel faute de preuves suffisantes. Le seul cône volcanique certain, sans cratère conservé, est situé au NNE de la bifurcation des routes de Horta à Ribeira Funda et de Horta au Mirador de la Caldeira. Il porte sur la carte, la cote 506 m.

En raison du manteau de projections qui recouvre toute la région (Pl. III, fig. 4), il est très difficile actuellement d'identifier les appareils volcaniques anciens. De tels appareils semblent avoir existé, autrefois, sur l'emplacement du Cabeço Gordo (1043 m) et du Cabeço Redondo (983 m) sans qu'il soit possible, toutefois, de l'affirmer en toute certitude. Le premier de ces sommets quoiqu'entièrement recouvert de matériaux de projections, semble posséder un noyau profond résistant, car les fissures ouvertes lors du séisme de mai 1958 (Pl. XXX, fig. 1) se sont infléchies en contournant ce sommet par le Nord.

Au Sud-Est du Cabeço Redondo les sommets de Cangueiro (708 m) et de Queimadas (670 m) sont deux cônes volcaniques dont les cratères sont complètement effacés, mais qui sont certainement à l'origine de diverses coulées andésitiques qui se sont épanchées vers le Sud-Est et qui affluent dans les vallées des rivières de Fonte do Rego, de S. Pedro, de Ribeirinha et de Fontainhas.

Il est possible que cette région ait possédé d'autres points d'émission de laves, aujourd'hui masqués sous la couverture de projections.

En certains points le maquis est tellement dense qu'il masque complètement les affleurements.

Le Cabeço da Granja (309 m) est situé sur une fracture d'orientation NW-SE qui se prolonge au delà du village et passe sous les deux cones principaux du groupe volcanique de Portela.

Le Cabeço das Tronqueiras (283 m), situé au Nord-Est de Castelo Branco, est entièrement recouvert par des projections ponceuses modernes.

Nous citerons encore, dans la zone de Lombêga, trois cones volcaniques qu'il est facile d'identifier. Ce sont d'abord ceux de Cerrado Grande (247 m) et de Calço do Ferreiro, qui se trouvent localisés sur une ancienne fracture d'orientation NNE-SSW. Un troisième appareil (263 m), situé au Nord-Ouest des deux premiers, est coupé par la route de Lombêga à Ribeira do Cabo.

Les falaises, entre Varadouro et la pointe de Castelo Branco, montrent la succession des coulées andésitiques, descendues des versants du Massif de la Caldeira. Elles s'abaissent progressivement depuis le signal géodésique de Costa, à l'Est de Varadouro, où elles ont 250 m de hauteur, jusqu'au rocher de Castelo Branco (147 m) auprès duquel elles n'en ont plus que 63 m.

La série de laves andésitiques est coupée par plusieurs filons d'andésites périclitiques dont la distribution est la suivante :

À l'Est de Varadouro 5 filons d'orientation sensiblement NE-SW.

À l'Ouest du cone volcanique 263 m, coupé par la route de Lombêga à Ribeira do Cabo, 2 filons probablement en rapport avec ce cone.

Au Sud-Ouest du cone volcanique de Cerrado Grande, 1 filon.

La pointe de Castelo Branco et une ancienne cheminée volcanique, trachytique (Pl. III, fig. 3; Pl. VI, fig. 1), ayant conservé à son sommet un petit cratère. Son point le plus élevé atteint 147 m. Le trachyte est saccharoïde, gris pâle, parfois bréchiqne et contenant des enclaves d'andésites périclitiques. L'ancien cone de projections qui entourait la cheminée a disparu, sauf une langue étroite formant un isthme de raccord entre le rocher et l'île de Faial. À la surface de cet isthme un dépôt détritique quaternaire est conservé dans un replis de terrain. Il peut représenter un reste d'ancienne plage ou bien de déjection torrentielle.

C'est sur le versant occidental du Massif de la Caldeira qu'est greffée la péninsule de Capêlo et la chaîne de volcans modernes, décrite dans le rapport de la première Mission Géologique sous le nom de « Serra do Governador ». Nous n'en parlerons donc pas dans le présent travail, sauf dans le chapitre de la tectonique, en parlant des failles et des fractures récentes, qui se sont ouvertes pendant le séisme de mai 1958.

Comme pour les falaises qui se développent au SE de Varadouro, celles de la côte Nord donnent, entre Fajã et Porto do Caldeirão, une bonne coupe des vieilles coulées andésitiques.

Les unes et les autres, correspondent à des falaises anciennes, constamment ravivées par des éboulements, et qui se raccordaient autrefois quelque part dans la région recouverte aujourd'hui par les coulées modernes issues du Cabeço dos Trinta, du Cabeço Verde, du Cabeço do Fogo (Pl. VII, fig. 1, 2) et de plusieurs autres sommets voisins.

La péninsule de Capêlo et de Canto est de formation moderne. C'est à son extrémité occidentale qu'est né le volcan de Capelinhos.

B — LE PLATEAU LITTORAL DE CEDROS ET DE SALÃO

Il s'agit d'une région d'altitude moyenne, qui s'étend le long de la côte Nord de l'île depuis le port de Caldeirão jusqu'au voisinage de Espalhafatos.

Adossée au Sud contre le Massif de la Caldeira et plus à l'Est contre les croupes de Fontainhas, de Tambroso et de Espalhafatos, elle se présente sous forme d'un plateau incliné

vers la mer. Son altitude varie entre 25 m et 250 m. Elle est coupée par un dense réseau de ravinements plus ou moins parallèles, d'orientation SW-NE, qui naissent sur les versants des massifs cités et qui, par des profils très inclinés, coupés de sauts et de gradins, se terminent sur les falaises littorales par des vallées suspendues.

À de rares exceptions près, les affleurements rocheux apparaissent dans les ravinements cités à des cotes inférieures à 450 m, la partie supérieure des croupes étant recouverte par des projections ponçues qui masquent les anciens centres volcaniques, ainsi que leurs coulées.

Les andésites et les andésites périclites des coulées, présentent souvent un aspect plus jeune que celles du Massif de la Caldeira et celles des croupes de la partie orientale de l'île.

Entre Porto do Caldeirão et le voisinage du moulin de Capitão, la falaise maritime montre, à sa base, des laves anciennes en lits minces, recouverts par des laves plus modernes en bancs épais.

À proximité du moulin de Capitão la couverture pyroclastique recouvre une série volcanique comprenant trois ou quatre niveaux de laves, séparés par des tufs brun-rouge.

Un niveau de conglomérats intercalé dans les projections, est observé dans les tranchées de la route inférieure, sur la rive Ouest de la rivière de Santa Bárbara.

Entre Porto da Eira et Porto do Salão, la falaise maritime est constituée par quatre laves noires, superposées et scoriacées, mais présentant parfois une tendance à la disjonction prismatique.

À l'Est de Porto do Salão, les andésites anciennes réapparaissent dans la falaise maritime. Elles sont coupées par plusieurs filons d'andésites périclites dont le plus occidental se trouve au SE du Porto do Salão. Quatre filons existent au voisinage du cône portant la cote 196 m, situé au NE du signal géodésique de Lomba dos Espalhafatos. Quatre autres existent dans la falaise au SE de ce dernier point.

C — LA RÉGION DES CROUPES ET DES GRABENS DE LA PARTIE ORIENTALE DE L'ÎLE

À l'Est de la région précédente et du Massif de la Caldeira, s'étend une zone offrant un aspect très particulier en marches d'escalier. Il s'agit d'une alternance de croupes et de vallées, longées par des failles d'orientation NW-SW et dont quelques unes ont rejoué au cours du séisme de mai 1958.

La croupe la plus septentrionale atteint 309 m d'altitude au signal géodésique de Lomba dos Espalhafatos. Elle est essentiellement constituée par des andésites plus ou moins altérées, issues probablement de centres volcaniques, aujourd'hui détruits, situés plus à l'Ouest.

Le profil Nord-Sud de cette croupe est nettement dissymétrique. Tandis que le flanc Sud retombe brusquement sur la vallée de la rivière de Ribeirinha, longée par un important accident qui incline vers le Sud (Pl. IV, fig. 1), le flanc Nord a une pente bien moins forte, qui se raccorde avec une plateforme étroite et allongée, coupée par quelques ravinements. Ce méplat, que l'on observe le long des falaises littorales, s'étend depuis le cône volcanique (cote 196 m), déjà cité, jusqu'au phare de Ribeirinha. Au SE du signal géodésique de Lomba dos Espalhafatos, un filon trachytique coupe la série andésitique.

Le flanc Nord de la vallée de Ribeirinha est recouvert par des projections et par des formations de versants ayant glissé sur les pentes. Le flanc Sud de la vallée est adossé contre la croupe du Alto da Pedreira. Dans sa partie orientale il est dominé par un appareil volcanique démantelé dont le cratère est ouvert vers le Nord et dont le point culminant atteint l'altitude de 145 m.

La falaise maritime est constituée, en dessous du phare de Ribeirinha, par des laves noires, andésitiques, alternant avec des niveaux scoriacés bruns ou rouges. En remontant vers le Nord-Ouest un niveau de tufs jaunes s'intercale dans le tiers inférieur de la série, puis un peu plus loin, deux lits de tufs brun-rouge.

Limitée au Nord par le plateau littoral de Cedros et de Salão et au NE par la vallée de la rivière de Ribeirinha, une importante croupe se dégage dans le paysage, marquée par les sommets principaux de Fontainhas, Galego, Tambroso et Alto da Pedreira. Comme pour celle de Espalhafatos, son profil Nord-Sud est nettement dissymétrique. Du côté Sud la retombée est brusque, souvent verticale, pouvant atteindre une hauteur de plus de 200 m (Pl. IV, fig. 2; Pl. V, fig. 1). Elle présente par endroits de grands escarpements rocheux. L'altitude maximum atteint 543 m au signal géodésique de Galego. La partie supérieure de la croupe est couverte par une épaisse série de projections ponçues qui semblent masquer plusieurs appareils volcaniques démantelés. L'un d'entre eux pourrait correspondre au sommet de Tambroso (506 m) où il est possible de distinguer les restes d'un ancien cratère en partie détruit par l'érosion. Le flanc Nord de la croupe présente des formes de relief plus adoucies, bien qu'encore très inclinées.

La roche des coulées, représentée par des andésites, plus ou moins altérées suivant les cas, apparaît dans les ravinements et le long de quelques chemins. Les versants descendant vers la vallée de Ribeirinha étant extrêmement boisés, il est difficile actuellement d'y reconnaître l'extension réelle des affleurements.

Un filon trachytique a été observé sur les pentes à l'Ouest du signal géodésique de Galego. Il semble qu'il y en ait un deuxième vers la partie supérieure de l'escarpement rocheux, au Sud du même signal.

Le flanc Sud de la croupe décrite, est longé par une importante faille visible dans la falaise littorale et qui a joué dans sa partie occidentale, pendant le séisme de mai 1958.

Le « Graben de Pedro Miguel », qui s'étend au Sud de la croupe de Galego, présente une structure complexe. Dans sa partie occidentale il est constitué par deux compartiments affaissés. Le premier et le plus au Nord, se trouve adossé à la croupe décrite ci-dessus. Il est parcouru d'Ouest en Est par la rivière de Fonte Nova et par ses affluents. Il présente l'aspect d'un plateau incliné, entaillé par des ravinements.

Dans sa partie orientale il s'abaisse et se subdivise en plusieurs compartiments secondaires, parmi lesquels il faut citer la croupe de Boa Vista (Pl. V, fig. 1). Cette dernière est encadrée, dans sa partie orientale, par deux vallées : au Nord celle d'un petit ruisseau qui se jette dans l'océan au Sud du port de Redonda; au Sud par la vallée de la rivière du Rato qui se jette dans l'océan à l'Est de Pedro Miguel. Sa retombée vers le Sud se fait par un escarpement andésitique analogue à ceux des autres croupes.

La zone relativement basse, située dans l'intervalle entre les rivières du Rato et de Relvinha, présente de grands affleurements andésitiques, très altérés, qu'il est quelquefois difficile, dans les champs cultivés, de séparer des matériaux pyroclastiques qui les recouvrent.

Au Nord de Pedro Miguel, la position respective des croupes et des vallées en fonction de la tectonique locale, montre un dispositif en marches d'escalier où, par rapport à une faille déterminée, c'est toujours le compartiment Sud qui se trouve affaissé.

La zone basse de Pedro Miguel correspond au fond du « Graben » ainsi formé. Dans la région située au Sud de Pedro Miguel, nous trouvons un dispositif inverse par lequel de part et d'autre d'une faille, c'est toujours le compartiment Nord qui se trouve en position affaissée par rapport au compartiment situé plus au Sud.

Il est actuellement difficile de localiser les centres éruptifs qui ont autrefois existé dans la région de Pedro Miguel, étant donné que la plupart d'entre eux ont été démantelés par l'érosion ou bien ont été recouverts par un manteau de projections plus modernes. Cependant il est possible de mettre en évidence trois appareils principaux. L'un d'entre eux est situé à l'Ouest de Boa Vista et correspond aux collines qui portent les côtes 366 m et 384 m. Dans un chemin creux qui descend vers le village, on peut voir les scories et les laves andésitiques issues de cet appareil démantelé. Trois filons andésitiques coupent les brèches volcaniques, visibles dans les tranchées de ce chemin.

Un deuxième centre éruptif se trouvait autrefois au voisinage de la colline portant la cote 420 m, située au NW de Miragaia et qui montre un affleurement de lave andésitique.

Enfin il faut signaler la présence d'une cheminée trachytique dont la roche gris pâle, relativement tendre et d'aspect saccharoïde, a donné lieu à une exploitation (Pedreira da Pedra Branca).

En considérant la coupe des falaises littorales, qui limitent à l'Est la région de Pedro Miguel, nous voyons dans le prolongement de la croupe de Galego et de Alto da Pedreira, la présence d'une série de laves andésitiques anciennes, en lits peu épais, ressemblant à celles de la croupe de Espalhafatos, dont elles sont probablement contemporaines. Plus au Sud, dans le prolongement de la croupe de Boa Vista, on observe deux laves superposées grises.

Au Nord de l'estuaire de la rivière du Rato les laves grises inclinent vers le Nord et couvrent d'autres laves anciennes, en lits peu épais, analogues à celles signalées plus au Nord.

Au Sud de la rivière du Rato, la série andésitique est coupée par deux failles et par deux filons.

Auprès du port de Pedro Miguel, on peut voir, en section, un ancien ravinement rempli par une lave grise, recouverte par une autre noire.

Au débouché de la «Grota da Relvinha» deux laves noires superposées sont coupées par une faille et par un filon.

La région de Pedro Miguel est limitée, au Sud, par la croupe de Alto da Cruz, qui occupe le rebord Nord du gradin de Almoxarife. Comme toutes les autres, cette croupe a un profil nettement disymétrique. Mais ici la retombée se fait brusquement vers le Nord, tandis que vers le Sud les pentes sont plus adoucies.

Le gradin de Almoxarife, qui s'abaisse dans son ensemble du Nord-Ouest vers le Sud-Est, est recouvert par un manteau de projections, qui ne laissent affleurer les laves andésitiques sous-jacentes, que le long des cours d'eau, le long de certaines routes ou de certains chemins et, quelquefois, en lambeaux isolés sur les versants des collines. Dans ce dernier cas il s'agit généralement de bords de coulées.

Au bord de la mer, la falaise de Rocha Vermelha présente un dispositif relativement compliqué d'injections andésitiques au milieu des projections ce qui fait penser à la proximité d'un ancien appareil éruptif démantelé (Pl. IV, fig. 4; Pl. V, fig. 3, 4).

La croupe de Milhafres et de Espalamaca est une des plus importantes de la région. Par rapport à la zone basse de Pedro Miguel elle est symétrique de celle de Galego et de Alto da Pedreira. Comme toutes les autres, elle a une orientation NW-SE et s'étend depuis les versants orientaux du Massif de la Caldeira jusqu'à l'Océan, qu'elle atteint au NE de la ville de Horta. En ce point, elle est constituée par des andésites anciennes, grises, en lits peu épais, coupés par trois failles. Nettement disymétrique, elle présente une chute brusque vers le Nord, tandis que vers le Sud ses pentes sont généralement moins inclinées. Elle est constituée par des andésites très altérées et porte deux sommets pouvant être considérés comme des restes d'anciens appareils volcaniques. L'un d'eux est le Cabeço dos Milhafres (418 m); le second est un sommet plus petit (372 m), situé au Sud-Est de ce dernier.

Une petite venue de basalte est connue au Nord de Farrobo.

La croupe de Espalamaca s'abaisse vers le Sud et le Sud-Ouest sur la vallée de la rivière de Flamengos, qui est une des plus importantes de l'île et qui se trouve entièrement occupée par des projections ponceuses ne laissant affleurer la roche des coulées que le long des cours d'eau et parfois le long des chemins et des routes.

La vallée est limitée au Sud-Ouest par une autre croupe, celle de Lomba da Cruz, dont la retombée vers le Nord, est longée par une faille ayant joué pendant le séisme de Mai 1958. La partie supérieure de cette croupe est recouverte par des matériaux de projection et porte deux petits appareils volcaniques démantelés, dont les scories sont visibles sur le chemin au NW de Cruz do Bravo.

D — LA RÉGION DE HORTA ET SES DÉPENDANCES

Cette région a pour limites au Nord la croupe de Espalamarca et à l'Ouest le Massif de la Caldeira. Elle est dominée par un groupe de cones volcaniques modernes, dont le principal, le Monte Carneiro, atteint 267 m d'altitude.

Au Sud-Ouest elle forme une petite plateforme, qui se poursuit le long d'une côte basse vers Feteira et Castelo Branco.

Entre ces deux villages, elle est traversée par un dense réseau de vallées et de ravinelements qui descendent des versants méridionaux du Massif de la Caldeira, avec une orientation prédominante Nord-Sud (rivières de Fonte do Rego, de S. Pedro, de Ribeirinha, de Fontainhas, de Santa Catarina et de Lombêga).

Du point de vue géologique, la région est constituée, dans sa partie occidentale, par des coulées descendues du Massif de la Caldeira.

Entre Feteira et la pointe de Castelo Branco la côte est constituée par des coulées andésitiques, recouvertes par un manteau de matériaux pyroclastiques. Au Sud-Ouest du village de Castelo Branco, la falaise montre six à sept bancs de laves superposés. Au SE du même village et jusqu'à proximité du signal géodésique de Rocha Alta on ne trouve plus qu'une seule lave, couverte par les projections. À l'Est de ce signal géodésique on note la présence d'un petit appareil volcanique démantelé, constitué par des scories brun-rouge et plus à l'Est, deux laves séparées par des projections. L'une de ces laves montre une disjonction en prismes.

La zone qui s'étend entre Feteira, Flamengos et Horta possède plusieurs centres de volcanisme moderne, les uns andésitiques et les autres doléritiques ou basaltiques.

Le groupe le plus septentrional est celui de Quinta de S. Lourenço dont le point culminant atteint 204 m. Il comprend un cratère central et deux autres situés plus à l'Ouest. Il est possible qu'il y en ait eût d'autres, aujourd'hui méconnaissables.

Le cone volcanique de Conceição (113 m), dont le cratère est ouvert vers le Sud, se dresse sur la rive gauche de la rivière de Flamengos, à l'Ouest de la plage de Conceição.

Un important alignement de cones, d'orientation NW-SE, existe à l'Ouest de la ville de Horta (Pl. V, fig. 2). Le Cabeço do Dr. Neves (191 m), situé à l'extrémité NW de l'alignement, est muni d'un cratère unique, dont la profondeur est de 20 ou de 25 m. Le Monte Carneiro lui fait suite au SE. Il a un cratère central dont la profondeur est de 20 ou 30 m. Sur la face Sud-Est de ce cone volcanique, eût lieu une importante sortie de laves (andésites péridotiques) qui ont atteint la côte sur presque toute son extension, depuis la plage de Conceição, au Nord, jusqu'à Angústias et Pasteleiro, au Sud.

Le Monte das Moças, situé au SE du Monte Carneiro, a 60 m d'altitude. Son cratère fortement détérioré par l'érosion est ouvert vers le Nord.

Le Monte Queimado est le dernier de l'alignement. Il est formé de scories brunes et noires qui ont donné lieu à une exploitation. Il a gardé lui aussi les vestiges d'un petit cratère ouvert vers le NE.

Le Monte da Guia (145 m) est un important appareil volcanique surgi dans la mer au large de la côte de l'île de Faial (Pl. VI, fig. 2, 3, 4) et plus tard raccordé à cette dernière par une étroite langue de sable et de galets.

Au sommet de ce volcan s'ouvre un large cratère, égoué vers le Sud et présentant un rétrécissement en son milieu. Un petit filon vertical peut être observé dans les falaises à la pointe SE du volcan où il coupe les matériaux de projections (Pl. VI, fig. 3).

Il nous faut signaler ici la découverte très intéressante, faite tout récemment par M. Vitor Hugo Lecoq Lacerda Forjaz qui nous a dit avoir observé dans la falaise de Porto da Cal, à environ 20 m au dessus de la mer, la présence de galets et de fragments de coquilles englobés au milieu des projections qui présenteraient en ce point une certaine imprégnation calcaire.

Un dernier groupe d'appareils éruptifs correspond aux volcans de Portela. Il s'agit d'un ensemble comprenant deux cones principaux accolés. Le plus occidental, qui atteint une altitude de 228 m, présente seulement la moitié Nord de l'ancien cratère. Le bord Sud a été détruit au cours d'une éruption.

Le deuxième cone, situé plus à l'Est, est muni d'un cratère dont la profondeur est de l'ordre de 30 à 40 m. Plusieurs bouches secondaires ont dû exister sur les versants extérieurs, au Sud des deux cratères cités. Ces volcans ont donné des coulées qui se sont épanchées en direction de la côte Sud. Leurs laves affleurent entre Feteira et Ponta Furada dont la falaise est percée de nombreuses grottes marines.

La plus grande partie de la région de Horta est recouverte par un manteau de matériaux pyroclastiques. Deux gisements de végétaux fossiles y sont connus dans des couches de tufs bruns. L'un d'eux (Pl. IV, fig. 3) se trouve en bordure du chemin qui monte par la falaise de la plage de Conceição vers le Facho (Lomba de Espalamaca). Le deuxième gisement se trouve dans la tranchée de la route qui passe entre le Monte Carneiro et le Cabeço do Dr. Neves. Ces deux gisements ont été découverts autrefois par le Professeur Manuel Dionísio. Ils nous ont été indiqués par le Professeur António da Luz Rodrigues.

Dans une lettre inédite, de Reiss à Carlos Ribeiro, existant dans les archives des Services Géologiques nous avons trouvé en outre l'information suivante :

« Tout près de Horta, dans la « grotta » de Conceição, se trouve une bonne section formée par le mouvement rétrograde d'une chute d'eau : on y voit un cone de scories couvert par des courants de lave. Le nucleus de ce cone est formé par des petites scories décomposées dans une sorte de tuf ; les couches sont inclinées de 30° ou plus vers la mer ; elles sont sous-marines.

J'y ai trouvé l'impression d'une Anatifé.

Une lieue au NNE de Horta et de l'autre côté de la Lomba, se trouve la vallée de Praya. Cette vallée curieuse par sa formation topographique contient dans sa partie inférieure des tufs de couleur jaune rougeâtre. Ils s'étendent depuis le pied du Lomba jusqu'au Nord de Praya, presque horizontaux. Ils atteignent une hauteur de deux pieds et plus ; ils sont pleins de plantes fossiles. Le tuf n'est pas toujours très fin et les impressions en conséquence sont mauvaises. Mais en quelques endroits elles sont excellentes. Il paraît que le tuf était chaud lorsqu'il a enveloppé les feuilles et les plantes, car elles sont presque toutes brûlées. Le tuf forme une couche superficielle, mais seulement dans la partie inférieure du val. Plus haut j'ai cherché sans le trouver.

On a trouvé le même tuf dans un chemin qu'on fait à présent et ce serait, comme je vous l'ai déjà mentionné, une bonne occasion pour collecter les plantes fossiles ».

Après avoir étudié le volcanisme des diverses régions de l'île de Faial, il nous est possible de définir l'ordre des éruptions qui s'y sont produites et qui doit être sensiblement le suivant :

- 1) — Éruptions andésitiques du volcan de la Caldeira et de ses appareils accessoires — Formation de l'île primitive.
- 2) — Mise en place des appareils et des filons trachytiques, pendant que les éruptions andésitiques se poursuivaient.
- 3) — Ouverture du grand cratère d'explosion et d'effondrement de la Caldeira.
- 4) — Éruptions andésitiques sur la périphérie de la Caldeira et sur la côte Nord (Cedros, Salão, etc.).
- 5) — Éruptions basaltiques de la région de Horta et de la partie occidentale de l'île (Cabeço do Capêlo, Cabeço dos Trinta, etc.).
- 6) — Éruptions d'andésites péridotiques du Cabeço Verde, du Cabeço do Capêlo, du Cabeço do Canto, etc..
- 7) — Éruption basaltique du Cabeço do Fogo (1672).
- 8) — Éruption du volcan de Capelinhos (1957-58).

II — TECTONIQUE

L'île de Faial est coupée par un important réseau de failles d'orientation générale NW-SE et qui sont actives, autant que l'on peut en juger par les derniers séismes. Ces accidents, qui sont surtout nombreux dans les parties centrale et orientale de l'île, donnent à celle-ci un aspect bien marqué de graben, dont les divers compartiments s'abaissent en marches d'escalier à partir des deux bords, vers le centre qui est plus affaissé. Les mouvements du terrain et l'ouverture de nombreuses fissures à la surface du sol, au cours du grand séisme de Mai 1958 ont confirmé ces notions.

C'est dans la partie orientale de l'île que l'aspect de graben est particulièrement net. Nous avons vu qu'au Nord de Pedro Miguel (fond du Graben), on trouvait trois compartiments successifs retombant par des escarpements rocheux vers le Sud et par des pentes moins inclinées vers le Nord. Ce sont, du Nord au Sud, les compartiments de Lomba dos Espalhafatos, de Lomba do Galego-Alto da Pedreira et de Boa Vista. Ces trois compartiments sont limités par des failles que l'on peut observer plus à l'Est dans la falaise littorale.

Dans le prolongement de la zone basse de Pedro Miguel, la falaise littorale présente, elle aussi, entre la rivière du Rato et le port de Pedro Miguel, plusieurs failles et filons.

Au Sud de Pedro Miguel on retrouve un dispositif semblable au précédent, mais avec la différence que les divers compartiments retombent par des escarpements rocheux vers le Nord. On trouve ainsi, du Sud vers le Nord, les compartiments de Lomba da Cruz, de Lomba de Espalamaca et de Alto da Cruz, tous trois limités par des failles.

À de rares exceptions près, les appareils éruptifs qui existent dans la région se trouvent localisés sur les bords relevés des compartiments.

Dans les falaises maritimes il est possible d'observer trois failles au milieu des andésites altérées de la pointe de Espalamaca. Au contraire plus à l'intérieur, les accidents se perdent au milieu des projections modernes. On peut cependant mettre en évidence le passage des accidents les plus importants de la région par les alignements des appareils volcaniques. Il est possible ainsi, de prolonger sur la carte, la grande faille d'orientation NW-SE observée au pied de Lomba da Cruz en la faisant passer par le Cabeço do Dr. Neves, le Monte Carneiro, le Monte das Moças et le Monte Queimado.

Si nous examinons la position des principaux accidents de la partie orientale de l'île et que nous cherchons leur prolongement vers l'Est, nous voyons qu'ils aboutissent tous aux versants orientaux du massif de la Caldeira. On se rend compte ainsi que le grand volcan de la Caldeira a dû naître sur le passage d'un important réseau de fractures qui a continué à jouer jusqu'à nos jours.

Le Massif volcanique de la Caldeira, qui occupe la partie centrale de l'île de Faial, est affecté par deux types de fractures. Les plus importantes sont celles qui viennent d'être citées dans la partie orientale de l'île et qui se prolongent vers le Nord-Ouest jusqu'au volcan actuel de Capelinhos. Mais il existe, en outre, des fractures radiales d'importance secondaire, ouvertes sur les flancs de l'appareil principal. Ces dernières peuvent être mises en évidence tantôt par l'alignement des filons (filons trachytiques de Cascalho) et tantôt par les alignements des cones volcaniques accessoires, comme par exemple ceux de Nasce-Água — Côte 366 — Cutelo et de Cabeço dos Covões — Côte 180.

Sur le versant Sud du Massif, entre Lombêga et Castelo Branco, le seul alignement notable est celui des deux appareils de Cerrado Grande et de Calço do Ferreiro. Mais la falaise à l'Est et au SE de Varadouro montre divers filons qui confirment le dispositif radié des fractures autour du cratère central du Massif.

Dans la partie occidentale de l'île de Faial, l'alignement des cones volcaniques modernes (Serra do Governador), greffé sur le versant du Massif de la Caldeira et se prolongeant jusqu'au volcan de Capelinhos, marque très nettement l'existence d'une grande fracture dont il a été possible de confirmer la présence après le grand séisme de Mai 1958.

Comme il a été dit ailleurs, le grand séisme qui a affecté l'île de Faial entre le 12 et le 14 Mai 1958, a provoqué l'ouverture à la surface du sol de grandes fissures, dont quelques unes de plus de 1 m de large et avec des rejets atteignant parfois 0,50 m à 1 m. Ces fissures ont pu être étudiées et suivies sur le terrain. En certains points, comme par exemple à Praia do Norte, elles ont continué à jouer pendant une quinzaine de jours après le séisme principal, leurs lèvres se rapprochant ou s'écartant alternativement.

L'étude des fractures a montré que le dispositif en graben existait aussi dans la partie occidentale de l'île. En effet deux zones de fractures y ont été mises en évidence, toutes deux ayant une orientation NW-SE.

Au Nord, une importante fracture s'est ouverte sur le flanc droit de la vallée de Ribeira das Cabras, relayée plus à l'Est par une deuxième fracture, qui atteignait le bord du grand cratère de la Caldeira. Une troisième fracture, non moins importante et plus ou moins parallèle aux précédentes, traversait le village de Praia do Norte (Pl. XXX, fig. 2, 3, 4 ; Pl. XXXI, fig. 1, 2, 3), se prolongeant au SE jusqu'au cratère de la Caldeira et disparaissant au NW, au milieu des coulées scoriacées de Fajã, datant des éruptions de 1672.

Dans toute cette zone les affaissements se sont produits vers le Sud. Une deuxième zone de fractures a pu être mise en évidence le long de l'alignement des volcans modernes de la partie occidentale de l'île. Il a été possible de suivre ainsi une grande fissure depuis le Cabeço de Manuel Gato, passant par le Cruzeiro Norte, Cabeço do Garcia, Cabeço do Fogo, Cabeços do Pacheco, Cabeço-dos-Trinta, Lomba do Meio, Cabeço Gordo (Pl. XXX, fig. 1) et route du Mirador de la Caldeira.

Une deuxième fracture a pu être suivie entre la Ribeira do Cabo, Lomba de Baixo, Cabeço Redondo et Cabeço Gordo. Cette deuxième fracture se raccorde avec la première sur le Cabeço Gordo. Elle se dédouble à Lomba de Baixo, en donnant un rameau orienté vers le Sud-Est et qui se perd au milieu des champs. Il est possible que ce dernier soit en rapport avec la fracture de Lomba da Cruz, située plus au Sud-Est.

L'ensemble des fractures qui viennent d'être citées ont donné lieu à de petits affaissements de terrain vers le Nord.

D'après l'ingénieur Frederico Machado, qui a fait exécuter un relevé sommaire des principaux points trigonométriques de la région, il y aurait eû un affaissement général de la zone centrale, située entre Praia do Norte, le cratère de la Caldeira, Lomba de Baixo et Cabeço do Fogo. Cet affaissement aurait atteint un maximum de l'ordre de 2 m.

Au contraire, les régions situées au Nord et au Sud de la zone affaissée auraient subi un léger soulèvement pouvant atteindre une valeur maximum de l'ordre de 1 m à 1,50 m. Les observations réalisées sur l'échelle des marées de Varadouro ont montré un soulèvement de la côte Sud de l'ordre de 0,60 m. La côte Nord se serait soulevée, auprès de Fajã, de 0,60 m ou 0,70 m.

Comme il a été dit plus haut, le séisme de mai 1958 a ouvert, dans le fond du cratère de Faial, des fissures qui ont donné lieu à l'assèchement de la partie orientale de la lagune et à l'explosion qui a ouvert les chaudières naturelles, actuellement en activité.

Si nous examinons maintenant le comportement des failles de la partie orientale de l'île, nous remarquons que celle de Espalhafatos a rejoué, en ouvrant une fissure de faible étendue au Sud-Ouest du signal géodésique. Des destructions ont été observées non seulement sur le passage de cette fracture mais aussi sur ses deux prolongements.

La faille qui limite au Sud la croupe de Galego a joué dans sa partie occidentale, autant que l'on peut en juger par l'ouverture de deux importantes fissures. L'une d'entre elles a coupé la route au Sud-Ouest du signal géodésique de Fontainhas, en donnant un rejet de 0,50 m.

Il semble que le sommet de Lomba Gordo ait été un point de résistance car les deux fractures de Lomba de Meio et de Lomba de Baixo sont venues s'y réunir en s'incurvant vers

le Nord et en contournant le signal géodésique, pour se prolonger ensuite vers l'Est jusqu'à la route de la Caldeira.

Une autre fissure a été observée dans la tranchée de la route de Ribeira Funda, au Nord de sa bifurcation avec celle de la Caldeira. Cette fissure montre que la faille qui longe le gradin de Milhafres et de Espalamaca a légèrement joué dans son extrémité occidentale.

Enfin, comme il a été dit antérieurement, la faille qui passe au pied du gradin de Lomba da Cruz a rejoué sur presque toute sa longueur, depuis le cône volcanique de Canqueiro jusqu'à Cruz do Bravo.

Comme on le voit, les failles de l'île de Faial sont actives. Elles peuvent se prolonger dans l'île de Pico, qui n'est séparée de l'île de Faial que par un simple bras de mer. Le volcan principal du Pico (2350,77 m) a dû se former, lui aussi, comme le Massif de la Caldeira, sur le passage du même graben.

L'île de Faial fait partie d'une zone essentiellement séismique. Pendant la période allant depuis 1931 à 1950 les îles de Faial et de Pico ont ressenti en moyenne 21 secousses séismiques annuelles, parmi lesquelles beaucoup d'intensité 4. À diverses reprises les séismes ont atteint le degré X dans l'échelle de Mercalli.

Leurs épicentres semblent être localisés dans deux zones différentes. L'une d'elles correspond au bras de mer qui sépare l'île de Faial de celle de Pico (séisme du 31 Août 1926). La deuxième se situe dans la partie occidentale de l'île.

Les effets de ces séismes sont parfois catastrophiques. Le séisme de mai 1958, dont l'épicentre se trouvait localisé sur les versants à l'Ouest de la Caldeira, a ruiné à peu près complètement les villages de Praia do Norte (Pl. XXXI) et de Ribeira do Cabo, tandis que d'autres comme Norte Pequeno, Capêlo, Ribeira Funda, Espalhafatos, Flamengos, etc. ont été un peu moins atteints. Nous pensons qu'il s'agit d'un séisme de réajustement en rapport avec l'éruption du volcan de Capelinhos. Un changement très notable a été observé dans le régime de ce dernier après ce tremblement de terre, les phénomènes effusifs ayant augmenté soudain dans des proportions extraordinaires et les phénomènes explosifs ayant diminué en proportion.

III — LES RESSOURCES NATURELLES DE L'ÎLE EN RAPPORT AVEC LE VOLCANISME

Les ressources naturelles de l'île de Faial sont représentées par des eaux minérales et par des matériaux de construction et d'empierrement.

EAUX MINÉRALES

Les seules sources minérales connues dans l'île de Faial sont celles de Varadouro, qui alimentent un petit établissement thermal.

Il s'agit, d'après une analyse du Prof. CHARLES LEPIERRE [1931], d'une eau essentiellement chlorurée (82%), très bicarbonatée sodique (8%) et très sulfatée calcique (7%), donnant un résidu sec à 180°, de 5361,2 mgr/l. Sa température varie entre 35 et 40°.

Cette eau est utilisée dans le traitement des gastrites, des hépatites, des colites, des maladies de la peau et des rhumatismes.

Pendant le séisme de Mai 1958, un grand éboulement s'est produit à l'Est de Varadouro recouvrant complètement trois des sources situées au pied de la falaise au niveau de la mer (Pl. VII, fig. 4).

D'après des informations qui nous ont été données et qu'il ne nous a pas été possible de contrôler, d'autres sources minérales et notamment une eau gazeuse, existeraient au niveau de la mer, au pied des falaises de Espalamaca.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'EMPIERREMENT

Ils sont représentés par des trachytes, par des andésites, des andésites périclétiques, des basaltes et des matériaux pyroclastiques.

Les trachytes, roches tendres, de travail facile, ont été exploitées dans la carrière de Pedra Branca, ouverte dans une petite cheminée, au NW de Miragaia (Pedro Miguel).

Les andésites et andésites périclétiques sont exploitées en divers points de l'île, mais principalement au voisinage de la Ville de Horta (Monte Carneiro, Portela, Carrières du port de Horta, etc.).

Les matériaux pyroclastiques sont utilisés comme sables en divers points de l'île. Il faut citer spécialement, dans le voisinage de Horta, le Monte Queimado, Monte Carneiro, Flamengos, Lomba dos Milhafres et dans la partie occidentale de l'île les cônes volcaniques situés au bord de la route de Cruzeiro Norte à Praia do Norte.

IV — RAPPORT DE LA MISSION SUR L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS

L'évolution du volcanisme depuis le 17 décembre 1958 jusqu'au 30 novembre 1959 peut être divisée en trois périodes :

- A — Entre le 17 Décembre 1958 et le 12 Mai 1959, une période qui a commencé avec l'apparition des premières laves (Pl. XVIII, fig. 1) et pendant laquelle les phases explosive et fragmentaire prédominent nettement sur la phase effusive.
- B — Après le grand séisme de Mai, une période au cours de laquelle la phase effusive prend une prépondérance marquée sur toutes les autres. Cette période s'étend jusqu'au 25 Octobre, date qui marque la fin de l'éruption du volcan de Capelinhos.
- C — Après le 25 Octobre, une dernière période pendant laquelle les phases fumerolienne et dégradative se maintiennent seules, toutes les autres ayant disparu.

Nous analyserons successivement chacune des ces périodes selon la méthode de Perret en nous basant sur les informations données par Tomás Pacheco et sur les communications officielles de l'observatoire de Horta. Nous nous étendrons davantage sur la seconde période, au cours de laquelle la Deuxième Mission Géologique a pu réaliser quelques observations (Août 1959).

A — PÉRIODE DU 17 DÉCEMBRE AU 12 MAI 1958

Pendant cette période, le volcan de Capelinhos a fonctionné comme volcan insulaire. Son activité peut être résumée de la façon suivante, selon le système de Perret :

Phase volatile et aérienne

Elle a été surtout marquée par des explosions et par un dégagement d'abondantes fumées blanches et brunes. De vraies flammes (a-1) ont été observées à diverses reprises pendant les éruptions du volcan de Capelinhos. Pendant la période étudiée, elles ont été notées le 1 Février.

Des vapeurs et des fumées bleues transparentes (a-2) ont été vues en diverses occasions et notamment le 31 Janvier et le 21 Avril.

Les fumées blanches formant panache ont été fréquentes, spécialement lorsque la mer avait la possibilité d'envahir le cratère. Elles étaient plus abondantes au début des éruptions

et parfois pendant les phases de calme. Elles ont été nombreuses en Février et en Mars. Les fumées brunes ont été fréquentes, elles aussi.

Les effets explosifs légers tels que des bouffées, des aneaux, des tourbillons etc. ont été vus en diverses occasions (b-2). Ils n'ont cependant pas été enregistrés par l'observateur, comme présentant peu d'importance.

Les explosions fortes ont été notées à peu près constamment, pendant les phases de grande activité volcanique, avec leurs effets de concussion aérienne (c-1). Il a, par contre, été difficile d'en séparer les détonations souterraines dont le bruit a été entendu à diverses reprises.

Phase fragmentaire

A — Produits issus de la lave active

Pendant les périodes d'activité effusive, des fontaines de lave (Pl. XXIV, fig. 3; Pl. XXV, fig. 1 et 4; Pl. XXVI, fig. 3 et 4) (a-1) ont pu être observées à diverses reprises. Le 17 et le 18 Décembre, les fontaines étaient au nombre de 7 au début de l'éruption et seulement de 2 à la fin de celle-ci. D'autres fontaines de lave ont fonctionné les 1 et 3 Février. Le 23 Avril, 5 fontaines de lave ont pu être observées.

Les projections rejetées par le volcan comprenaient, comme pendant les périodes antérieures, des sables vitreux, des lapillis et des scories (b-1).

Les bombes étaient nombreuses, quelques unes grandes et d'autres plus petites, ayant parfois la dimension de petites gouttelettes (b-3, a-4).

Les matériaux ponceux étaient abondants et pouvaient être souvent observés, flottant à la surface de la mer (c-1).

B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux

La force des explosions avait comme conséquence, au cours des éruptions du volcan de Capelinhos, la formation de jets de projections, noires ou brunes, de scories et de cendres (Pl. XII, fig. 2), jusqu'à une hauteur parfois considérable. Ces projections en retombant, avaient pour effet d'accroître la hauteur de l'appareil volcanique. Ces éjections cahotiques prenaient parfois l'aspect de jets pointus en forme de fers de lance (jets cypressoides) accompagnés par des volutes de cendres (a).

La hauteur maximum atteinte par ces jets a été de 1000 m en Décembre, 900 m en Janvier, 1800 m le 19 Mars, 950 m en Avril et 750 m au début de Mai.

La durée maximum des éruptions a été de 4 heures et demie le 21 Janvier, 9 heures le 28 Janvier, 11 heures le 14 Février et 6 heures en Mars.

Les pierres, en blocs anguleux (b-1), ont été projetées en très grande abondance depuis Décembre jusqu'au début de Mai. Elles sont tombées autour du Phare de Capelinhos, sur le Costado da Nau et dans la zone de Porto do Comprido.

Les pluies de cendres (b) ont été denses et nombreuses (Pl. XIII, XIV, XV et XVI). Elles se sont parfois étendues à l'ensemble de l'île (9 Février). Seules ont été enregistrées celles qui sont tombées sur terre.

Des pluies de boue sont également tombées, parfois très abondantes (31 Décembre), accompagnées souvent par des averses torrentielles (Pl. XIV, fig. 3 et 4) comme celle du 8 avril.

Parmi les blocs anguleux tombés sur les bâtiments du phare, il a été possible de reconnaître des fragments de basalte arrachés à la cheminée du volcan et très comparables aux basaltes qui affleurent dans la falaise du Costado da Nau. Le Professeur Orlando Ribeiro a également recueilli, au cours d'une de ses missions, des blocs d'un conglomérat marin à éléments basaltiques bien roulés.

Phase effusive

Elle a été marquée par diverses sorties de laves ayant donné des coulées qui ont rempli le cratère, débordant ensuite à l'extérieur de ce dernier et aussi des coulées issues de points d'émission secondaires sur les versants extérieurs du volcan. Les coulées appartiennent donc aux catégories de «coulées intra-cratériennes» y inclu les lacs de lave, les «coulées terminales» et les «coulées latérales».

Nous verrons plus loin que la phase effusive n'est entrée dans son activité maximum qu'après le 12 Mai. Avant cette date elle n'a été marquée que par les périodes effusives du 17, 18, 21, 22 et 23 Décembre; 1 Février; 23 et 24 Avril 1958.

La luminosité du cratère («Crater glow») a beaucoup varié (b). Elle a été moyenne à forte entre le 17 et le 24 Décembre, faible à moyenne entre le 1 et le 18 Janvier, très forte les 20, 21 et 22 pour redevenir faible du 23 au 28. Elle est redevenue forte ensuite jusqu'au 1 Février. À partir de cette date la luminosité a été forte les 1, 5, 7, 17, 20, 24, 25 et 28 Février. En Mars et en Avril la luminosité a été faible.

Phase électrique

Des éclairs linéaires ou bien en étoiles ont été observés pendant les périodes de fortes éruptions. Les décharges ont été accompagnées par des détonations sous forme de craquements secs ou bien de grondements lourds. Les principaux phénomènes de cet ordre ont été observés les 15, 21, 24 et 26 Janvier et les 1 et 2 Février.

Phase solfatarienne

Elle est représentée, au cours de cette période, par le fontionnement des fumerolles à l'intérieur du cratère et sur les versants extérieurs du cone volcanique, pendant les périodes de calme. En dehors de ces manifestations, qui appartiennent au premier type (a) et au deuxième (b), il faut encore signaler les forts dégagements de H_2S qui ont été notés à diverses reprises et notamment le 31 Décembre, les 1, 2, 10 et 12 Janvier, le 20 Février, les 18 et 19 Avril et le 8 Mai. En Avril en plus des dégagements de H_2S il y en eût également de SO_2 , de CO et de CO_2 .

Phase séismique

Elle est essentiellement représentée, pendant la période considérée, par des vibrations du sol autour du volcan. Ces vibrations ont été faibles du 17 au 20 Décembre, pour devenir moyennes le 30 et fortes le 31. Pendant tout le mois de Janvier elles ont été moyennes à fortes. En Février elles ont été moyennes. Le 29 Mars un petit séisme d'intensité 2 a été ressenti.

Phase de dégradation

Elle comprend des phénomènes d'effondrements, d'éboulement et de glissement qui se sont produit avec fréquence aussi bien à l'intérieur du cratère (Pl. VIII, fig. 3) que sur les versants extérieurs de l'appareil volcanique. Cette phase, assez bien marquée en Décembre, s'est développée considérablement en Janvier. D'après les observations de Tomás Pacheco il y aurait eu des effondrements les 3, 6, 8, 13, 18, 21, 22, 23, 25, 26 et 29 Janvier. Le 21 Janvier en plus des effondrements observés il y eût un déplacement considérable du cratère vers le NE.

D'autres affaissements ont été observés les 11, 17 et 28 Février. Le 8 une brèche s'est ouverte dans le bord NW du cratère.

En Mars des effondrements et des glissements, plus ou moins importants, ont été observés les 1, 2, 3, 10, 12 et 21. En Avril les modifications ont été moindres mais au début de Mai, le 1, le 2 et le 6, de grands effondrements eurent lieu. Les pluies torrentielles qui sont tombées le 6 Mai ont provoqué de grands ravinements et de nombreux dégâts.

En considérant les phénomènes qui ont pu être observés, on voit qu'ils se placent dans les sections définies par Perret comme :

- Démolitions terminales et latérales (a-1 et a-2).
- Déplacements; coulées de cendres chaudes et avalanches sèches (b-1); glissements à l'intérieur du cratère (b-2).

Les coulées de boue ont été observées en diverses occasions (Pl. X, fig. 4), lorsque la mer pouvait pénétrer dans l'intérieur du cratère pendant les périodes de calme (Pl. VIII, fig. 1 à 4; Pl. IX, fig. 2 à 4; Pl. X, fig. 1, 2 et 4).

PÉRIODE DU 12 MAI AU 25 OCTOBRE

Pendant le séjour dans l'île de Faial de la Deuxième Mission Géologique (6 au 31 Août 1958) il a été possible d'observer le volcan de Capelinhos dans ses diverses phases de « volcan insulaire strombolien ».

a) — Phase de repos

Le jour de l'arrivée de la Mission, le volcan se trouvait dans une phase de calme à peu près total. Le cône central se trouvait couvert d'efflorescences de soufre jaune vif (Pl. XXIX, fig. 1, 3 et 4). Il était constitué par des scories et par des projections grossières.

Quelques fumerolles à forte odeur d'anhydride sulfureux et d'autres à odeurs sulphydrique se dégageaient çà et là sur les flancs du cône, leur activité augmentant ou diminuant selon les circonstances et selon l'état atmosphérique.

Sur son flanc Nord le cône central retombait directement sur l'océan par un versant très incliné, rongé à sa base par les vagues et donnant des éboulements fréquents.

Sur son flanc Sud, le cône était bordé par une dépression semi-circulaire ou « atrium » correspondant aux restes d'un cratère plus large dont le bord n'était plus représenté que par deux sommets séparés par une brèche qui faisait communiquer l'atrium avec le flanc extérieur SE du volcan.

Le col ainsi formé comprenait une petite dépression circulaire en forme d'entonnoir (Pl. XXIX, fig. 3).

Des fumerolles blanches, analogues à celles du cône central, se dégageaient en divers points de l'atrium (Pl. XXIX, fig. 4).

Les versants extérieurs du cône volcanique étaient formés par un sable volcanique noir, à la surface duquel on observait la présence de nombreuses pierres, scories et bombes volcaniques tombées récemment.

De nombreux points d'impact se voyaient à la surface des cendres (Pl. XXVIII, fig. 1), formant des creux tantôt circulaires et tantôt allongés. Très souvent ces derniers étaient dûs à la chute de plaques ou de paquets de lave incandescente, liquide ou pâteuse, qui en tombant s'étaient aplatis en prenant l'aspect de « bouses de vache » (Pl. XXVIII, fig. 3, 4). Selon leur angle de chute ces plaques avaient pris en consolidant tantôt une forme plus ou moins ronde et tantôt une allongée. Dans ce dernier cas la trajectoire avait du être inclinée. Le paquet de lave en tombant avait giclé en avant. La face inférieure de ces paquets était généralement convexe.

Le flanc Ouest de l'appareil volcanique retombait sur l'océan par une pente inclinée qui se terminait sur une falaise verticale rongée par la mer (Pl. XVIII, fig. 3, 4). La hauteur de cette falaise constituée par des matériaux de projection était variable selon que l'on se trouvait plus ou moins loin du centre du volcan.

Des coulées de lave consolidée étaient visibles sur les flancs Ouest et Nord-Ouest du volcan (Pl. XVIII, fig. 2). La coulée la plus récente qui se voyait sur le flanc Ouest était

sortie par une fissure ouverte à flanc de falaise (Pl. XVIII, fig. 3; Pl. XIX, fig. 2). Elle s'était étalée progressivement en arrivant dans la mer (Pl. XIX, fig. 1, 2, 3, 4) et avait donné une plateforme scoriacée et plus ou moins inclinée. Aux points où le courant de lave avait été plus rapide la croûte consolidée présentait un dispositif cordé de grande beauté (Type pahoe-hoe). Sur les deux bords de ce fleuve cordé pétrifié (Pl. XIX, fig. 1, 4; Pl. XX, fig. 4), la lave présentait un aspect scoriacé cahotique avec des arêtes aigües rappelant celles de certains lapiaz des pays calcaires.

À proximité et en dessous du point d'émission on pouvait noter au milieu du champ de laves, plusieurs chenaux ouverts, relativement profonds et dont la largeur pouvait dépasser 1,50 m (Pl. XIX, fig. 3; Pl. XX, fig. 1). Il s'agissait sans doute de tunnels de lave dont la voûte s'était effondrée en se refroidissant. En un point, la lave présentait l'aspect d'une grande dalle brisée et affaissée (Pl. XIX, fig. 3). Selon les informations de Tomás Pacheco il s'agirait d'une sorte de lac de lave incandescente qui se serait formé au moment de l'émission. Par refroidissement ultérieur la lave aurait consolidé en se rétractant et en s'affaisant.

Malgré sa consolidation superficielle, le champ de lave était encore brûlant au moment où il fut l'objet d'une visite d'étude de la Mission, ne permettant pas un stationnement prolongé à sa surface. De nombreuses fumerolles et des sorties de gaz chauds se dégageaient çà et là de ses crevasses et de ses cavités.

Du 6 au 8 Août inclus, l'activité volcanique s'est trouvée réduite seulement à des manifestations fumeroliennes. Le volcan se trouvait dans une phase de repos temporaire.

b) — L'activité strombolienne

Le 9 Août l'activité strombolienne a repris, augmentant progressivement jusqu'au 14. Pendant tout ce temps la hauteur des projections a varié entre 50 et 150 m. Le 10 une émission de lave s'est produite sur le flanc Ouest du volcan. La 12 une bouche sous-marine a donné lieu à la formation d'un îlot de lave. Dans la nuit du 13 au 14 Août une vive lueur se notait à l'intérieur du cratère. Des explosions fortes, entendues de très loin, se firent entendre à diverses reprises et notamment le 12. Elles ressemblaient à des coups de tonnerre ou bien à des explosions lointaines dépôts de munitions. Quelques unes furent entendues de l'île de Flores.

Le 15 Août le volcan entra dans une phase de grande activité strombolienne. Des émissions de lave se produisirent sur les flancs Ouest et Nord-Est. Dans la nuit du 15 au 16 le spectacle de l'éruption était d'une grande beauté. L'intérieur du cratère était littéralement en feu. Sa clarté donnait une reverberation rougeâtre sur les nuages qui se concentraient dans le ciel obscur. Du cratère illuminé s'élevait un véritable feu d'artifice constitué par des milliers de pierres incandescentes, de bombes volcaniques et de scories qui étaient projetées à près de 400 m de hauteur. Le plus grand nombre d'entre elles retombaient à l'intérieur du cratère. D'autres projetées obliquement retombaient sur les versants extérieurs du cône qui, entièrement lumineux, étaient littéralement couverts d'un manteau de projections incandescentes.

Parfois les paquets de laves en fusion étaient projetées au dessus du cratère dans lequel elles retombaient ensuite après avoir tourné un moment dans l'espace. Elles présentaient parfois les formes les plus compliquées et les plus extraordinaires: en spirales, en serpents, en cannes à pomeau recourbé, etc... (Pl. XI, fig. 2, 3, 4).

Quelquefois on pouvait voir sur les flancs du cône central, des bouches secondaires ouvertes et fortement illuminées. Aucun matériel de projection n'en sortait mais seulement des gaz incandescents donnant des flammes plus ou moins élevées qui brûlaient régulièrement.

L'éruption était accompagnée par des décharges sèches rappelant une violente fusillade.

Le 16 Août l'activité strombolienne se réduisit. Par contre des nuages de cendres brunes s'élevèrent en jet continu (Pl. XII, fig. 4). Le 17, transportées par des vents d'Ouest, les cendres tombèrent sur tout l'ensemble de l'île de Faial, atteignant aussi les îles de Pico et de

S. Jorge. Le 17 et 18 de fortes explosions se firent entendre. Le 19 une émission de laves se produisit de nouveau sur le flanc Ouest du volcan.

Depuis le 17 jusqu'au 28 l'activité strombolienne fut relativement faible, la hauteur des projections variant entre 50 et 100 m.

Le 23 une émission de laves se produisit au Sud-Est du volcan, au pied de la falaise du Phare des Capelinhos. Elle termina le 24 au matin.

Le 28 l'activité strombolienne augmenta de nouveau, les projections atteignant environ 350 m de hauteur. Une cheminée sous marine s'ouvrit au large de la côte Nord donnant des projections de lave incandescente jusqu'à une hauteur de près de 20 mètres. Cette activité augmenta les jours suivants.

Le 29 et le 30, l'activité strombolienne se réduisit considérablement, les projections ne s'élevant pas au-dessus des bords du cratère. Mais le 31 les jets augmentèrent de nouveau jusqu'à 300 m de hauteur. La cheminée sous marine cessa de fonctionner. Mais une émission de laves se produisit au Nord-Est.

c) — Les phénomènes effusifs

Pendant le séjour de la Deuxième Mission Géologique dans l'île de Faial il fut possible d'observer divers aspects des phénomènes effusifs. En premier lieu les coulées de laves consolidées des éruptions antérieures ont pu être visités. En deuxième lieu, le 23 Août une émission de lave s'étant produite au pied de la falaise du Phare de Capelinhos, il fut possible d'en observer tous les détails. Enfin, avant le départ de la Mission il fut possible d'observer, au cours d'une reconnaissance en bateau, une émission de laves sortie du cratère du volcan et qui se précipitait dans la mer.

L'examen des laves consolidées a montré que les émissions ne provenaient pas toujours du cratère du volcan. Très souvent elles se produisaient sur l'un des flancs de l'appareil volcanique et parfois assez loin de son centre, comme ce fut le cas pour la coulée du Phare de Capelinhos.

En général les laves sortaient par une fissure, souvent étroite. Elles étaient relativement fluides et avaient tendance à s'étaler, aussitôt sorties, si le terrain le permettait. La consolidation était assez rapide sur les bords de la coulée et beaucoup moins au centre où le courant était plus fort.

La coulée surgie au pied de la falaise du Phare de Capelinhos est très instructive. Le 23 Août, au matin, une fissure s'ouvrit au milieu des cendres sur le flanc Sud-Est de l'appareil volcanique (Pl. XXII, fig. 2, 4). Tout au pied de ce dernier, dans la dépression qui longeait la falaise du Phare, le sable volcanique noir se souleva en se craquelant et en formant une petite butte arrondie (Pl. XXII, fig. 4). Sur la périphérie de cette dernière la lave apparut en se consolidant rapidement. Puis une bouche plus ou moins circulaire s'ouvrit, dont le diamètre était de l'ordre de 2 mètres. La lave commença à en sortir en gros bouillons, coulant dans la dépression voisine en direction du Sud, le long de la falaise déjà citée.

Au bout de quelques heures la coulée présentait les caractéristiques suivantes :

Un courant de lave incandescente, portée au rouge blanc, sortait de la bouche d'émission (Pl. XXI, fig. 3; Pl. XXII, fig. 4) d'abord rapide (56 cm/sec d'après F. MACHADO, 1959) puis se ralentissant progressivement (1,8 cm/sec). Sur les deux bords latéraux de ce fleuve de feu, la lave était consolidée en scorie irrégulière (Pl. XXI, fig. 1) qui s'écoulait de temps en temps sous la pression de la masse en fusion dont le niveau était plus haut que celui du sable environnant la coulée (Pl. XXI, fig. 2). La lave consolidée des bords de la coulée contenait la masse en fusion. Elle présentait vers l'extrémité de la coulée un aspect très irrégulier avec de nombreuses pointes saillantes en forme d'aiguilles ou de fers de lances (type « a-a »).

En arrivant dans une partie plus large et plus plane de la dépression comprise entre l'appareil volcanique et la falaise du Phare de Capelinhos, à peu près à mi-distance entre le Phare et Porto do Comprido, la coulée s'étalait en largeur. Le courant de lave incandescente diminuait de vitesse et finissait par se stabiliser. De ce fait, une croûte scoriacée avait pu se former. Cependant la lave en fusion continuait à progresser en dessous de cette dernière (0,045 cm/sec), ce qui avait pour résultat d'ouvrir des fissures et des craquelures de formes diverses qui se refermaient pour se rouvrir encore. Dans sa partie terminale, la surface de la coulée était constituée toute entière par un entassement de pointes aigües (Pl. XXI, fig. 4; Pl. XXII, fig. 1, 3). La lave paraissait immobile mais des écroulements successifs de scories indiquaient l'existence d'un mouvement lent. En même temps le sable volcanique noir était soulevé et présentait des boursofflures le long du front d'avancée, indiquant une poussée progressive mais lente (Pl. XXII, fig. 3).

De la surface scoriacée se dégageaient de nombreuses fumerolles. La chaleur était intense. Très heureusement, un fort vent du Nord, relativement froid, qui soufflait ce jour-là, permit à la Mission d'approcher de la coulée et d'en tirer des blocs de lave encore pâteuse (Pl. XXI, fig. 2) qui permettaient de mouler des pièces de monaies.

Les conditions étaient telles qu'il était possible de s'approcher, à peu près sans danger, jusqu'à une distance d'environ 1,50 m du point de sortie de la lave en fusion. De cette façon des photographies ont pu être prises. Celle que nous donnons (Pl. XXI, fig. 3), est légèrement tremblée par suite de l'air chaud qui s'élevait devant l'appareil.

Pendant la nuit le spectacle de la coulée en marche était des plus spectaculaires (Pl. XXVII, fig. 3, 4). Le fleuve de feu coulait rapidement jusqu'à une certaine distance de son point d'émission. Sa marche devenait ensuite plus lente et sa couleur devenait plus foncée. Plus loin, dans la partie où il s'immobilisait, la lave en fusion ne pouvait être vue que dans les nombreuses craquelures et crevasses qui s'ouvraient et se refermaient successivement au milieu de la surface scoriacée de la coulée (Pl. XXVII, fig. 2).

Dans la soirée le vent était tombé, ce qui permit aux gaz toxiques et notamment à l'oxyde de carbone de s'accumuler dans certains replis de terrain, au pied de la falaise du Phare, raison pour laquelle certains spectateurs ont senti plus tard des symptômes indiquant un commencement d'intoxication.

Pendant que la coulée de lave progressait, le volcan était en plein fonctionnement (activité strombolienne modérée), des cendres et des petites scories tombant autour du Phare et même dans le voisinage des premières maisons de Capêlo.

Après avoir étudié de près la coulée qui vient d'être décrite, la Mission eût le loisir d'observer en bateau l'émission de laves qui eût lieu le 30 août sur le flanc Nord du volcan. Ce jour là deux phénomènes purent être notés.

En premier lieu il fut possible d'observer le fonctionnement d'une cheminée sous-marine située à quelques centaines de mètres au Nord du cône volcanique (Pl. XXIII, fig. 2, 4). Un haut panache de fumées blanches de vapeur d'eau en sortaient. De temps en temps des explosions se produisaient lançant hors de l'eau des blocs de lave incandescente et des pierres jusqu'à 20 ou 30 m de hauteur.

Les explosions étaient nettement senties sur la coque de la vedette qui conduisait la Mission et l'eau était en ébullition sur un assez grand rayon autour de ce centre d'éruption. La Mission put s'approcher sans grand danger jusqu'à une distance d'environ 150 m de ce dernier.

Tandis que cette cheminée sous-marine était en train de fonctionner, une forte émission de laves sortait du cratère du volcan, coulant sur son flanc Nord et se précipitant dans la mer (Pl. XXIII, fig. 1, 2, 3). Vu du bateau, le fleuve de lave semblait avoir une quarantaine de mètres de large. Au milieu de cette coulée on voyait quatre courants de lave incandescente, rouge, formant des méandres larges. En arrivant au bord de la falaise la lave au rouge tombait en cascades dans l'océan, en dégageant d'abondantes fumées blanches et en produisant

un crépitement continu (Pl. XXIII, fig. 3). Vers le haut de la pente, une bouche secondaire laissait sortir des flammes et de temps en temps, lançait quelques scories.

À la pointe Nord-Ouest de l'appareil volcanique, un champ de laves consolidées, plus anciennes, émettait encore des fumerolles. Les pentes de l'appareil volcanique, constituées surtout par des matériaux de projection, émettaient çà et là des fumerolles. L'une d'elles se dégageait d'une extrusion de lave, probablement une digitation, visible à mi-versant et qui ne devait pas avoir plus de 10 à 15 m de haut sur 5 à 6 m de large. Après cet aperçu de l'activité volcanique observée par la deuxième Mission, nous analyserons les phénomènes qui se sont déroulés pendant l'ensemble de la période considérée.

Phase séismique

La période décrite a commencé le 12 Mai 1958 par un bradyséisme. Ce jour là à partir de 18 heures la terre a commencé à trembler, les secousses se succédant parfois à intervalles de 30 secondes. Le séisme continua à augmenter progressivement pendant la nuit, son intensité variant entre I et VII.

Le 13 Mai à partir de 0 heures l'intensité observée fut de IX à Ribeira Funda et Praia do Norte (destruction totale Pl. XXXII, fig. 1 à 4; Pl. XXXIII, fig. 1, 3, 4), VIII à Ribeira do Cabo (Pl. XXXIII, fig. 2), VII à Capêlo. Dans tout le reste de l'île elle ne dépassa pas le degré V. Le foyer du séisme se serait trouvé à une profondeur de l'ordre de 1 km. Un fait important est à souligner: il n'y eût à déplorer, au cours du séisme ni morts ni blessés. Ceci est entièrement dû aux mesures rapides et appropriées qui furent prises par les autorités.

L'Ingénieur Frederico Machado, Directeur des Travaux Publics du District de Horta, avait suivi le développement du séisme. Les sismogrammes de l'observatoire de Horta lui avaient montré que les secousses croissaient en fréquence et en intensité.

Au cours d'une de ses tournées d'inspection il put vérifier que l'épicentre du séisme se trouvait localisé à l'Ouest du Massif de la Caldeira, possiblement au voisinage du Cabeço do Fogo qui avait donné une éruption en 1672. Le séisme ressemblait étrangement, quoiqu'en beaucoup plus fort, à celui qui avait précédé, en Septembre 1957, l'éruption du volcan de Capelinhos. Il semblait donc qu'une fois de plus une éruption allait se produire d'un moment à l'autre dans la région atteinte par celle de 1672.

Pour éviter ce qui s'était produit à cette époque, où un groupe d'habitants avait été isolé par les laves dans la partie la plus occidentale de l'île (Canto), l'Ingénieur Frederico Machado a informé téléphoniquement le Gouverneur, Dr. Freitas Pimentel, pour le prévenir de ce qui se passait et en lui demandant de faire évacuer d'urgence toute la population de la région menacée.

L'ordre d'évacuation a été immédiatement donné en même temps que tous les transports disponibles étaient mobilisés et acheminés sans demeure vers les différents villages et habitations existant dans cette région. Chaque entité officielle a été ainsi chargée de l'évacuation d'une zone déterminée avec mission de faire sortir immédiatement de l'intérieur des maisons tous ceux qui s'y trouvaient et sans emporter quoique ce soit. Il était temps! Quelques instants plus tard les maisons commençaient à s'écrouler.

L'évacuation s'est faite dans le plus grand ordre, au milieu d'une résignation générale et d'un grand sang froid où plus d'un a dû se sentir petit en roulant on en marchant de nuit sur des routes, dont le sol se dérobaît à chaque pas.

Dans le courant de la journée du 13 les séismes allèrent en décroissant. D'après l'Ingénieur FREDERICO MACHADO [1959] il y aurait eu le 12 et le 13 Mai 450 secousses séismiques. Il y en aurait eu 580 jusqu'au mois de Juin.

Le 14 Mai la fréquence des séismes diminua encore. Mais pendant la nuit il y en eût encore 6, dont le plus intense à 1h,35, atteignit l'intensité VII à Capêlo et IV à Castello Branco.

De nombreuses crevasses se sont ouvertes pendant les séismes, dont quelques unes présentant des rejets de plusieurs dizaines de centimètres (Pl. XXX et XXXI). Dans le grand

cratère de la Caldeira, plusieurs fissures s'étant ouvertes sur le fond de la lagune, l'eau de celle-ci y pénétra. Arrivée dans une zone profonde surchauffée par la proximité du magma, une grande explosion se produisit, lançant des pierres à une très grande hauteur et saupoudrant tout le voisinage d'une poussière blanche très fine. La moitié orientale de la lagune se dessécha. En même temps plusieurs ouvertures de forme circulaire ou ovale se formèrent, laissant sortir des fumées, des vapeurs sulfureuses et des jets de boue s'élevant, pendant les jours qui suivirent l'explosion, à une hauteur de plus de 30 m.

Les crevasses, ouvertes au moment des séismes de mai, semblent être le résultat du jeu de failles plus anciennes. Quelques unes s'étendent sur plusieurs kilomètres de long. Elles ont continué à jouer assez longtemps après le séisme principal, leurs lèvres se rapprochant ou s'écartant selon les cas. Le rejet de certaines de ces crevasses était de l'ordre de plusieurs dizaines de centimètres, leur largeur pouvant, dans certains cas, être supérieure à un mètre. Il a été possible, ainsi, de noter que le jeu des fissures s'est prolongé en diminuant progressivement jusque vers le 30 Juin, c'est à dire un mois et demi après le séisme.

Le bradyséisme du 12 au 14 Mai a marqué un changement notable de régime dans le comportement du volcan. Après cette date, l'activité semble s'être régularisée en devenant moins intense. En même temps les laves ont recommencé à couler, leur émission se poursuivant jusque vers le milieu d'Octobre, date à laquelle l'activité volcanique s'est arrêtée.

Les résultats du séisme ont été étudiés par l'Ingénieur Frederico Machado qui a montré d'une part que l'épicentre du séisme était localisé sur le versant occidental du Massif volcanique de la Caldeira. Il a pu montrer également que toute cette zone s'est affaissée, le maximum d'affaissement ayant atteint dans certains cas une valeur de l'ordre de 2 m. Au Nord et au Sud de la zone citée il y eût relèvement d'importance variable, ayant atteint une valeur maximum de l'ordre de 1 m,50.

En dehors des séismes cités jusqu'ici, il y eût à diverses reprises de petites secousses dont l'intensité a été de III et très souvent une vibration d'origine volcanique nettement sentie sur la périphérie du volcan, dans le voisinage du phare de Capelinhos et sur le Costado da Nau. Nous citerons, entre autres, les vibrations qui se sont faites sentir les 15 et 21 Octobre et qui furent concomitantes avec des sorties de laves d'une certaine importance.

Phase volatile et aérienne

Pendant la période considérée, marquée par une activité strombienne plus ou moins développée, il a été possible d'observer des fumées blanches et des fumées de teinte brune ou noirâtre, ces fumées apparaissant généralement dans l'intervalle entre deux périodes d'activité explosive. Les fumées blanches ont accompagné souvent les émissions de laves, pouvant être plus ou moins denses suivant les cas. À leur tour, les laves incandescentes, entrant dans la mer, ont provoqué la formation de grands nuages de fumées blanches constituées par la vapeur d'eau et qui arrivaient même à envelopper complètement l'appareil volcanique.

Des cheminées secondaires surgies, en mer, au Nord de l'appareil volcanique, ont donné de grands panaches de fumées blanches (b^1), des bouffées, des anneaux etc. et des tourbillons (b^2). Des émissions de gaz enflammés (a^1), sorties de bouches secondaires ouvertes sur les versants du cône central, ont été notées pendant les périodes d'éruptions, tandis que des vapeurs bleues transparentes ont pu être observées quelquefois sur les flancs du cône pendant les phases de calme.

Les effets volcaniques légers ont été notés à diverses reprises (C-1) ainsi que d'autres, forts, au cours desquels l'effet de concussion aérienne a été senti. Ces derniers effets ont été sentis fréquemment au cours des mois de Septembre et Octobre 1957. Des détonations ont été entendues. Mais dans la plupart des cas il a été impossible de les distinguer des autres explosions qui se produisaient à l'intérieur du volcan.

Phase fragmentaire

A — Produits issus de la lave active

Cette phase a été représentée, pendant la période étudiée, par toutes les catégories indiquées sur le graphique de Perret, à l'exception des nuées ardentes.

Aussitôt après le grand séisme de Mai 1958, un lac de lave se forma le 14 mai à l'intérieur du cratère. En même temps des fontaines et des jets de lave (a-1) s'y produisirent (Pl. XI, fig. 1 à 4; Pl. XXIV, fig. 1 et 2; Pl. XXV, fig. 2 et 3; Pl. XXVI, fig. 1) atteignant 100 m de hauteur le premier jour, 600 m le 15 Mai et diminuant ensuite progressivement au cours des journées suivantes. On a ainsi l'impression que la lave remontée jusqu'à la surface, sous forte pression pendant les premiers jours, a continué à sortir ensuite suivant un régime plus régulier.

La présence de « cheveux de Pelé » (a-2) a été observée ainsi que celle de « limu » et de « larmes de Pelé ».

Le sable vitreux (b-1) était abondant, ainsi que les scories et les lapillis (b-2), les bombes volcaniques (b-3) et autres projectiles. Comme il a été dit, certains de ces derniers étaient représentés par des paquets de laves liquides qui en tombant s'applatissaient à la façon des « bouses de vache » et s'éparpillaient. Enfin la présence de matériel ponceux (C-1) a été constante.

B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux

Cette phase a été fonction de l'activité strombolienne, sensiblement plus régulière que celle des périodes antérieures au 12 Mai et également moins intense. Les jets noirs en forme de fer de lance ont été rares et observés presque uniquement durant le fonctionnement de cheminées secondaires sous-marines (Pl. IX, fig. 1; Pl. XII, fig. 1). Le matériel expulsé par celles-ci sortait de l'eau à l'état incandescent et se trouvait projeté jusqu'à une hauteur de 50 mètres environ.

De telles cheminées ont surgi notamment le 26 Juillet, le 30 Août (Pl. XXIII, fig. 2 et 4), le 16 Septembre et le 28 Septembre.

Les projections éjectées par le cratère central étaient représentées par des pierres incandescentes, par des bombes, par des paquets de lave liquide (b-1), etc. Le matériel était plus ou moins abondant, selon la violence des explosions. Il était éjecté tantôt par une seule bouche et tantôt par deux ou plusieurs, fonctionnant au même moment ou séparément. Parmi celles-ci quelques unes étaient situées dans l'intérieur du cratère principal, d'autres sur les flancs extérieurs du cône central et d'autres enfin en mer, à quelques centaines de mètres au Nord du cône volcanique.

Des volutes de fumées brunes ou noirâtres n'étaient pas rares dans les intervalles entre les phases explosives (a).

Phase effusive

À partir du 14 Mai 1958 la phase effusive est entrée dans une période de grande activité. Elle s'est développée ultérieurement en subissant diverses variations et s'est terminée par une émission désordonnée de laves, issues de différentes bouches et qui se sont généralement précipitées dans la mer, spécialement sur les flancs Ouest et Nord du volcan (Pl. XVII).

Au cours de cette période il a été possible d'observer les phénomènes suivants:

Le 15 Mai à la fin du grand séisme de Mai 1958, la lave est apparue en formant un lac à l'inférieur du cratère. Comme il a été dit plus haut, cette apparition de lave fut accompagnée par des jets qui montèrent, le deuxième jour, jusqu'à une hauteur de 600 m. La lave continuant à monter dans l'intérieur du cratère déborda au NW pour couler dans la mer. Ces coulées se poursuivirent les jours suivants.

Après le 1^{er} Juin il y eût quelques interruptions dans l'émission des laves qui reprit avec plus de force en Août et qui s'amplifiait au cours des semaines suivantes: pour atteindre son maximum d'émission en Septembre et Octobre.

Une seule fois la lave apparut au SE du volcan, au pied de la falaise du phare de Capelinhos. Toutes les autres coulées se placent sur les flancs de l'appareil, au Sud-Ouest (Pl. XXVII, fig. 1), au Nord-Ouest (Pl. XXIV, fig. 4), au Nord (Pl. XXIX, fig. 2) et au Nord-Est. Ces divers coulées appartiennent aux catégories « coulées terminales » (c) et « coulées latérales » (d). Une même coulée se présentait sous les deux types « pahoehôé » et « a-a » suivant que l'on se trouvait dans une partie où le courant de la lave était rapide ou dans une autre, terminale, où ce dernier était très lent.

Il n'a pas toujours été possible d'observer la présence d'émissions de laves, lorsque ces dernières se produisaient du côté Nord ou Nord-Ouest du cône qui les cachait aux regards des observateurs, surtout lorsque l'activité strombolienne était forte et ne permettait pas à ces derniers de s'approcher du cône volcanique central.

La luminosité à l'intérieur du cratère ou « crater glow » (b) a été observée à différents moments, spécialement pendant la nuit. Son intensité a été variable et fonction, non seulement de la présence de laves à l'intérieur du cratère ou bien de flammes, mais aussi des conditions de l'état atmosphérique du moment, qui parfois ne permettaient pas une bonne observation du phénomène.

Phase électrique

Pendant les périodes les plus violentes de l'activité strombolienne, des éclairs volcaniques se sont produits, beaucoup plus rares cependant que pendant l'époque antérieure au 12 Mai. Des détonations de deux types ont été entendues, les unes comme des craquements secs et les autres comme des coups de tonnerre lourds.

Phase solfatarienne

Cette phase a été représentée par des fumerolles du premier type (a) développées sur les flancs de l'appareil principal et dans l'intérieur du cratère. Ces fumerolles étaient généralement localisées sur le passage de fissures et de crevasses, comme aussi dans certaines bouches secondaires. Elles étaient surtout visibles pendant les phases calmes. Des fumerolles du deuxième type (b) furent observées à la surface des coulées de lave, fraîchement consolidées, parfois longtemps après leur consolidation.

Phase de dégradation

Pendant la période étudiée, la phase de dégradation s'est réduite à des modifications intérieures du cratère et des bords du cône central en fonction des diverses éruptions (explosions, coulées de lave, fissures, etc.). Le détail de ces modifications n'a pu être observé de jour en jour.

Ce type de dégradation a été complété par l'action des précipitations, notamment des pluies torrentielles qui s'abattirent sur la région, surtout au commencement de l'automne et aussi par l'abrasion marine qui s'est fortement exercée sur les plages constituées par des sables volcaniques, ainsi que sur les versants du cône principal formé par des matériaux de projection.

C — PÉRIODE DU 25 OCTOBRE AU 30 NOVEMBRE

Pendant cette période les phénomènes observés se sont réduits d'une part à l'activité fumerolienne et d'autre part à quelques dégradations sur les bords du cratère.

Deux observations réalisées successivement le 2 et le 6 Novembre ont montré une solidification progressive de la lave dans l'intérieur de la cheminée du volcan. Le 2 Novembre

le fond du cratère présentait en son centre une zone circulaire de lave incandescente, calme, dont le diamètre était de l'ordre de 10 m. Le 6 Novembre cette zone était encore visible mais l'incandescence avait fortement diminué.

Phase solfatarienne

Pendant la période considérée l'activité solfatarienne a comporté le dégagement de nombreuses fumées blanches dans l'intérieur du volcan et sur les flancs du cône volcanique central (premier type) et des fumerolles se dégageant des laves qui avaient été émises au cours des semaines précédentes et dont la surface était déjà consolidée (deuxième type).

Une seule fois, le 28 Octobre, des fumées bleuâtres ont été observées par Tomás Pacheco et signalées dans son rapport quotidien.

L'activité plus ou moins intense des fumerolles a été subordonné non seulement à la pression intérieure des gaz et des vapeurs, mais encore aux conditions atmosphériques du moment. Après la fin des éruptions le cône volcanique central reprenait une teinte jaune en raison des efflorescences de soufre qui se formaient. Une forte odeur d'anhydride sulfureux et d'hydrogène sulfuré se faisait sentir par moments.

Phase de dégradation

Des pluies torrentielles sont tombées au cours de la période considérée et spécialement les 25 et 26 Octobre occasionnant des dégâts dans la région. L'abrasion marine, à son tour, attaquant la plage constituée par du sable volcanique, a contribué à modifier son contour en acheminant, par action des courants, tous les éléments fins le long de la côte en direction de Varadouro.

Sur l'appareil volcanique lui-même des tassements et des glissements de terrain se sont produits. À la suite des fissures ouvertes sur les bords du cratère, des effondrements se produisirent le 2 et le 10 Novembre vers l'intérieur de ce dernier, comblant plusieurs bouches volcaniques secondaires éteintes.

À la date où nous écrivons ces lignes il est difficile de dire quel sera le futur du volcan. Se réveillera-t-il encore où bien s'éteindra-t-il définitivement? — Il est encore tôt pour le dire. L'observation du graphique de l'activité volcanique, marquée par la hauteur maximum des jets de projection, nous montre qu'il y eût une nette rupture de cette activité au moment du grand séisme de Mai 1958. Jusque là il s'agissait essentiellement d'activité explosive. Après cette date celle-ci se réduisit considérablement, faisant place à une activité effusive, peut-on dire « débordante », surtout dans les dernières semaines de Septembre et pendant tout le début d'Octobre.

L'arrêt complet de toute activité volcanique à l'exception de l'activité fumerollienne, semble indiquer que le calme doit se prolonger et que le volcan doit entrer dans une période de sommeil dont il est difficile de prédire la durée. Par comparaison avec les éruptions connues des autres volcans açoriens, il est possible de croire à une fin, en toutes choses comparable à celle des autres.

Que restera-t-il de l'appareil volcanique actuel? — Nous pensons que les matériaux de projections, rongés par la mer, vont disparaître, peu à peu emportés par les courants et acheminés vers l'Est le long de la côte. Au contraire une partie des laves issues du volcan doivent subsister sous forme de récifs, plus ou moins développés, prolongeant la pointe occidentale de l'île de Faial sur le grand alignement volcanique passant par les appareils qui se dressent entre le Massif de la Caldeira et le volcan actuel des Capelinhos, surgi le 27 Septembre 1957. Après avoir passé en revue les caractéristiques de l'activité volcanique depuis le 17 Décembre 1957 jusqu'au 30 Novembre 1958, il nous a semblé intéressant de tracer le diagramme de cette activité en prenant jour à jour la hauteur maximum atteinte par les jets de scories et de pierres sortant du cratère et qui nous montre en quelque sorte

les variations quotidiennes de la pression à l'intérieur de la cheminée du volcan. En examinant les diverses valeurs ainsi obtenues il nous a été possible d'établir la courbe des moyennes, qui nous donne pour la période indiquée la distribution des maxima et des minima de l'activité du volcan.

Nous remarquons ainsi qu'au début de Novembre 1957 avec l'apparition de la troisième île, une période de grande activité a commencé, se prolongeant jusqu'au 21 Janvier 1958, faisant croître le volcan et donnant lieu au raccord de la nouvelle île formée avec la côte de l'île de Faial. La courbe des maxima montre de grandes oscillations, les écarts les plus importants ayant été observés en Décembre et en Janvier. Comme il a été déjà dit, c'est au cours de cette période qu'eût lieu la première émission de laves. Le 7 Décembre les jets de scories atteignirent une hauteur de 1250 m. D'autres, un peu moins hauts, atteignirent 1200 m le 8 Janvier.

En examinant la courbe des moyennes on vérifie la présence de trois maxima qui se situent respectivement entre le 5 et le 9 Décembre, entre les 18 et 29 Décembre 1957 et entre les 7 et 19 Janvier 1958. Ces trois maxima sont séparés par deux minima localisés, sur la courbe entre les 16 et 18 Décembre et entre le 29 Décembre et le 4 Janvier. C'est au premier de ces minima que correspond la première émission de laves qui dura du 17 au 22 Décembre.

À partir du 21 Janvier jusqu'au 11 février il y eût une période d'activité volcanique plus régulière et plus réduite, les jets maxima de scories ne dépassant pas 650 m de hauteur. La courbe des maxima montre des écarts infiniment plus réduits que ceux de la période antérieure. De petites émissions de laves se produisirent les 31 Janvier, 1, 2, 3, 7 et 8 Février. Entre le 11 Février et le 1^{er} mars, l'activité volcanique redevint plus intense. La courbe des hauteurs de projections montre deux paroxysmes qui se sont produits respectivement les 19 et 27 Février, au cours desquels les jets les plus élevés atteignirent 1300 et 1450 m de hauteur. Au cours du 20, 21 et 22 février les conditions atmosphériques n'ont pas permis d'évaluer la hauteur des projections.

Entre le 1 et le 18 Mars l'activité volcanique s'est montrée assez réduite. Mais le 19 Mars une grande éruption se produisit, lançant des scories et des pierres jusqu'à 1800 m de hauteur!

Après ce court paroxysme l'activité volcanique redevint beaucoup plus régulière avec tendance à diminuer jusqu'au 12 Mai, les phases d'activité plus grande alternant avec d'autres d'activité plus réduite. On peut ainsi noter sur la courbe des moyennes, la présence de 5 maxima ne dépassant 750 m de haut.

Le 12 Mai une chute brusque de toute activité volcanique se produisit. Ce fut le prélude du grand séisme qui se produisit le 12 et se prolongea jusqu'au 14 Mai. Ce séisme dont les effets furent terrifiants marque une interruption très nette dans le régime de fonctionnement du volcan.

À la fin du séisme une émission de laves commença, en donnant des fontaines qui, le premier jour, atteignirent 600 m de hauteur, diminuant progressivement pour atteindre 400 m le 21 et 300 m le 28. Cependant les émissions de lave devinrent à peu près constantes sur les flancs du volcan, sortant par diverses bouches secondaires et ne cessant que pendant de courts intervalles entre le 27 et le 24 Juin, puis entre le 29 Juillet et le 10 Août.

Après cette date la sortie des laves fut presque continue, atteignant son maximum d'émission en Septembre et en Octobre. Le 25 Octobre toute activité éruptive cessa définitivement. Seul le fonctionnement des fumerolles continua jusqu'au jour où nous écrivons ces lignes.

Pendant toute la période allant du 12 Mai au 25 Octobre, la hauteur des jets de scories a été relativement faible ne dépassant pas les maxima de 600 à 700 m. Pendant le même moment les oscillations positives de la courbe des moyennes ne dépassèrent pas 300 m.

Avant de terminer le présent rapport, il nous reste à considérer une dernière fois le volcan de Capelinhos, sous l'aspect qu'il avait en Novembre 1958, c'est à dire après la fin de l'éruption, qui eût lieu le 25 Octobre de la même année.

D'après les informations qui nous ont été données et spécialement d'après le plan levé par l'Ingénieur Frederico Machado, on voit que toute la partie Est et Sud de l'appareil volcanique s'est maintenue telle que nous l'avions vue en Août 1958. Elle est essentiellement constituée par des matériaux de projection, coupés en falaise au NE et au SW.

La partie la plus élevée du volcan est constituée par un cône qui atteint 160 m d'altitude et qui porte à son sommet un cratère plus ou moins ovale.

Des flancs du cône central se dégagent de nombreuses fumerolles. Sur sa périphérie on note, à l'Est et au Sud, la présence d'une dépression ou atrium, limitée elle-même par les restes d'une «somma», représentés par deux buttes allongées. Celle de l'Est a une altitude de 150 m. Celle du Sud a 115 m. Entre les deux une dépression plus ou moins circulaire correspond à un affaissement.

Au SW du cratère principal un cratère secondaire (Boca Oeste) a donné une émission de laves qui ont coulé vers le NW (champ de laves NW). Sur sa périphérie on note la présence de diverses fumerolles.

Sur les flancs et sur la périphérie du volcan de Capelinhos on observe la présence d'un certain nombre de coulées de lave solidifiées.

Au Sud-Est la seule coulée existante est celle du 25 Août, localisée au pied de la falaise du phare de Capelinhos. Elle s'est épanchée vers le Sud, mais sans cependant atteindre le Porto do Comprido.

Au SW deux petites coulées sont issues, le 31 Juillet et le 23 Août, de fissures ouvertes dans la falaise des projections qui forment le cône volcanique. La première a été partiellement recouverte par une coulée issue le 21 Octobre du voisinage du cratère secondaire déjà cité au SW du cône central.

Au Nord d'abondantes coulées se sont produites de Juin à Octobre (champ de laves Nord), issues des flancs du cône central.

Enfin au NW des coulées extrêmement puissantes issues des flancs du cône central et du cratère secondaire, déjà cité au SW de ce dernier, ont formé de Mai à Octobre une large pointe dirigée vers le NW.

BIBLIOGRAPHIE GÉOLOGIQUE DE L'ÎLE DE FAIAL

- AGOSTINHO, J. (1934) — Sinopse do estudo de P. Esenwein sobre a petrografia dos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*. 7 p. Angra do Heroísmo.
- (1935) — Tectónica, sismicidade e vulcanismo das Ilhas dos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. I, p. 86-98. Angra do Heroísmo.
- (1936) — The volcanoes of the Azores Islands. *Bull. Volcanologique*, 1931, t. 14, n° 27-30, p. 123-138, 6 fig., 10 pl. Naples.
- (1955) — Relato da sismicidade dos Açores e história sísmica do arquipélago com vista principalmente à delimitação das zonas onde são de aconselhar maiores precauções anti-sísmicas nas construções. *Mem. Ordem dos Engenheiros*, n° 108 (Simpos. sobre acção de sismos... Com. n° 2), 4 p., 1 fig. Lisboa.
- ANÓNIMO (1958) — Rebirth of Azores volcanic Island. *Times Sci. Rev.*, n° 27, p. 9.
- BERTHOIS, L. (1953) — Contribution à l'étude lithologique de l'Archipel des Açores. *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. XXXIV, p. 5-198, 49 fig., 5 cartes, 13 pl. Lisboa.
- CANTO, E. (1881) — Erupção na Ilha do Fayal (Anno de 1672). *Arch. dos Açores*, vol. 3, p. 344-351 et 426-434.
- (1887) — Erupção no Capello, Ilha do Fayal (Anno de 1672) — suplemento, *Arch. dos Açores*, vol. 9, p. 425-432.
- ESENWEIN, P. (1929) — Zur petrographie der Azoren. *Zeit. Vulk.* vol. XII, t. 2/3, p. 108-227, 19 fig., pl. LIV-LVI. Berlin.

- FRIEDLANDER, I. (1929) — Die Azoren. *Zeit. Vulk.*, vol. XII, t. 2/3, p. 77-107, pl. XXVII — XLV + XLVI — LIII (Cartas). Berlin.
- (1934) — Os Açores (Trad. de J. Agostinho). *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*. 20 p. Angra do Heroísmo.
- HARTUNG, G. (1860) — Die Azoren in ihrer äusseren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur. 351 p. + 20 pl. (Atlas). Leipzig.
- KNECHT, S. (1959) — Der Vulkan von Capelinhos. *Kosmos. Deutsch.*, t. 55, n.º 3, p. 93-98, 10 fig.
- KREJCI-GRAF, F. (1956) — Vulkanologische Beobachtungen auf den Azoren. *Frankfurter Geographische Hefte*. 30 Jahrgang 1956, Einziges Heft, 30 p., 45 fig. Frankfurt a. Main.
- LACERDA FORJAZ, V. (1958) — Relatório da II Viagem de Estudo e Confraternização às Ilhas do Faial e Pico. *Liceu Nacional de Ponta Delgada*, 17 p., 4 pl.
- MACEDO, A. L. S. (1871) — História das quatro ilhas que formam o Distrito da Horta, vol. I *Typ. de Graça Jr.* Horta.
- MACHADO, F. (1948) — Frequência dos sismos sentidos nas Ilhas do Faial e do Pico. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. IV, p. 236-245. Angra do Heroísmo.
- (1951) — Perda de calor em câmaras magmáticas dos Açores. *Açoreana*, vol. V.
- (1954) — Natureza das deformações da crosta nos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. V, p. 175-182. Angra do Heroísmo.
- (1955) — Alguns aspectos da sismicidade dos Açores. *Mem. Ordem dos Engenheiros*, n.º 107 (Simpos. sobre acção de sismos... Comun. n.º 1). 6 p., 5 fig. Lisboa.
- (1955) — The Fracture Pattern of Azorean Volcanoes. *Bull. Volcanologique*, sér. II, t. XVII, p. 119-125, 4 fig. Naples.
- (1957) — Caldeiras vulcânicas dos Açores. *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. I, n.º 5, p. 275-278. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (Notícia preliminar relativa aos meses de Setembro a Dezembro de 1957). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. II, n.º 4, p. 225-236, 5 fig., 6 pl. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (Notícia preliminar relativa aos meses de Janeiro e Abril de 1958). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. II, n.º 5, p. 305-315, 6 fig., 4 pl. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Variação secular do vulcanismo açoriano. *Bol. Nucleo Cultural do Norte*, vol. I, n.º 3, p. 225-235, 2 fig. Horta.
- (1959) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial. (Notícia preliminar relativa aos meses de Maio a Agosto de 1958). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. III, n.º 1, p. 40-55, 7 fig., 8 pl. Angra do Heroísmo.
- (1959) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (1957-58). *Reedição subsidiada pelo Governo Civil da Horta*. 51 p., 20 fig., 19 pl. Angra do Heroísmo.
- MENANT, G. (1958) — L'enfer des Açores. *Paris Match*, n.º 487, p. 32-37, 41-43, 13 fig. Paris.
- MENDONÇA DIAS A. A. DE (1959) — A crustal deforming agent and the mechanism of the volcanic activity in the Azores. *Bull. Volcanologique*, sér. II, t. XXI, p. 95-102, 5 fig. Naples.
- PARSONS, W. H. & MULFORD, J. W. (1959) — Capelinhos Volcano, Fayal Island, Azores. *Cranbrook Institute of Science. News Letter*, vol. 28, n.º 2, p. 10-21, 8 fig. Bloomfield Hills, Michigan.
- RIBEIRO, O. & SOEIRO DE BRITO, R. (1958) — Primeira notícia da erupção dos Capelinhos na Ilha do Faial. *Naturalia*. N.ºs 13-16, vol. VII, fasc. I-IV, p. 192-224, 3 fig., 14 pl. Lisboa.
- SCOFIELD, J. (1958) — A New Volcano Bursts from the Atlantic. *The Nat. Geog. Mag.*, vol. CXIII, n.º 6, p. 735-757, 21 fig. Washington.
- SERVIÇO METEOROLÓGICO NACIONAL (1958) — *Anuário Sismológico de Portugal*. N.º 11 (1957), 6 p. Lisboa.
- SOUSA CAMPOS, V. (1959) — Relatório sobre as últimas consequências da erupção dos Capelinhos e sobre a necessidade de providências complementares (*Direcção Geral dos Serviços de Urbanização. Melhoramentos Rurais*). 11 p., 1 photog. (Rap. inédit).
- SUZJUMOV, E. M. (1958) — Em russo (Un nouveau volcan aux Açores). *Priroda*, n.º 12, p. 99-101, 1 fig.
- TAZIEFF, H. (1957) — L'activité du volcanisme sous-marin: Quand une île surgit de la Mer... *Sciences et Avenir*, n.º 130, p. 618-622, 10 fig. Paris.
- (1958) — L'éruption 1957-1958 et la tectonique de Faial (Açores). *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. et Hydrol.*, t. LXVII, p. 13-49, 2 + 3 fig. 7 + 10 phot. Bruxelles.
- (1959) — L'éruption sous-marine de Faial (1957-1958). *Nature, Fr.*, n.º 3288, 145-151, 8 fig.
- VEIGA FERREIRA, O. DA (1957) — A erupção do vulcão dos Capelinhos. (Faial-Açores). *Bol. Soc. de Geografia de Lisboa*, Sér. 75, p. 355-359, 1 fig., 6 pl. Lisboa.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — Le fond de la Caldeira do Faial avec la lagune en voie de disparition (l'Aôut 1958).



Cliché: T. Pacheco
Fig. 2 — Chaudière naturelle en fonctionnement au fond de la Caldeira le 14/5/1958 après le séisme.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — Ravin recouvert par des hortensias (Vallée de la rivière de Valverde).

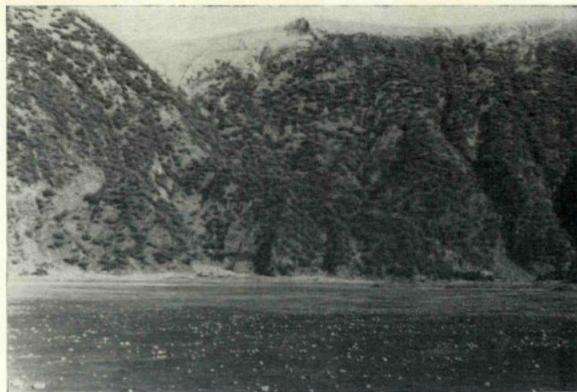


Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — Ravine sur les versants NE du Massif de la Caldeira.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — L'affleurement trachytique de Altar sur le bord SW de la Caldeira do Faial et les éboulements de Mai 1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Le fond de la partie abandonnée par la lagune après le séisme de Mai 1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Chaudières Naturelles surgies pendant le séisme de Mai 1958.



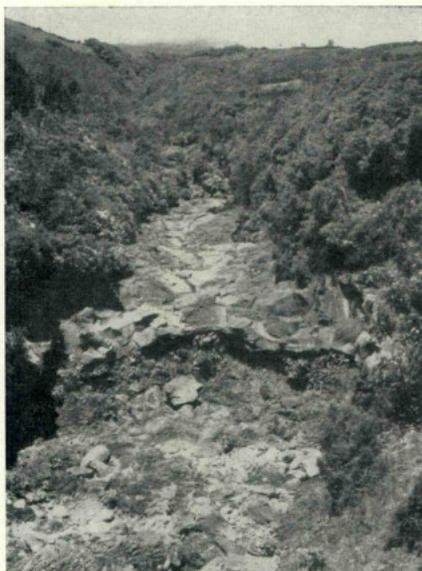
Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Détail d'une chaudière naturelle.



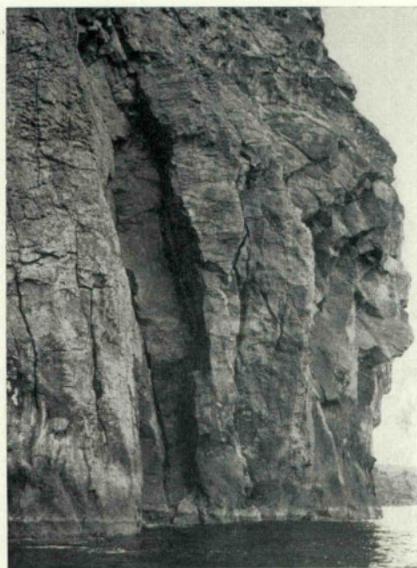
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Filon dans la falaise en dessous du volcan de Alto da Baleia, sur la côte Nord de Faial.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Le lit de la rivière de Flamengos en amont du pont de la route de Capêlo.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Le trachyte de la pointe de Castelo Branco.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Matériaux de projection sur la route de Ribeira do Cabo à Lombêga (17/6/1958).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — La vallée de Ribeirinha et la croupe de Espalhafatos.



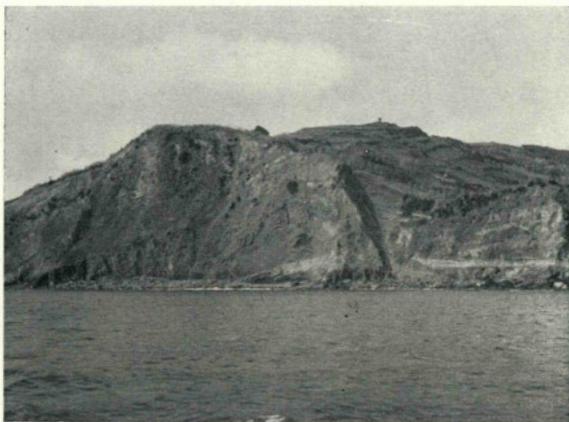
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — La vallée de Ribeira da Fonte Nova et l'escarpement de faille de la croupe de Alto da Pedreira.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Le gisement de végétaux fossiles au NE de Praia da Conceição.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — La falaise de Rocha Vermelha.



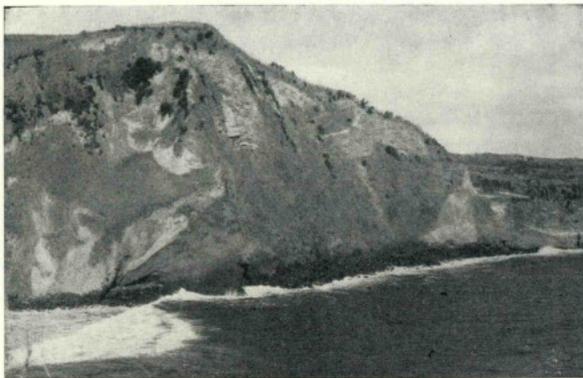
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Pedro Miguel, le gradin de Boa Vista et la croupe de Alto da Pedreira.



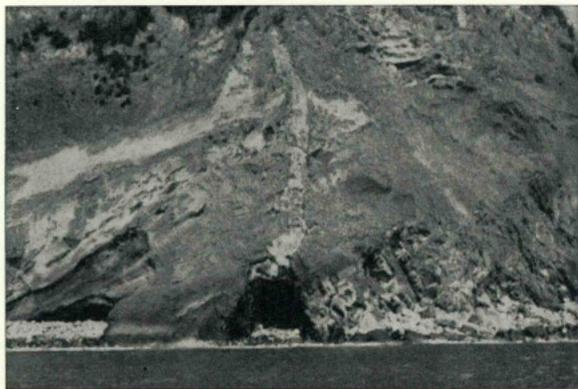
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Le bassin de Flamengos, le Monte Carneiro, le Cabeço do Dr. Neves et le volcan de quinta de S. Lourenço.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — La falaise de Rocha Vermelha.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Détail de la falaise de Rocha Vermelha.

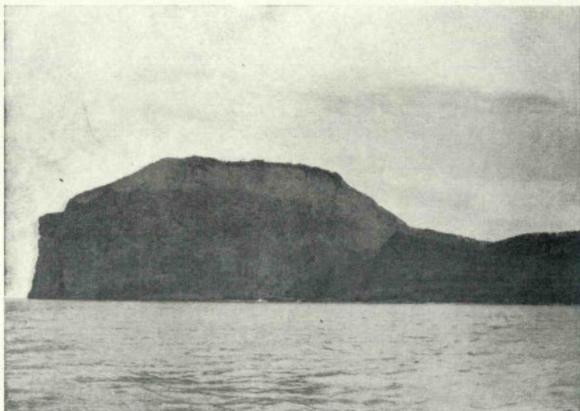


Fig. 1 — La cheminée trachytique de la pointe de Castelo Branco.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 2 — La baie de Horta, le Monte Queimado et le Monte da Guia.

Cliché: Mission Géologique

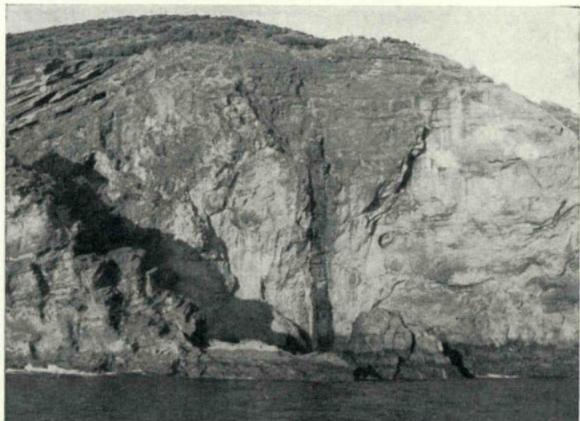


Fig. 3 — Filon coupant les projections du Monte da Guia.

Cliché: Mission Géologique

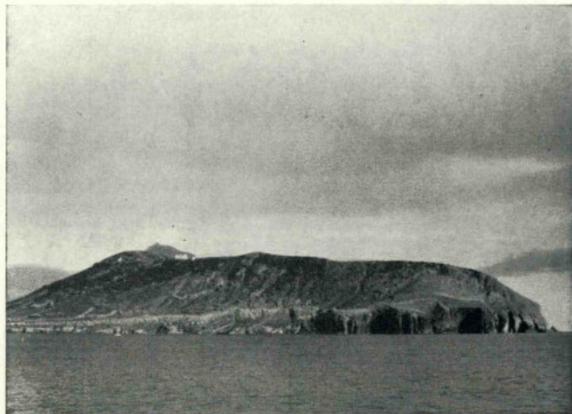


Fig. 4 — Le volcan du Monte da Guia.

Cliché: Mission Géologique

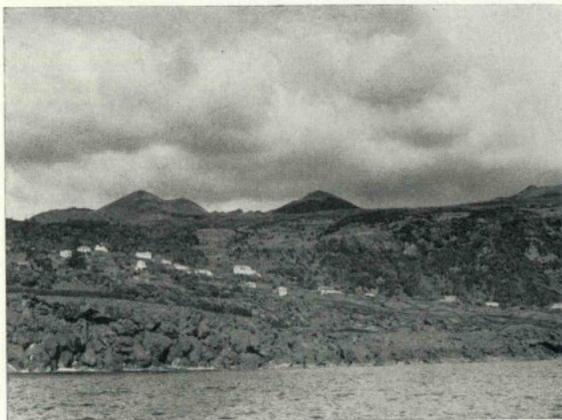


Fig. 1 — Le Cabeço do Fogo et la coulée de 1672 à Varadouro.



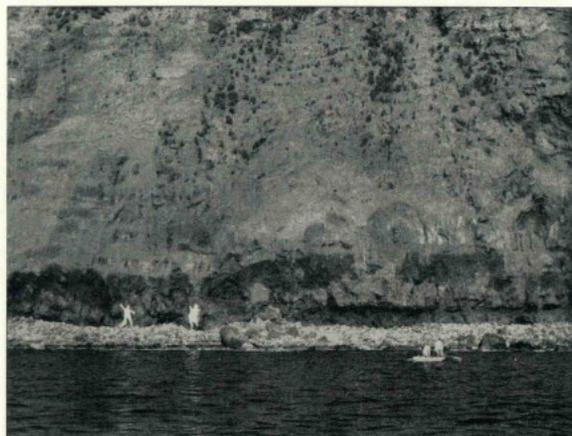
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — La coulée de laves du Cabeço do Fogo de 1672 entre Areiro et Cruzeiro Sul.



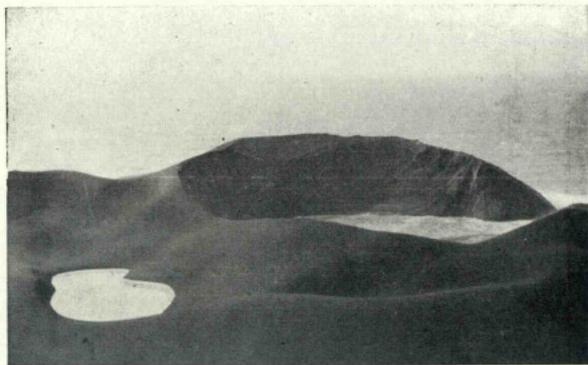
Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Brèche volcanique sur la route du Mirador de la Caldeira.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Les sources minérales de Varadouro avant les éboulements de Mai 1958.



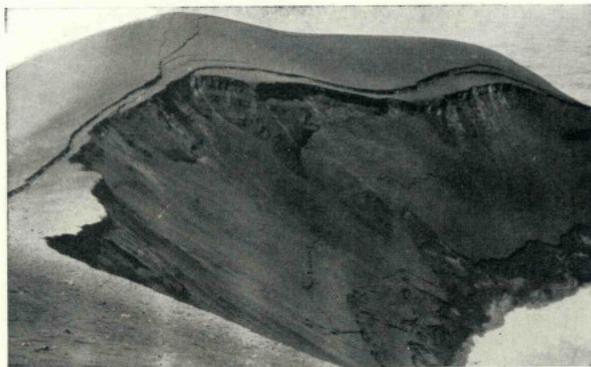
Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Le cratère du volcan pendant une phase de repos le 6/2/1958.



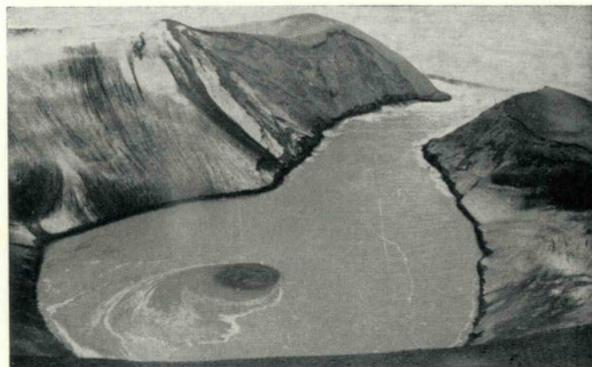
Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Le cratère, montre une zone d'ébullition pendant une phase calme le 9/3/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Glissements de cendres à l'intérieur du cratère le 20/4/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Pendant une période de calme l'eau de mer entre en tourbillonnant dans la cheminée ouverte au fond du cratère (14/4/1958).



Cliché: Jovial

Fig. 1 — Cheminée sous-marine en fonctionnement sur la côte Nord le 1/7/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Période calme dans le cratère envahi par la mer: fumées, eau en ébullition et projections poncuses flottant sur l'eau (19/1/1958).



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Jets à l'intérieur du cratère le 19/1/1958.



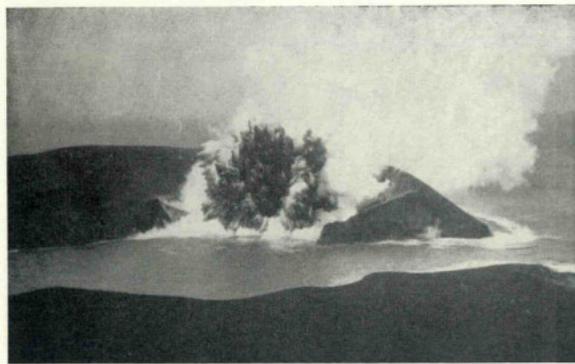
Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Petit jet de scories le 12/5/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Petit jet de scories dans le cratère inondé, le 23/1/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Jet de force moyenne au commencement d'une grande explosion, le 23/1/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Entrée de l'eau dans le cratère du volcan à travers les cendres, le 22/1/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Coulées de boue sur les flancs du volcan de 22/12/1957.



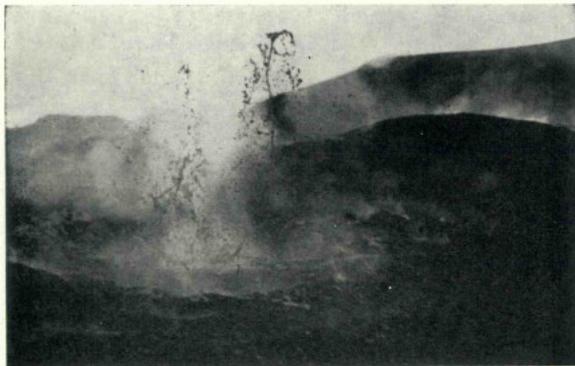
Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Jet de lave dans le cratère du volcan le 4/7/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Fontaine de lave dans un lac de laves le 15/5/1958.



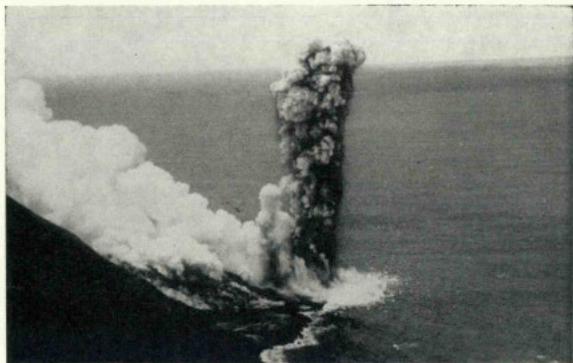
Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Fontaine de lave dans un lac de lave le 18/5/1958.



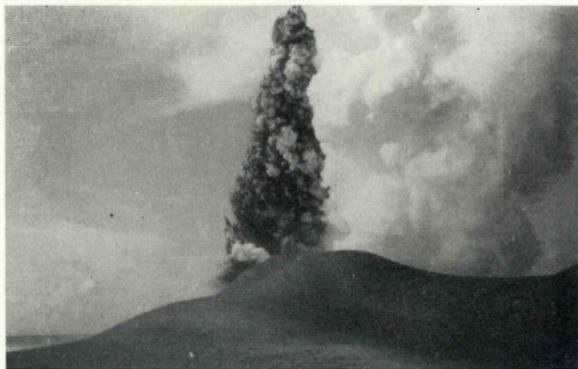
Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Fontaine de lave dans un lac de lave le 18/5/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Cheminée sous marine en fonctionnement sur la côte Nord-Est le 17/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Jet de scories et de cendres le 3/4/1958.



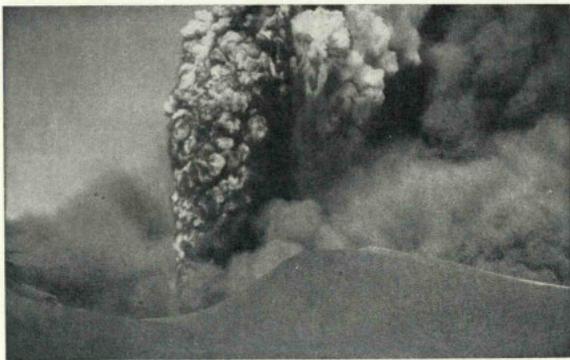
Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Jets de cendres brunes et de scories dans le cratère central du volcan le 4/7/1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Jet de cendres le 16/8/1958.



Cliché: Jovial

Fig. 1 — Jet de cendres le 15/2/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Nuages de cendre sur le phare pendant une intense éruption le 5/2/1958.



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Nuage de cendres le 15/2/1958.



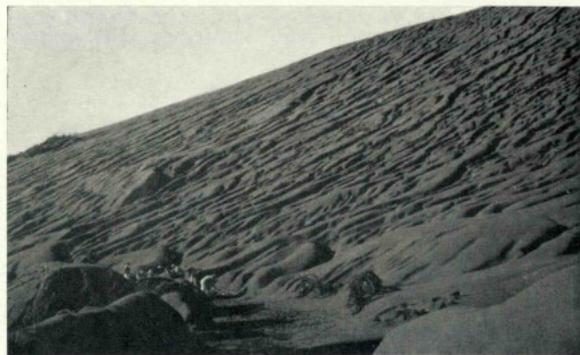
Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Chute de blocs et de scories pendant une grande éruption le 25/12/1957.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Les champs couverts de cendres le 20/4/1958.



Cliché: Jovial

Fig. 2 — La route du Phare de Capelinhos couverte de cendres.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Résultat d'une pluie diluvienne le 6/5/1958.



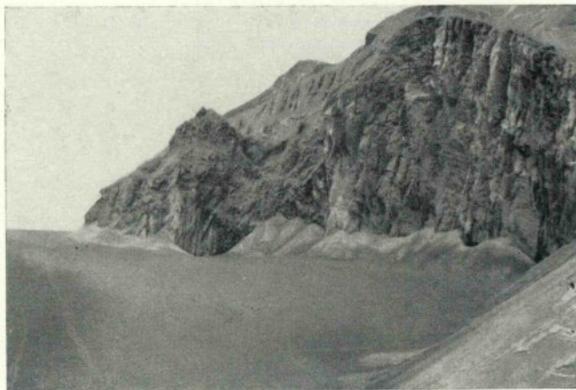
Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Pluie diluvienne accompagnant un paroxysme éruptif le 5/4/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — La tour du phare émergeant des cendres le 15/5/1959.



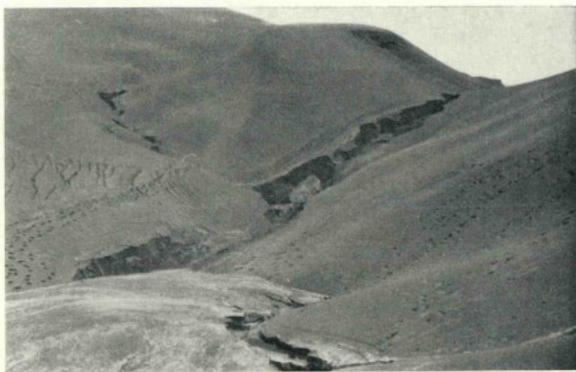
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Accumulation de cendres au pied de la falaise de Costado da Nau (Août 1938).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — La falaise de Porto do Comprido enterrée sous les cendres.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Un résultat des pluies torrentielles: déjection boueuse sur la route proche du phare (8/3/1958).



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Effet des cendres sur la végétation le 24/12/1957.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Effet des cendres sur la végétation le 27/3/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — La route d'accès au Phare enterrée sous les cendres le 11/2/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Ravinement dans les cendres le 8/3/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Coulée de laves formant un lac ramifié à la base du flanc SW du volcan le 31/7/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Coulée de laves entrant dans l'océan sur les flancs Ouest et Nord-Ouest du volcan le 31/7/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Coulée de laves en progression à l'Ouest du cone volcanique le 23/7/1958.



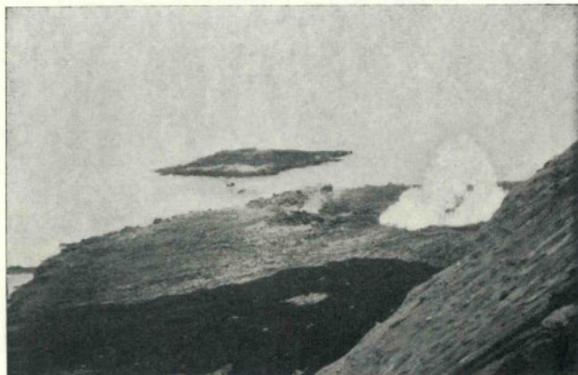
Cliché T. Pacheco

Fig. 4 — Coulée de laves incandescentes entrant dans l'océan au SW du volcan le 31/7/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Les laves de l'éruption du 17 Décembre sur la côte Nord — (30/12/1957).



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Des laves issues d'une cheminée sous-marine formèrent une île au large de la côte Nord-Ouest le 4/8/1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Sortie de laves du 31/9/1957 sur la côte Sud-Ouest du volcan.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — La falaise de matériaux de projection et la sortie de laves du 31/7/1957 sur la côte Sud-Ouest.

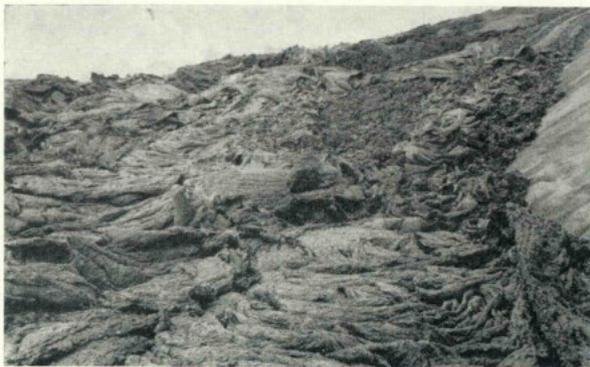


Fig. 1 — Coulée de laves du 31/7/1957 sur le flanc Sud-Ouest du volcan.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 2 — Point d'émission des laves du 31/7/1957 sur le flanc Sud-Ouest du volcan.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 3 — Lac de lave solidifié.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 4 — Détail des laves cordées de la coulée précédente.

Cliché: Mission Géologique



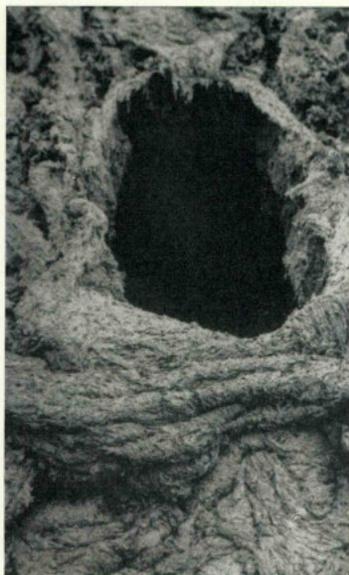
Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Laves consolidées à l'entrée d'un chenal sur le flanc SW du volcan le 4/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Sortie de larve sur le flanc SW du sommet Sud, le 4/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Tunnel dans la lave le 4/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Laves cordées le 4/8/1958.



Fig. 1 — La coulée de laves du 23/8/1958 au pied du phare de Capelinhos.

Cliché: Mission Géologique



Fig. 2 — La coulée de laves du 23/8/1958 en progression.

Cliché: Mission Géologique



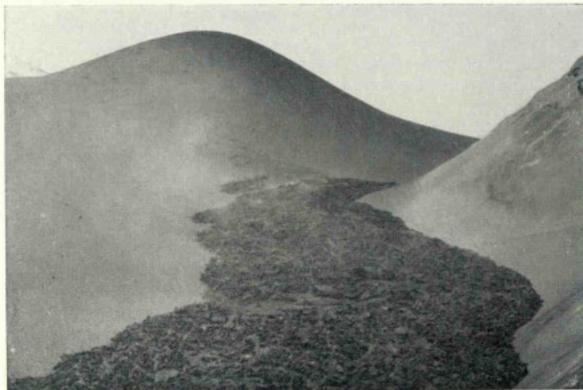
Fig. 3 — Point d'émission de la lave incandescente le 23/8/1958.
(La photographie a été tirée à une distance de 2 m)

Cliché: Mission Géologique



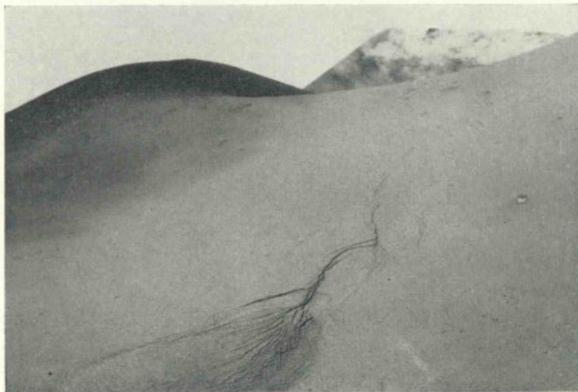
Fig. 4 — Partie terminale de la coulée de laves du 23/8/1958.

Cliché: Mission Géologique



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Progression de la coulée de laves au pied de la falaise du phare.



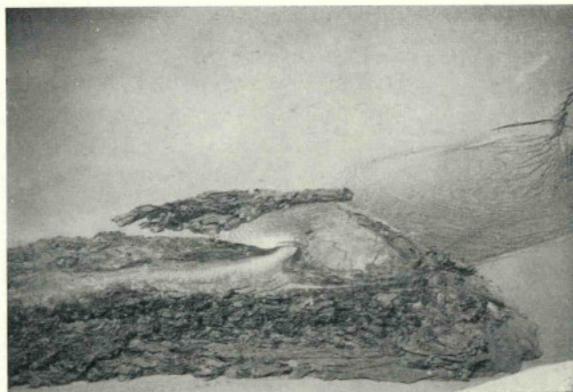
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Sur le flanc SE du volcan une fissure s'est ouverte au dessus du point d'émission de la lave.



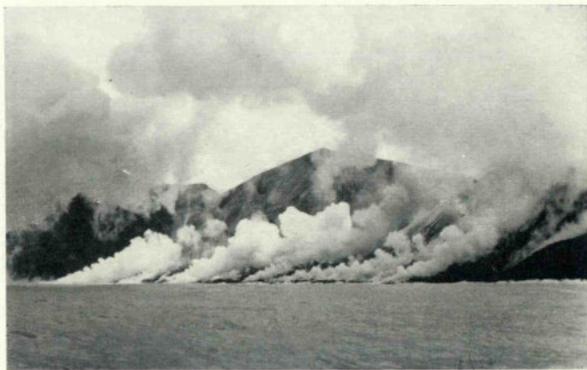
Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Le front d'avancée de la coulée.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Canalisé entre deux digues de lave consolidée un fleuve de lave incandescente sort d'une bouche circularie.



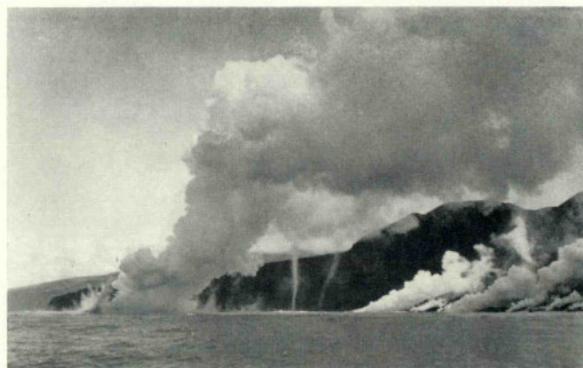
Cliché: Mission Géologique
Fig. 1 — Coulée de laves entrant dans la mer le 30/8/1958.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 2 — Coulée de laves entrant dans la mer le 30/8/1958.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 3 — Coulée de lave entrant dans la mer sur la côte Nord le 30/8/1958.



Cliché: Mission Géologique
Fig. 4 — Cheminée sous-marine en fonctionnement sur la côte Nord le 30/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Explosion dans un lac de lave le 18/5/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Fontaine de lave incandescente le 15/8/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 3 — Eruption de type strombolien le 13/6/1958.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Coulée de lave sur le flanc NW du volcan le 17/8/1958.

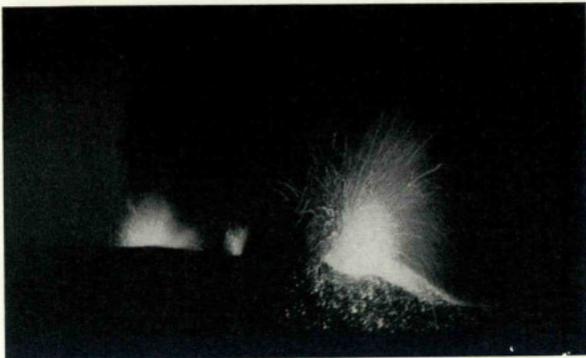


Fig. 1 — Fontaines de lave le 18/12/1957.

Cliché: Jovial



Fig. 2 — Activité strombolienne sur un cone adventif situé à mi-pente sur le flanc NW du volcan le 14/8/1958.

Cliché: T. Pacheco



Fig. 3 — Activité strombolienne avec fontaines de lave à la base du flanc SE du cone, le 13/6/1958.

Cliché: T. Pacheco

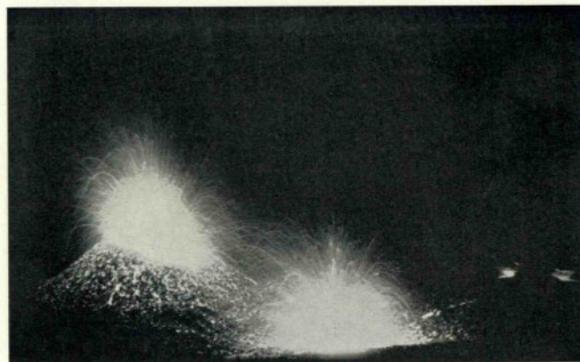


Fig. 4 — Deux cones en activité strombolienne le 26/5/1958.

Cliché: T. Pacheco



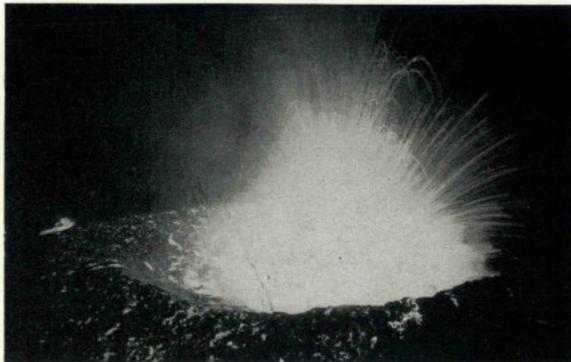
Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Fontaine de lave le 18/5/1958.



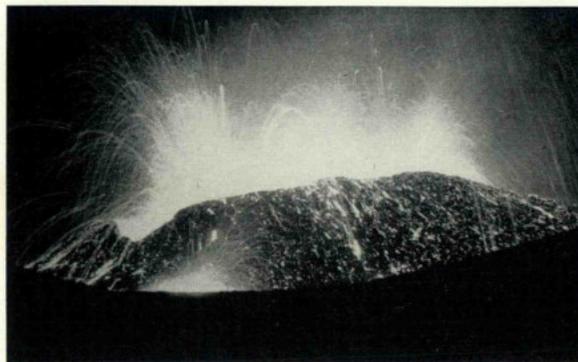
Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Coulée de laves sur le flanc SW du cone Sud le 31/7/1958.



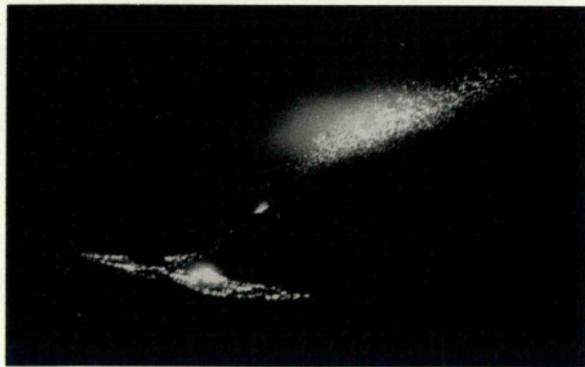
Cliché: Jovial

Fig. 3 — Activité strombolienne.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Activité strombolienne avec bouche secondaire en fonctionnement à la base du flanc SE du cone central le 13/9/1958.



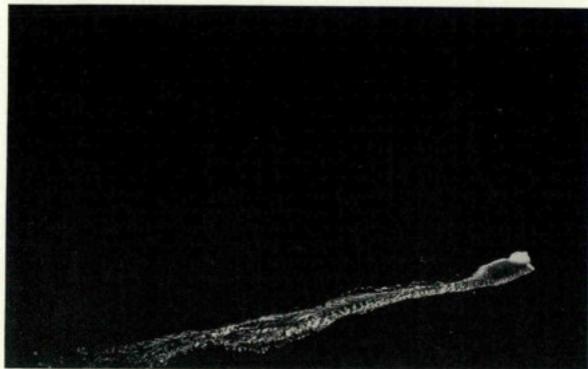
Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Coulée de laves sur le flanc SW du volcan le 22/8/1958.



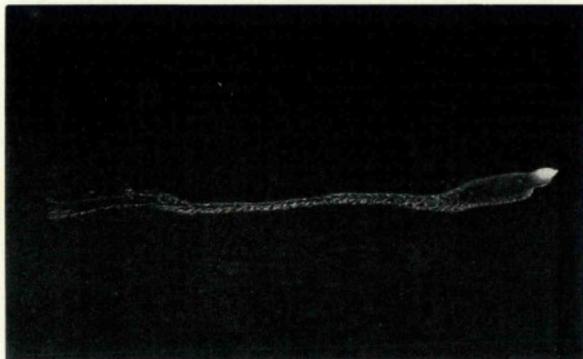
Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Coulée de laves au pied de la falaise du phare le 23/8/1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Coulée de laves au pied de la falaise du phare le 23/8/1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Coulée de laves au pied de la falaise du phare le 23/8/1958.



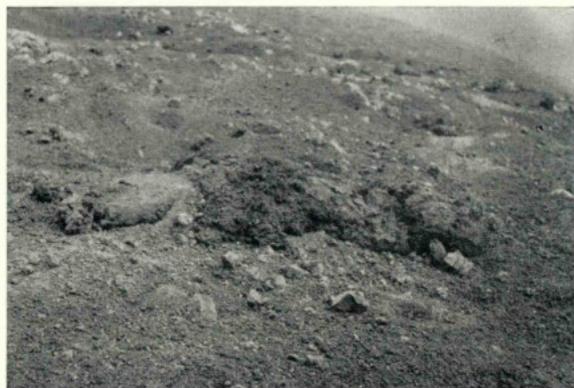
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Au bas d'un versant bombardé par des projections une coulée de lave est sortie d'une fissure.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 2 — Un évent dans le fond du cratère en repos 4/8/1958.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Plaque de lave tombée sur le versant SE du volcan.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 4 — Paquet de laves projeté par le volcan à l'état pâteux de 22/5/1958.



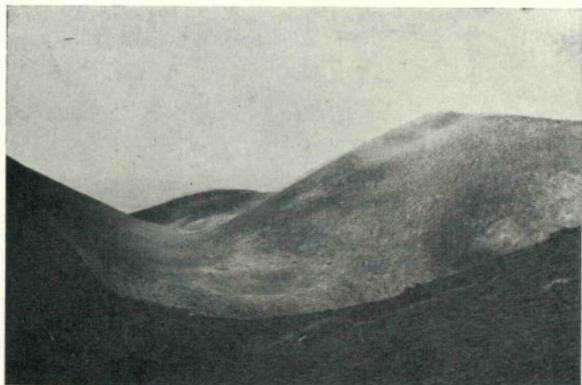
Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Le cone central du volcan (Août 1958).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Coulée de lave sur la côte Nord (Août 1958).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Le cone central revêtu d'efflorescences de soufre jaune et la dépression périphérique (Août 1958).



Cliché Mission Géologique

Fig. 4 — Fumerolles sur les flancs du cone central et dans la dépression périphérique (Août 1958).



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Crevasse ouverte par le séisme de Mai 1958 sur le Cabeço Gordo (14/5/1958).



Cliché: Jassil

Fig. 2 — Crevasse ouverte par le séisme de Mai 1958 à Praia do Norte.



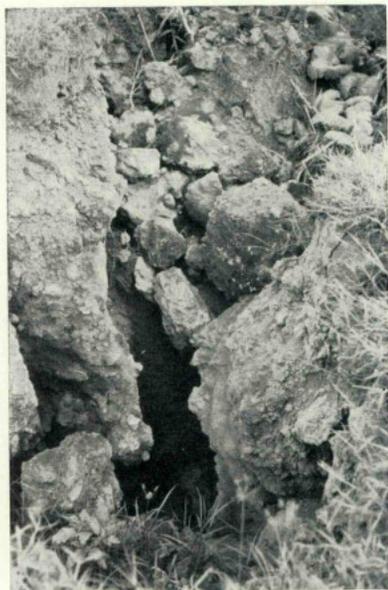
Cliché: Jovial

Fig. 3 — Crevasse ouverte par le séisme de Mai 1958 à Praia do Norte.



Cliché: Jovial

Fig. 4 — Crevasse ouverte par le séisme de Mai 1958 à Praia do Norte.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 1 — Fissure ouverte par le séisme de Mai au milieu d'un champ auprès de Praia do Norte (Août 1958).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Fissure ouverte par le séisme de Mai au milieu d'une rue de Praia do Norte (Août 1958).



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Fissure ouverte par le séisme de Mai entre les maisons de Praia do Norte.



Cliché: T. Pacheco

Fig. 1 — Ruines provoquées par le séisme de Mai 1958 à Praia do Norte (13/5/1958).



Cliché: Mission Géologique

Fig. 2 — Ruines provoquées par le séisme de Mai à Praia do Norte.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 3 — Effets du séisme de Mai 1958 à Praia do Norte.



Cliché: Mission Géologique

Fig. 4 — Fontaine publique basculée par le séisme de Mai 1958.



Cliché: Jovial

Fig. 1 — Maisons ruinées par le séisme à Praia do Norte.



Cliché: Jovial

Fig. 2 — Les destructions à Ribeira do Cabo.



Cliché: Jovial

Fig. 3 — Maisons ruinée par le séisme à Praia do Norte.



Cliché: Jovial

Fig. 4 — Maisons ruinées par le séisme à Praia do Norte.

CONTRIBUIÇÃO PARA A PETROGRAFIA DOS PRODUTOS EMITIDOS PELO VULCÃO DOS CAPELINHOS (FAIAL)

por

C. F. TORRE DE ASSUNÇÃO

I — INTRODUÇÃO

A erupção do vulcão dos Capelinhos, na ilha do Faial, iniciada nos últimos dias de Setembro de 1957, foi caracterizada, durante a sua primeira fase, que teve larga duração, por um comportamento nitidamente explosivo. Consequentemente os produtos sólidos ejectados foram do tipo escoriáceo e também fragmentos de rochas antigas — lavas arrancadas à própria chaminé do aparelho vulcânico — e até calhaus rolados e pedaços de sedimentos do fundo marinho [1]. A intensidade das explosões fez com que as escórias fossem, em muitos casos, convertidas em cinzas com dimensões, por vezes, finíssimas. Dum modo geral, o jogo explosivo levou à ejeção de materiais que variam desde os blocos relativamente grandes, até às mais tênues poeiras que o vento facilmente arrastou a grande distância.

Num estágio posterior, a erupção dos Capelinhos adquiriu um carácter mais efusivo, a princípio reduzido a dois episódios lávicos de curta duração [1] e mais tarde acentuado pela emissão mais contínua de lavas.

Poucos dias após o início da erupção, a Missão do Centro de Estudos Geográficos, dirigida pelo Prof. Orlando Ribeiro, recolheu a primeira amostragem, constituída por exemplares de escórias, cinzas e por alguns fragmentos de lavas compactas que devem representar o material arrancado à chaminé do aparelho vulcânico. Tivemos então oportunidade de estudar algumas dessas amostras e de comunicar ao Prof. Orlando Ribeiro os primeiros resultados das nossas determinações [1].

Posteriormente, a Missão dos Serviços Geológicos de Portugal, que realizou o estudo geológico de toda a ilha do Faial, coligiu novo material proveniente da actividade eruptiva do vulcão dos Capelinhos e pôde, em particular, acompanhar os fenómenos que levaram ao abatimento do primitivo ilheu, e, bem assim, as primeiras manifestações efusivas, com a emissão de lavas. Algumas amostras deste material, coligidas em Janeiro de 1958, foram então objecto, por nossa parte, de um estudo preliminar.

Mais tarde, foram-nos entregues, pelos Serviços Geológicos de Portugal, vários exemplares de uma mais completa amostragem, recolhida em vários locais. Foi, deste modo, possível desenvolver o estudo petrográfico dos diversos produtos sólidos emitidos pelo vulcão dos Capelinhos, durante a sua longa erupção.

Seguidamente daremos conta dos resultados dos exames microscópico e químico de escórias e cinzas da fase explosiva e de lavas de texturas variadas, incluindo não só as contemporâneas da actual erupção, como também outras mais antigas, ejectadas juntamente com as actuais.

O estudo químico teve por base as análises quantitativas efectuadas no Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências de Lisboa, e no Laboratório de Técnicas Físico-Químicas aplicadas à Mineralogia e à Petrologia da Junta de Investigações do Ultramar, respectivamente pelos analistas D. Leontina F. Guimarães e A. Lopes Vieira. Dos materiais descritos e classificados neste trabalho, apenas dois — a escória da «Ilha Nova» e a lava do primeiro episódio efusivo — foram referidos em publicações anteriores [1] e [3].

II — AS ESCÓRIAS E AS CINZAS

1) O material que aqui descrevemos provém do ilhéu (« Ilha Nova ») gerado pela actividade vulcânica, na sua fase inicial. Trata-se dum produto áspero e extremamente vacuolar, com cor quase negra, fractura esquirolosa e brilho essencialmente vítreo. Alguns elementos cristalinos, em especial cristais de olivina e de piroxena, destacam-se do fundo vítreo.

O exame microscópico revela que, em boa parte, esta escória é constituída por uma *pasta essencialmente vítrea*, o que mostra a necessidade de um estudo químico. No entanto, a pasta encerra uma fracção cristalina, ainda que assaz dispersa: são principalmente micrólitos de *labrador* (com cerca de 60% mol. de an.), grânulos e bastonetes de *augite castanha* e de *olivina*, e *óxidos de ferro* e (ou) *titânio*, em fina granulação. Intersticialmente, é possível discernir, por vezes, uma substância incolor mas turva devido a inclusões, de muito baixa birrefringência ou mesmo isotropa, atribuível possivelmente a analcite.

O primeiro tempo contém *fenocristais de olivina*, na maior parte pequenos. A *augite castanha* é menos abundante. Notam-se ainda alguns cristais de *labrador-bytownite*.

A análise química e respectiva norma (Tabela A) permitem estabelecer os parâmetros seguintes: II (III). (5) 6.3.4 [2.2 (3).2.'3], que indicam um tipo muito afim dos *tefritóides* ($p = \text{II}$). O valor $p = \text{II}$ (III) traduz uma tendência para os *basanitóides*. Este material não se deve afastar muito dos tipos comuns no Faial [3], e que em parte têm sido considerados, em face apenas da análise microscópica, como andesitos peridotíticos. A existência de uma apreciável percentagem de nefelina virtual traduz bem o carácter deficitário em sílica.

2) Das cinzas finas recolhidas na Costa da Nau emitidas pelo vulcão dos Capelinhos, ainda no decurso da sua primeira fase, efectuámos um estudo quase inteiramente em base química. O exame macro e microscópico nada mais revela do que alguns elementos cristalinos disseminados, destacando-se os grãos de olivina.

Na Tabela A, incluímos os resultados da análise química e a norma correspondente. Estes dados podem ser traduzidos concisamente pelos parâmetros: III.5 (6).3.4 [2.3.2. (2) 3], que não se mostram muito distantes dos da escória precedentemente estudada, indicando um *basalto-basanitóide*.

Tratando-se evidentemente, no caso das cinzas, de material produzido pela pulverização das escórias, verificamos, com os elementos agora indicados, que a composição das escórias varia entre a dos *basaltos-basanitóides* [$p = \text{III}$ e $q = 5' - 5$ (6)] e a dos *tefritóides* ($p = \text{II}$ e $q = 6$).

É o que se pode verificar pelo seguinte quadro de parâmetros:

Escória — Capelinhos:	II (III). (5) 6.3.4 [2.2 (3).2.'3]
<i>Tefritóides:</i>	II. 6.2-3.4
<i>Basanitóides:</i>	III. 6.3.4 [2.2.2.2]
Cinzas — Capelinhos:	III. 5 (6).3.4 [2.3.2. (2) 3]
<i>Basaltos-basanitóides:</i>	III. 5'.5 (6).2-4.4-5 [1-3.1-3.2.2-3]
<i>Basaltos (« sensu stricto »):</i>	III. 5.2-4.4-5 [1-3.1-3.2.2-3]

Em ambos os produtos analisados se reconhece um carácter de certo interesse: uma deficiência em sílica, a qual é mais marcada no caso da escória do que nas cinzas. Esta particularidade de ordem química não se exprime, porém, pela aparição de nefelina; o feldspatóide, é em ambos os casos, simplesmente virtual, facto aliás frequente nas lavas antigas do Faial. A tabela anterior permite também constatar que os produtos da fase explosiva da erupção dos Capelinhos manifestam uma certa tendência para a composição das lavas francamente basálticas. Trata-se, afinal, de materiais afins do tipo dos *basaltos* (« sensu stricto »), apenas com uma certa deficiência em sílica, mas não expressa mineralógicamente.

3) Entre os materiais recolhidos com a indicação de «Ilha Nova» — o ilheu, depois desaparecido, que a erupção dos Capelinhos construiu no seu estádio inicial —, figura uma pequena bomba vulcânica, constituída por uma massa anegrada assaz vacuolar. Este carácter é de tal modo acentuado, que não é possível observar, em lâmina delgada, concentrações extensas de pasta, mas apenas uma espécie de retículo muito irregular, de malhas largas, no geral vítreo, embora contenha esparsamente micrólitos de *labrador-bytownite* e grãos ou grânulos de *olivina*. Ambos os minerais se mostram em parte reabsorvidos pela pasta vítrea. Os micrólitos de plagioclase têm geralmente dimensões não muito pequenas, oferecendo com certa frequência a geminação complexa Karlsbad-albite.

A pasta envolve alguns fenocristais, habitualmente muito corroídos, de *olivina*, com dimensões variáveis, notando-se fragmentos angulosos que não são mais do que vestígios de cristais reabsorvidos pelo magma. A *augite* castanha é mais rara, mas encontra-se num ou noutro fenocristal. Alguns podem assumir uma grandeza notável. O estudo químico que se impunha, dada a importância da fracção vítrea mostra que estamos em presença dum tipo um pouco menos básico do que outros produtos da erupção. De facto, os parâmetros deduzidos da composição química e da norma (Tabela A) — II' 5.(3) 4.4 [2.3.2.'3] — indicam um *andesito*. A existência de *olivina*, embora dispersamente, na pasta vítrea, permite admitir que esta lava corresponda aos andesitos peridotíticos, tipo comum entre as lavas antigas do Faial, os quais, por vezes, mostram a passagem aos basaltos ou aos basanitóides.

A amostra analisada é a única das estudadas quimicamente, e provenientes da erupção dos Capelinhos, que se inclui no tipo geral das rochas saturadas, visto a norma apenas revelar uma diminuta percentagem de nefelina. Representa pois esta rocha uma composição um tanto anómala relativamente aos outros produtos da erupção.

III — AS LAVAS

Da lava da erupção dos Capelinhos, emitida em 1958, foram recolhidas amostras no Costado da Nau e junto do Farol dos Capelinhos (am. 252 e 253). Esta lava revela uma textura mais cristalina do que os materiais precedentemente estudados, o que não significa que seja holocristalina, porquanto a pasta é ainda em parte vítrea. Os vacúolos são mais ou menos comuns.

O primeiro tempo está representado por numerosos fenocristais, por vezes enormes e por outras menores, de *olivina*, acentuadamente fresca, mas muito corroída pela pasta. São também frequentes os fenocristais de *augite*, cujas dimensões podem ser reduzidas, como os de *olivina*. Existem, no entanto, alguns enormes fenocristais de *augite* acastanhada. A pasta penetra, por vezes, nos elementos fenocristalinos, encontrando-se até em pequenas inclusões inteiramente isoladas. A textura é ainda vacuolar, mas menos acentuada do que os produtos descritos anteriormente. A estrutura da pasta é definida pela associação de material vítreo e de elementos cristalinos. Estes são constituídos por micrólitos de *labrador-bytownite* ou de *bytownite*, habitualmente com dimensões apreciáveis, oferecendo, com frequência, as geminações comuns, segundo a lei da albite ou os complexos Karlsbad-albite. A sua composição é, em geral, marcadamente cálcica — *bytownite* — variando desde cerca de 75% até cerca 82 mol. % de an. Nem sempre existe uma trama microlítica contínua, visto que os micrólitos, ainda que abundantes, podem apresentar-se dispersos. A associação que constitui o fundo da pasta é então uma espécie de feltro escuro, muito rico de minerais corados — *augite*, *olivina*, *óxidos metálicos* — embora parcialmente vítreo. Mas este vidro, examinado com grande amplificação, patenteia delicados e finos cristalitos, em delicadas agulhas ou em agregados arborescentes, em parte formados, certamente, por magnetite e (ou) ilmenite. Os restantes elementos cristalinos da pasta são os grãos dos minerais acima aludidos — *augite* castanha e *olivina* — quase sempre assaz reabsorvidos, e os grânulos disseminados de *óxidos metálicos*. No caso da am. 252, a pasta é praticamente holocristalina, notando-se,

abundantemente, a augite castanho-pálida, em forma sub-euédricas e em bastonetes e grãos bem individualizados, intimamente associados à granulação dos óxidos metálicos. O vidro, pode ser claro e ter relação com a fusão parcial dos micrólitos feldspáticos.

O microscópio permite, pois, prever que se trata de um basalto bytownítico com olivina e augite. Mas a análise química demonstra que estamos, como noutros casos, em presença duma lava francamente deficitária em sílica, ainda que sem feldspatóides expressos, dado que a nefelina só existe virtualmente, por certo oculta no material vítreo e também em fraca proporção, sob a forma de solução sólida na plagioclase (carnegieite).

Os parâmetros, segundo Lacroix,

III.6.'3.4 [2.2(3).2.2']

deduzidos da análise e da norma (Tabela A), ajustam-se bem aos dos *basanitóides*.

Nas amostras, mesmo as mais cristalinas, da lava dos Capelinhos, há sempre uma fracção vítrosa. O curso da cristalização pode, nos casos mais típicos, ser sintetizado da forma seguinte:

- 1.º — Grandes fenocristais de olivina e de augite castanha ou simplesmente acastanhada. Corrosão.
- 2.º — Pequenos fenocristais de olivina e (por vezes) de augite. Corrosão.
- 3.º — Grandes e médios micrólitos de plagioclase cálcica (cuja geração se pode sobrepor em parte à fase anterior). Grãos de olivina. Corrosão.
- 4.º — Pasta em feltro denso, parcialmente vítreo, no geral escuro, contendo principalmente augite e óxidos metálicos. Desvitrificações: formação de cristalitos.

IV — LAVAS ANTIGAS ARRANCADAS PELA ERUPÇÃO

Entre os exemplares coligidos na «Ilha Nova» — na 1.ª fase da erupção — figuram alguns de material compacto, verde-escuro ou cinzento-esverdeado escuro, portanto bem diferentes dos da escória esponjosa que constituiu aquele ilheu. Trata-se evidentemente de pedaços de lavas antigas, arrancados em profundidade e arrastados pela erupção até à superfície.

Ao microscópio verifica-se a existência de um primeiro tempo, muito desenvolvido, com grandes e frescos cristais de *olivina*, acompanhados por outros, menos numerosos, de *augite* acastanhada. A pasta é quase totalmente cristalina, existindo apenas um pouco de vidro intersticial. Os elementos da pasta são os habituais, com abundante *plagioclase cálcica* (labrador-bytownite), em micrólitos bem geminados, grãos, bastonetes e agregados de *augite*, alguns grãos de *olivina* e de *magnetite*, e delicadas hastes de *ilmenite*.

A análise química desta lava, cujos resultados estão incluídos na Tabela A, permite classificá-la como um *basanitóide*, dada a ausência de nefelina expressa. Os parâmetros que lhe correspondem são III.6.'3.4 [1(2).2'.(2)3]. É de notar a fraca percentagem de óxido férrico, visto que praticamente todo o ferro se encontra sob a forma de óxido ferroso. Este facto traduz-se mineralógicamente pela escassez de *magnetite*, o que se reflecte, por sua vez, na cor relativamente clara da rocha.

V — ALGUMAS CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os materiais que estudámos, provenientes da erupção do vulcão dos Capelinhos, apresentam-se, como vimos, sob diferentes formas texturais: escórias, cinzas, lavas mais ou menos vacuolares, e foram seleccionados, dentro dos elementos de que dispunhamos, de maneira a representarem, o melhor possível, os produtos da actividade vulcânica nas suas diferentes fases, quer explosivas, quer efusivas.

A extrema abundância de vidro em muitos dos produtos emitidos exigiu a realização de uma série de análises químicas, por forma a definir cabalmente a sua natureza.

A composição dos produtos emitidos pelo vulcão dos Capelinhos parece ser, em face dos elementos já averiguados, fundamentalmente do tipo basanitóide. É certo que certos materiais — as cinzas, recolhidas na Costa da Nau, e um pedaço duma bomba vulcânica, da desaparecida «Ilha Nova», ambos pertencentes à primeira fase da erupção, manifestam uma composição um pouco menos básica. Em particular, o fragmento analisado, da bomba vulcânica, não só é menos básico do que os basanitóides, como mal apresenta o carácter deficitário em sílica que se verifica em todos os outros produtos submetidos à análise química. Trata-se de facto de um verdadeiro andesito — II.5.(3)4.4 (análise da Tabela A anexa) — em certo contraste com todos os outros resultados do estudo químico, os quais indicam lavas do tipo dos basanitóides francos — III.6.'3.4 (lava emitida em 1958; análise da Tabela A anexa) — ou tipos afins: basalto-basanitóide III.5(6).3.4 (cinzas da Costa da Nau; análise da Tabela A anexa) — ou tefritóide — II(III).(5)6.3.4 (escória da «Ilha Nova»; análise da Tabela A anexa).

Haverá vantagem em reunir um maior número de análises e em especial verificar se a composição andesítica não será puramente accidental. Com os elementos actualmente conhecidos pode-se admitir que, na primeira fase da erupção, fase explosiva que teve lugar durante vários meses, os produtos expelidos teriam sido menos básicos do que as lavas derramadas no decorrer da fase posterior. A anomalia mais notável será a aparição do tipo andesítico, precedentemente referido. Mas a análise que o representa é certamente válida, pois foi efectuada em duplicado, e corresponde a material que foi previamente observado ao microscópio, o que aliás se fez para todas as amostras estudadas quimicamente. Na composição química desta rocha o que se destaca particularmente é o seu maior teor em alumina.

A variação de composição dos produtos emitidos pelo vulcão dos Capelinhos deve ter relação com a longa duração da actividade eruptiva, podendo a composição do magma original ter sido mais ou menos modificada pela assimilação de materiais estranhos, quer sedimentos do fundo marinho, quer lavas preexistentes. Entre as escórias da «Ilha Nova» encontram-se fragmentos de lavas compactas antigas, do tipo dos basanitóides (anal. 3 da Tabela A), não se tendo recolhido pedaços de lavas antigas mais silicatadas. Mas na Ilha do Faial são bem conhecidas as lavas e rochas hipoabissais mais ácidas do que os basaltos e os basanitóides. Deste assunto trataremos no parágrafo seguinte.

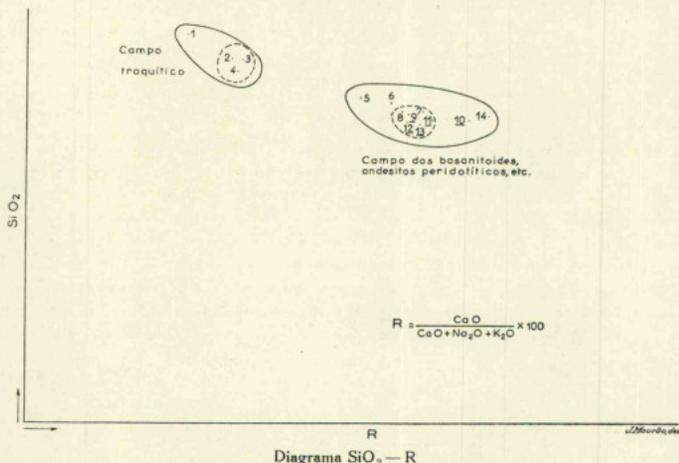
VI — RELAÇÃO ENTRE AS LAVAS ANTIGAS (E OUTRAS ROCHAS ERUPTIVAS) DO FAIAL E OS PRODUTOS DA ERUPÇÃO DOS CAPELINHOS

Um resumo do estudo das lavas antigas da Ilha do Faial foi dado na «Notícia explicativa» [3] que acompanha o Mapa geológico levantado pelos Serviços Geológicos de Portugal. As séries de lavas e de outras rochas eruptivas da ilha compreendem fundamentalmente: 1) *Basaltos com olivina, basanitóides, basaltos com plagioclase*; 2) *Andesitos augíticos, andesitos peridotíticos*, em certos casos com tendência para os tipos basálticos; 3) *Traquitos akeríticos β' e traquitos calco-alcalinos* — II.5(6).(1)2.4 e I(II).5.2.'4 — *traquitos monzoníticos feldspatóidicos* (equivalentes microlíticos dos monzonitos feldspatóidicos), embora sem nefelina expressa: II.(5)6.'2.4 e II.'6.(1)2.4. Os traquitos formam chaminés e filões cortando lavas andesíticas, que são as formações mais remotas da Ilha.

Da série antiga do Maciço da Caldeira (a grande Caldeira do Faial) faz parte uma rocha de facies andesítica mas cujos parâmetros indicam tratar-se de um *tefritóide*: II.'6.3.4', e bem assim um *basanitóide* (passagem aos tefritóides) II(III).6.2.4. Uma lava do Cabeço do Fogo (erupção de 1672) tem a composição dos *andesitos*, com tendência para os basanitóides: II(III).5(6).'3.4, e outra, da mesma erupção, é já um *basanitóide*: III.6.2(3).4.

Vê-se assim que os produtos da erupção actual se enquadram perfeitamente nos tipos básicos ou sub-básicos comuns entre as lavas antigas da Ilha: andesitos, tefritóides e basanitóides, de um modo geral caracterizados por uma deficiência mais ou menos marcada em sílica.

Uma vista de conjunto sobre as rochas eruptivas do Faial pode ser facilmente obtida pela representação gráfica de todos os exemplares quimicamente analisados, em número de catorze, incluindo quer as lavas e outras rochas antigas, quer as da erupção actual. O gráfico foi traçado segundo o método proposto pelo Prof. J. JUNG [4], que oferece a vantagem da simplicidade, visto que cada exemplar é representado unicamente por um ponto.



A despeito da lava representada pelo ponto 8 do diagrama (Cabeço do Fogo — erupção de 1672) ter sido classificada como um *andesito peridotítico*, aliás do tipo β^1 de Lacroix, e da escória dos Capelinhos (ponto 9) ter sido incluída entre os tefritóides, deve-se destacar a estreita analogia entre as composições das duas rochas, bem como em relação à das cinzas da erupção actual (ponto 12). A representação gráfica realça bem esta afinidade, que o simples estudo microscópico não poderia revelar, dada a importância do material vítreo no caso dos produtos emitidos pelo vulcão dos Capelinhos.

No diagrama, um contorno a tracejado limita as lavas da erupção de 1672 (Cabeço do Fogo) e os produtos da erupção actual, com excepção da amostra representada pelo ponto 10, de que trataremos mais adiante.

O diagrama permite ainda separar nitidamente o campo «traquítico» do das rochas básicas que incluem principalmente os basanitóides, associados a andesitos peridotíticos e a tefritóides.

No ^a campo «traquítico» isola-se o único traquito típico (ponto 1); todos os outros pontos (2, 3 e 4) referem-se a rochas deficientes em sílica que são, de um modo geral, equivalentes microlíticos dos monzonitos feldspatóidicos. O traquito akerítico de Covões estabelece, de certo modo, a passagem entre os dois grupos.

O campo das rochas básicas, onde se integram todos os produtos da erupção dos Capelinhos, é mais complexo. Ele compreende, na verdade, rochas um tanto variadas, cujos pontos figurativos se dispersam ao longo de um domínio um pouco amplo paralelamente ao eixo *R*. No entanto, esta variação não deve ser sobrestimada, porquanto existem tefritóides

TABELA A

Materiais emitidos pelo vulcão dos Capelinhos (1957-58)

	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
SiO ₂	47,59	46,66	46,65	46,38	46,10	or	10,56	8,90	11,68	12,79	10,01
Al ₂ O ₃	17,05	19,02	16,31	16,91	15,65	ab	22,74	21,48	7,73	11,35	21,22
Fe ₂ O ₃	2,97	3,29	0,43	2,96	2,83	an	20,85	32,53	18,80	19,46	19,74
FeO	7,44	7,47	8,48	6,87	8,14	ne	8,69	3,41	15,97	14,58	0,68
MnO	0,20	0,06	0,26	0,18	0,15	wo	8,70	5,80	13,46	10,67	8,12
MgO	5,47	5,86	7,69	7,98	7,43	en	5,40	3,60	7,90	7,35	5,30
CaO	9,09	10,26	10,43	9,42	8,61	fesil	2,77	1,85	4,88	2,44	2,24
Na ₂ O	4,57	3,28	4,39	4,55	3,94	fs	5,81	7,75	7,91	8,79	9,31
K ₂ O	1,85	1,52	1,96	2,16	1,72	fai	3,26	4,49	5,30	3,21	4,38
TiO ₂	2,65	2,06	2,40	2,31	2,89	mt	4,41	4,87	0,70	4,41	4,18
P ₂ O ₅	0,50	0,68	0,19	0,28	0,45	il	5,17	3,95	4,56	4,41	5,47
H ₂ O ⁺	0,07	0,11	0,13	0,13	1,64	ap	1,34	1,68	0,34	0,67	1,34
H ₂ O ⁻	0,37	0,05	0,50	0,10	0,10	H ₂ O	0,44	0,16	0,63	0,13	1,74
	99,82	100,32	99,82	100,13	99,65		100,14	100,49	99,95	100,26	99,73

1: *Tefritóide* (tendência para os *basanitóides*) — Escória da «Ilha Nova» — 1.ª fase da erupção (1957)

II (III). (5) 6.3.4 [2.2 (3). 2.3]

2: *Andesito* — Bomba vulcânica — «Ilha Nova» — 1.ª fase da erupção

II'. 5. (3) 4.4 [2.3.2.3]

3: *Basanitóide* — Fragmento de lava antiga encontrado na «Ilha Nova» — 1.ª fase da erupção

III. 6.'3.4 [1 (2). 2. (2) 3]

4: *Basanitóide* — Lava da fase efusiva da erupção (1958)

III. 6.'3.4 [2.2 (3). 2.2']

5: Cinzas (recolhidas na Costa da Nau) — Composição dum *Basalto-basanitóide* β'

III. 5. (6). 3.4 [2.3.2. (2) 3]

TABELA B

Classificações e parâmetros das rochas da Ilha do Faial

- 1 — Traquito calco-alcálico I (II). 5.2.'4 — (Caldeira do Faial)
- 2 — Traquito monzonítico feldspatóideo II. (5) 6.'2.4 — Ribeira das Cabras (Praia do Norte)
- 3 — Traquito akéritico β' II. 5 (6). (1) 2.4 — Covões, a SW dos Cedros — filão)
- 4 — Traquito monzonítico feldspatóideo II.'6. (1) 2.4 — (Castelo Branco — chaminé)
- 5 — *Basanitóide* (tendência *tefritóide*) (II) III. 6.2.4 [2.2. (2) 3.3] — (1050 m a NNW da Piram. Granja) — série antiga da Caldeira
- 6 — *Tefritóide* II.'6. 3.4' [2.2.2'. 3] — (Estrada Nova a N da Caldeira) — série antiga da Caldeira
- 7 — *Basanitóide* III. 6.2 (3). 4 [2.2.2'. 3] — (Casas Grandes — Praia do Norte) — lava do Cabeço do Fogo (erupção de 1672)
- 8 — *Andesito peridotítico* β' (tendência *basalto-basanitóide*) II (III). 5 (6). '3.4 [2 (3). 2.2.2 (3)] — (Casas Grandes — Praia do Norte) — lava do Cabeço do Fogo (erupção de 1672)
- 9 — *Tefritóide* (tendência *basanitóide*) III (II). (5) 6.3.4 [2.2 (3). 2.'3] — (Erupção dos Capelinhos — Escória da «Ilha Nova»)
- 10 — *Andesito peridotítico* II'. 5. (3) 4.4 [2.3.2.'3] — (Erupção dos Capelinhos — Bomba vulcânica — «Ilha Nova»)
- 11 — *Basanitóide* III. 6.'3.4 [1 (2). 2'. 2. (2) 3] — (Erupção dos Capelinhos — Lava antiga — «Ilha Nova»)
- 12 — *Basanitóide* III. 6.'3.4 [2.2 (3). 2.2'] — (Erupção dos Capelinhos — Lava actual)
- 13 — *Basalto-Basanitóide* III. 5 (6). 3.4 [2.3.2. (2) 3] — (Erupção dos Capelinhos — cinzas)
- 14 — *Andesito peridotítico* (tendência *basáltica*) II (III). 5.'4.4 [2.3. (1) 2.2] — (Lava do Monte Carneiro — Horta).

Os números de ordem desta Tabela são os dos pontos do *Diagrama* anexo SiO₂ — R.

com tendência para os basanitóides e vice-versa, bem como andesitos peridotíticos que são tipos de passagem a basaltos, ou a basaltos-basanitóides. O único andesito peridotítico franco (ponto 10) é um dos produtos da erupção dos Capelinhos (fragmento de bomba da «Ilha Nova»), cuja composição um pouco menos básica pode muito bem ter resultado duma assimilação pelo magma de materiais mais silicatados, conforme foi referido precedentemente no parágrafo V. A este propósito, é digna de nota a afinidade bem patente nas expressões paramétricas e no diagrama, entre esta rocha dos Capelinhos e a lava do Monte Carneiro, duma erupção geologicamente recente (pontos 10 e 14 respectivamente). O basanitóide representado pelo ponto 5, que julgamos pertencer à série antiga da Caldeira, isola-se patentemente do domínio constituído pelas lavas da erupção de 1672 (Cabeço do Fogo) e pelas actuais, cujo grupo principal (pontos 7, 8, 9, 11, 12 e 13) define a região de concentração máxima, dentro do campo das rochas básicas da ilha, *traduzindo a estreita semelhança entre os produtos das duas últimas erupções.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS NO TEXTO

- [1] RIBEIRO, O. e SOEIRO DE BRITO, R. (1958)—Primeira Notícia da Erupção dos Capelinhos na Ilha do Faial. Lisboa. (in «*Naturalia*», Vol. VII, fasc. 1-4).
- [2] VEIGA FERREIRA, O. DA (1957)—A Erupção do Vulcão dos Capelinhos (Faial-Açores). (in «*Boletim da Soc. de Geografia de Lisboa*», Julho-Setembro).
- [3] ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., VEIGA FERREIRA, O. DA, e TORRE DE ASSUNÇÃO, C. (1959)—Notícia Explicativa da Folha do Faial-Açores (Carta Geológica de Portugal). *Publicação dos Serv. Geológicos de Portugal*.
- [4] JUNG, J. (1955)—Un nouveau type de diagramme pour la représentation des caractères chimiques des associations régionales de laves. (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 242, pág. 2749).

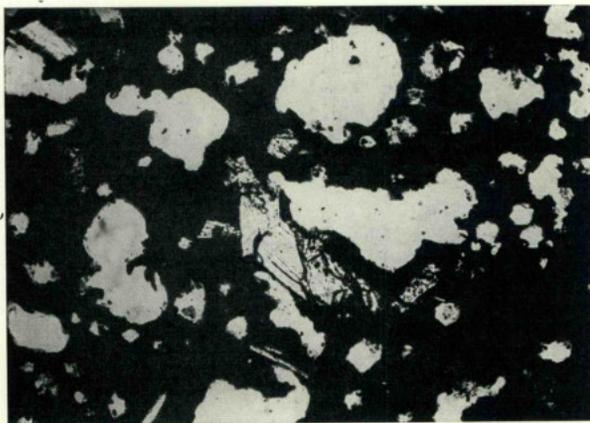


Fig. 1 — *Escória da desaparecida « Ilha Nova » — Tefritóide.* Material muito vacuolar, rico de vidro escuro que envolve raros micrólitos de labrador e grãos grandes e corroídos de olivina. Sem anal. 100 \times .

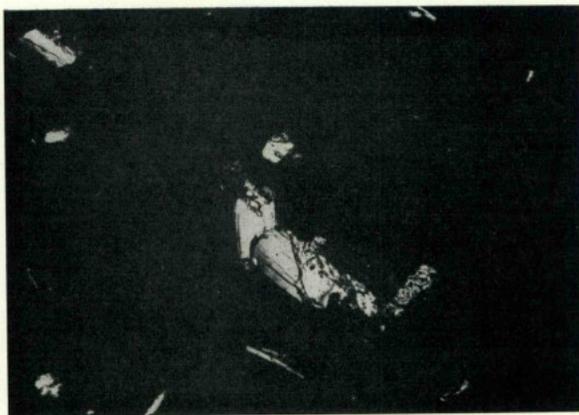


Fig 2 — *Idem em nicois +.* Os raros elementos cristalinos destacam-se no seio da abundante pasta vítrea. 100 \times .



3 — *Escória da desaparecida «Ilha Nova» — Tefritóide*. Fenocrystal corrido de augite envolvendo outro de olivina. Pasta muito vacuolar e assaz vitrea. Sem anal, 100 \times .

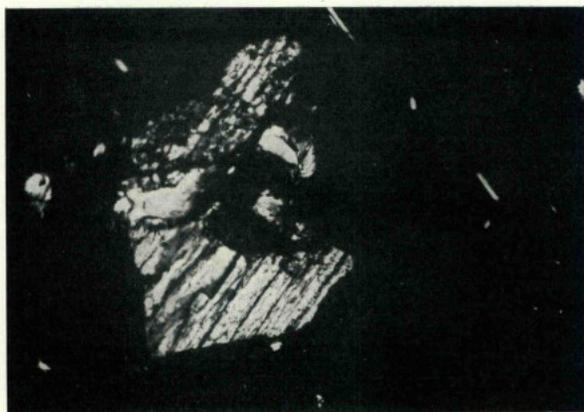


Fig. 4 — Idem em nicois +. O cristal de olivina incluído na augite mostra-se extinto. 100 \times .

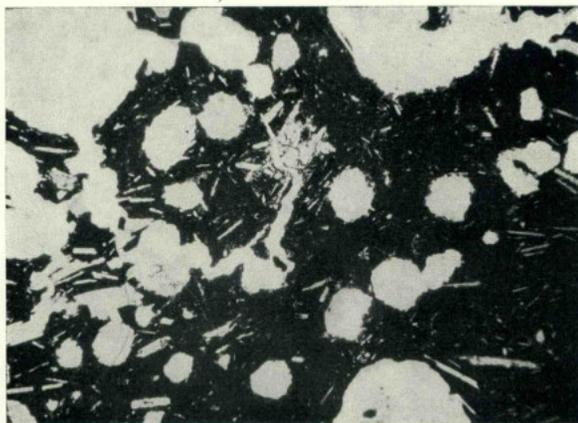


Fig. 5 — *Bomba vulcânica* caída em Porto do Comprido — *Andesito peridotítico*. Pasta muito vacuolar. Micrólitos frequentes de labrador-bytownite e alguns grãos de olivina. A pasta é um agregado de vidro escuro, de grânulos de piroxena e de óxidos metálicos. Sem anal. 38 \times .



Fig. 6 — *Idem* em nicóis +. Notar que os elementos cristalinos embora não dominantes são mais frequentes do que na escória da « Ilha Nova ». 38 \times .

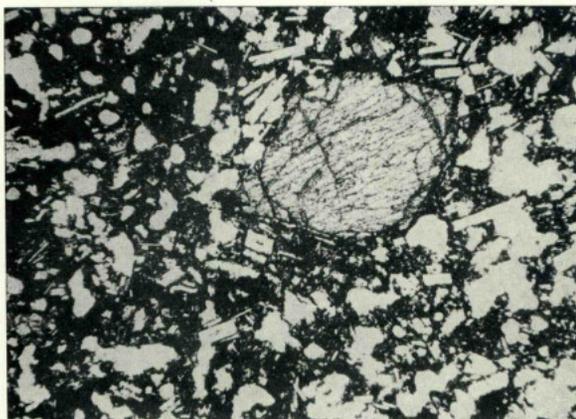


Fig. 7 — *Escória da desaparecida «Ilha Nova» — Tefritóide*. Tipo mais cristalino e menos vacuolar do que o representado nas figs. 1 a 4. Nota-se, em particular, um grande fenocristal de olivina e uma pasta parcialmente cristalina com vidro castanho-escuro, grãos de olivina, micrólitos grandes e médios de labrador e grânulos de augite e de óxidos metálicos. Sem anal. 38 \times .

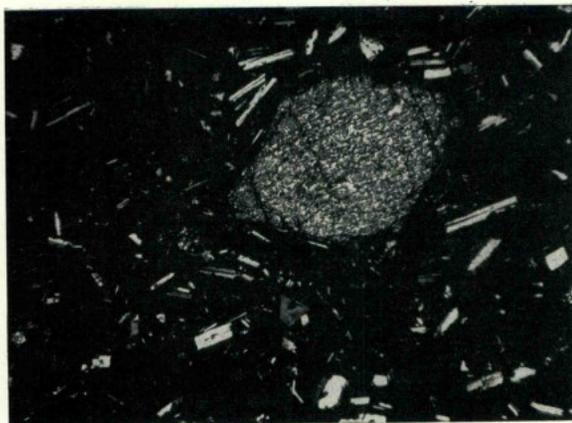


Fig. 8 — *Idem em nichois +*. Notar a relativa abundância de elementos cristalinos na pasta. 38 \times .

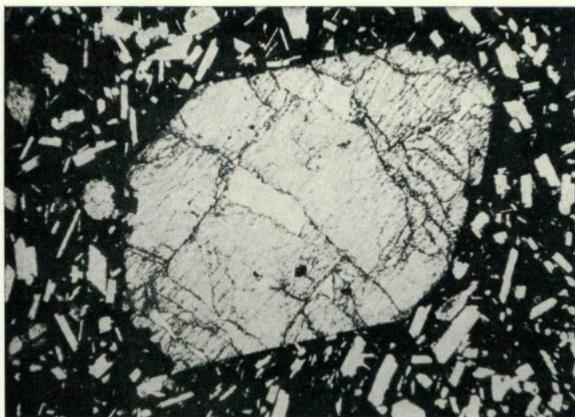


Fig. 9 — Lava pouco vacuolar — fase efusiva da erupção (1958) — *Basanitóide*. Destaca-se um enorme fenocristal de olivina. A pasta, parcialmente vítrea, encerra numerosos elementos cristalinos; micrólitos grandes ou médios de bytownite, grãos de olivina, augite e de óxidos metálicos. Sem anal. 38×.

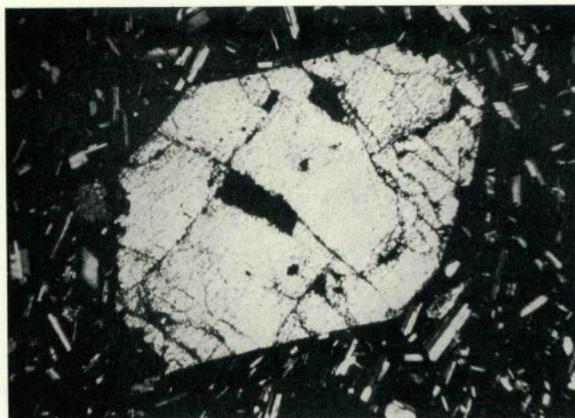


Fig. 10 — Idem em nicois +, sobressaindo bem a importância da fracção cristalina da pasta. 38×.



Fig. 11 — *Lava pouco vacuolar — fase efusiva da erupção (1958) — Basanitóide.* Tipo mais cristalino do que o das Fig. 9 e 10: pequenos fenocristais de olivina e grandes micrólitos de bytownite envolvidos por uma pasta constituída por augite, olivina, óxidos metálicos e vidro. Sem anal. 100×.

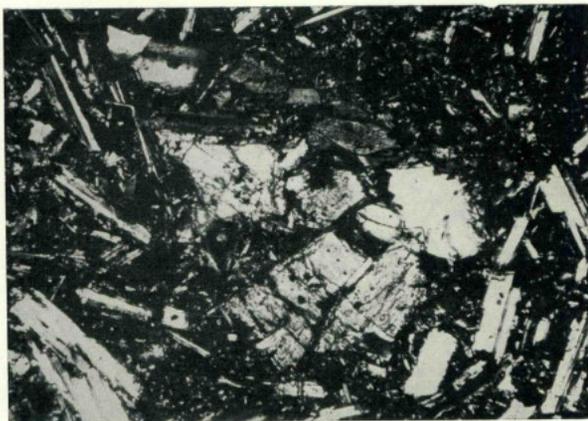


Fig. 12 — *Idem em nicois +, mostrando a riqueza de elementos cristalinos.* 100×.

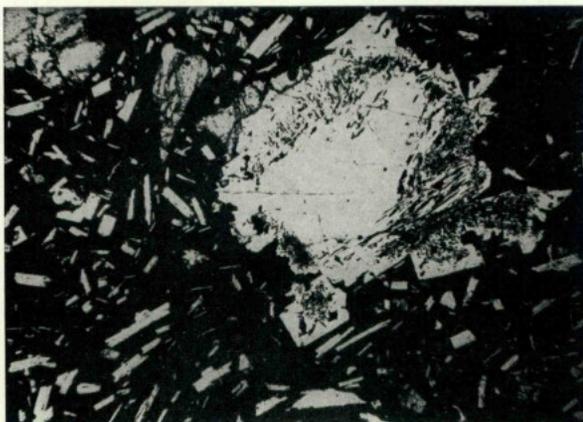


Fig. 13 — A mesma lava das figs. 11 e 12 — *Basanitóide*. Destaca-se, além da pasta já descrita, um fenocristal assaz corroído de plagioclase (bytownite) com uma orla crivada de inclusões essencialmente vítreas. Sem anal. 38 \times .



Fig. 14 — Idem em nicois +. Notar a estrutura zonada da plagioclase, geminada lamelaramente. 38 \times .

EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS

por

F. MACHADO, J. M. NASCIMENTO e A. F. DENIS

RESUMO

Os levantamentos das várias fases do cone vulcânico foram feitos por métodos topográficos normais (geralmente intersecção directa). A avaliação do volume de materiais emitidos permite estimar a energia dissipada que parece ter totalizado 4×10^{24} ergs nos 13 meses da erupção.

INTRODUÇÃO

Logo no princípio de Outubro de 1957 foi reconhecido o interesse de proceder ao levantamento topográfico do cone vulcânico dos Capelinhos que então começava a aparecer acima da superfície do mar.

Mais tarde, com o prosseguimento da erupção, o interesse aumentou ainda, tendo-se efectuado levantamentos topográficos com intervalos de cerca de um mês.

MÉTODOS DE LEVANTAMENTO

A localização das estações foi feita a partir dos pontos geodésicos do Instituto Geográfico e Cadastral (aproveitando geralmente o Farol dos Capelinhos, o Cabeço do Canto e o Alto da Baleia).

Em Janeiro de 1958 estabeleceu-se uma poligonal de apoio com marcas de cimento, a qual foi utilizada até ao fim da erupção.

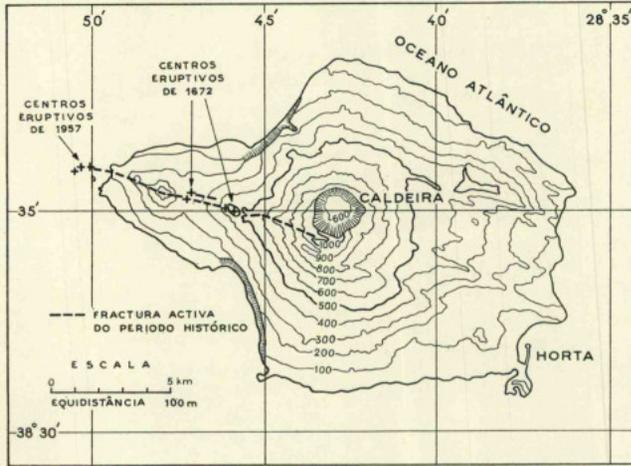
Os levantamentos foram feitos com um teodolito Wild T1. Os pontos da costa foram geralmente determinados por irradiação, avaliando-se a distância a partir do ângulo vertical (medido em regra numa estação à altitude de 181 m). A maioria dos outros pontos foi determinada por intersecção directa (sempre que possível com 3 alinhamentos).

Admite-se que para os pontos próximos da poligonal o erro em planta não exceda os 10 m. Para os pontos afastados este erro pode atingir 50 m ou mesmo mais.

O erro de altitude é da ordem de 1 m, mas o traçado das curvas de nível, baseadas em número reduzido de cotas, apresenta uma incerteza considerável.

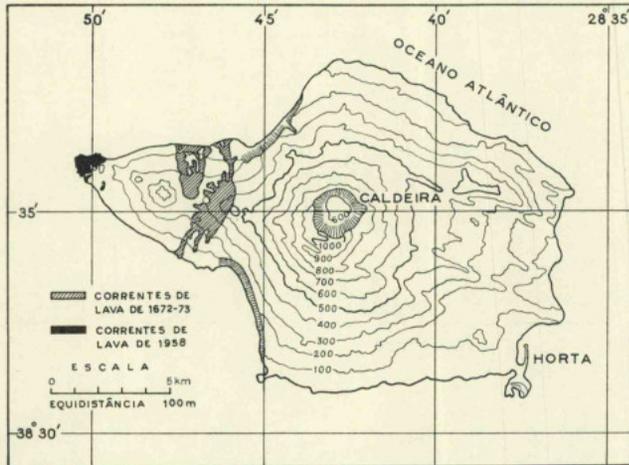
Foram efectuados onze levantamentos do cone vulcânico. Em Maio de 1958 foram determinadas também as espessuras dos depósitos da «chuva de cinzas» e a largura das novas praias formadas pela areia que o mar foi arrastando para leste, ao longo da antiga costa (Fig. 3).

O primeiro mapa, com os centros de emissão de gases (28 Set. 1957), foi baseado em fotografias aéreas, tiradas de aviões da Base Aérea das Lajes.



J. Mourão, des.

Fig. 1 — A Ilha do Faial no princípio da erupção de 1957-58.



J. Mourão, des.

Fig. 2 — A Ilha do Faial no fim da erupção.
(Está indicada também a lava de 1672-73).

VOLUME DOS MATERIAIS EMITIDOS

Os sucessivos levantamentos efectuados permitem avaliar aproximadamente o volume dos materiais emitidos.

O fundo primitivo do mar determinou-se grosseiramente com elementos da carta marítima britânica (Fig. 4) e foi também necessário arbitrar o declive com que os materiais se acumulavam debaixo de água. JOHNSON [1938, pág. 219] indica valores extremos de 11 e 29 % para praias estabilizadas. É duvidoso contudo que este equilíbrio tenha sido atingido logo nos princípios de Outubro e por isso o volume atribuído ao primeiro levantamento é um tanto incerto.

A partir de Novembro a adição de materiais é representada quase exclusivamente pelo aumento verificado acima do nível do mar. Com efeito a parte submersa parece ter continuado a ser constituída pelos materiais da ilhota de Outubro que se teriam espalhado debaixo de água quando a ilhota desapareceu (28 Out. 1957).

A poeira arrastada a grandes distâncias parece não atingir um milhão de m³, tendo-se por isso desprezado o volume depositado além de 5 km da chaminé.

Os volumes estimados constam da Tabela I.

TABELA I
Volume dos produtos da erupção

N.º de ordem	Período	Vol. dos produtos	Vol. equiv. de lava
		10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³
1	27 Set./10 Out. 1957	55?	22,9?
2	28 Out./15 Nov.	2	0,8
3	15 Nov./18 Dez.	4	1,7
4	18 Dez. 1957/28 Jan. 1958	15	6,2
5	28 Jan./21 Fev.	10	4,2
6	21 Fev./18 Mar.	12	5,0
7	18 Mar./15 Abr.	14	5,8
8	14 Maio/22 Maio	11	11
9	22 Maio/9 Jul.	4	4
10	9 Jul./28 Ag.	8	8
11	28 Ag./24 Out.	15	15

Até Abril de 1958 a maior parte dos materiais emitidos eram lapilli e areia, aos quais foi atribuída a densidade 1,1. O volume correspondente de lava compacta (densidade vizinha de 2,6) foi obtido dividindo os volumes de « cinzas » por 2,4.

O volume total (lava compacta) emitido nos 13 meses de actividade é da ordem dos 85 milhões de m³. Este valor é apenas 1/4 da estimativa feita para a erupção de 1672 [MACHADO, 1959] mas a avaliação da quantidade de lava que correu para o mar naquela erupção parece bastante duvidosa.

Como resultado final da erupção de 1957-58, a área da Ilha do Faial aumentou de 2,41 km² (Fig. 1 e 2).

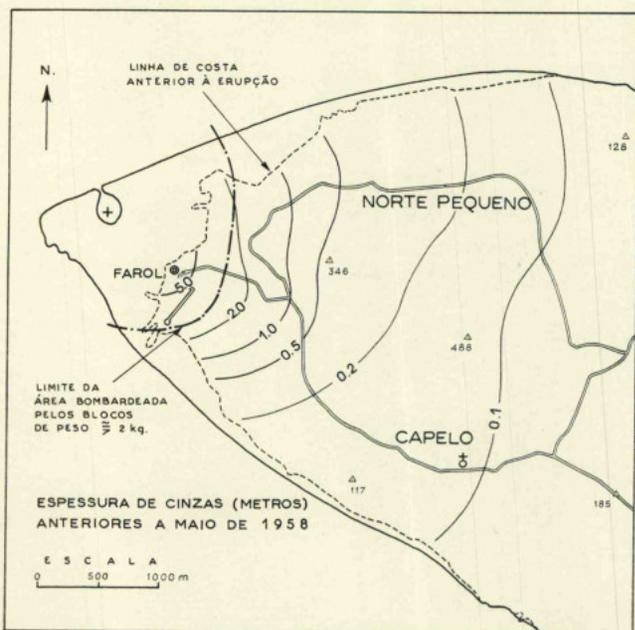


Fig. 3—Espessuras das cinzas e praias formadas durante a actividade vulcânica.

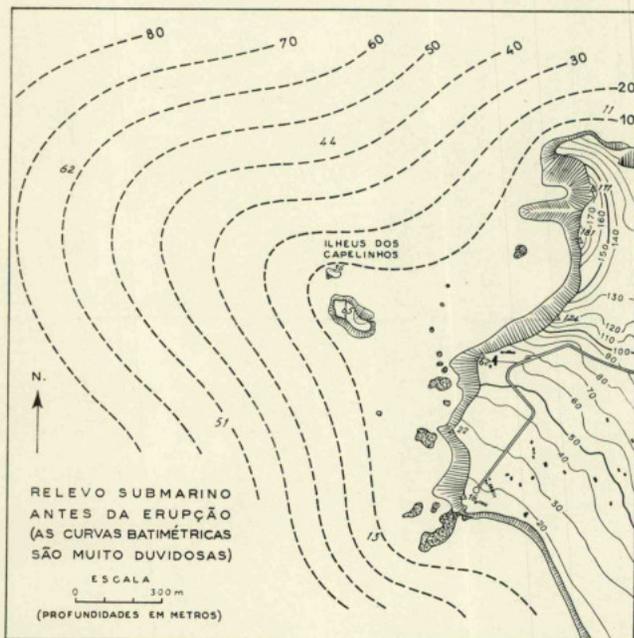


Fig. 4—Relevo primitivo (aproximado) do fundo do mar, junto aos Ilheus dos Capelinhos.

CÁLCULO DA ENERGIA DISSIPADA

Num outro trabalho deste Simpósio [MACHADO, 1959] foi deduzida a seguinte fórmula aproximada para o cálculo da energia duma erupção basáltica:

$$E = 4,8 \times 10^{10} \times V$$

sendo E a energia em ergs, e V o volume em cm^3 da lava (compacta) emitida.

Os volumes da Tabela I permitem então calcular a energia e a respectiva média mensal (em cada 30 dias). O cálculo vai indicado na Tabela II e com esses valores foram traçadas as curvas da Fig. 5.

TABELA II
Energia dissipada na erupção

N.º de ordem	Duração do per.	Vol. equiv. de lava	Energia	Média mensal
	dias	10^{12} cm^3	10^{24} ergs	10^{24} ergs/mês
1	13	22,9?	1,10?	2,53?
2	18	0,8	0,04	0,07
3	33	1,7	0,08	0,07
4	41	6,2	0,30	0,22
5	24	4,2	0,20	0,25
6	25	5,0	0,24	0,29
7	28	5,8	0,28	0,30
8	8	11	0,53	1,99
9	48	4	0,19	0,12
10	50	8	0,38	0,23
11	57	15	0,72	0,38
		84,6	4,06	

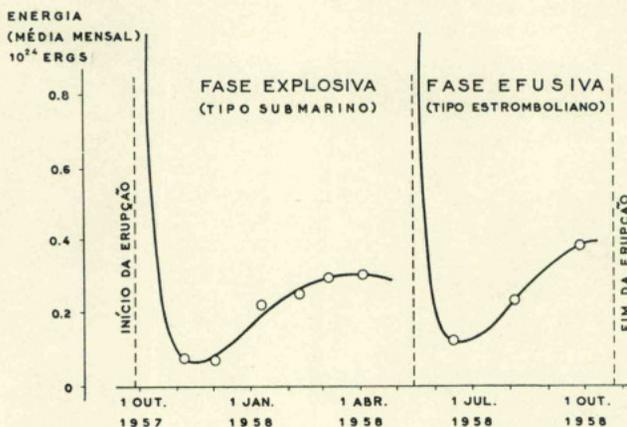


Fig. 5 — Variação da energia média mensal.

Parece haver uma descontinuidade no ritmo de dissipação de energia, correspondendo à mudança da fase «submarina» para a fase efusiva que começou a 14 de Maio de 1958. Isto pode assinalar a presença de duas erupções sobrepostas, circunstância que já era aliás de suspeitar por causa da ocorrência da crise sísmica de Maio de 1958, a qual teve efectivamente características análogas às dos abalos que geralmente precedem as erupções vulcânicas (como sucedera por exemplo em Setembro de 1957).

A energia total é da ordem de 4×10^{24} ergs.

AGRADECIMENTOS

O levantamento de 10 de Outubro de 1957 teve a colaboração dos oficiais do Patrulha S. Tomé da Marinha de Guerra Portuguesa.

Gilberto Silva colaborou na preparação inicial dos desenhos; e a forma final dos vários mapas é devida a José Mourão.

A todos, os autores manifestam o seu reconhecimento.

SUMMARY

Surveying of the volcanic cone formed during the last eruption of Fayal Island (Azores) was made by usual topographic methods.

The maps enabled the writers to compute the volume of ejecta and lava. The corresponding released energy amounted to about 4×10^{24} ergs during the 13 months of eruption.

REFERÊNCIAS

- JOHNSON, D. W. (1938) — *Shore Processes and Shoreline Development*. Wiley, New York.
MACHADO, F. (1959) — A erupção do Faial em 1672. (Artigo incluído no presente *Simpósio*).

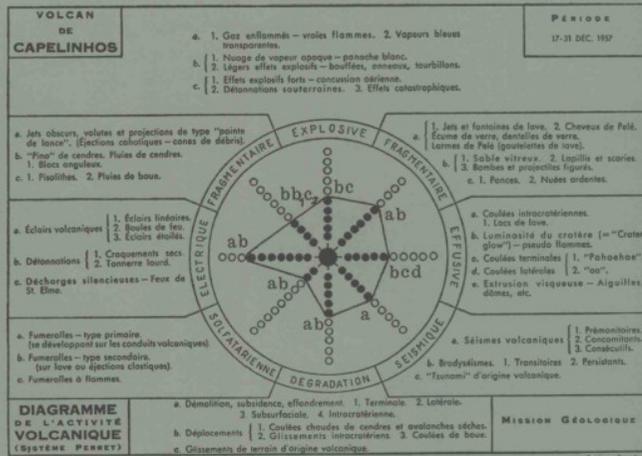


Fig. 1

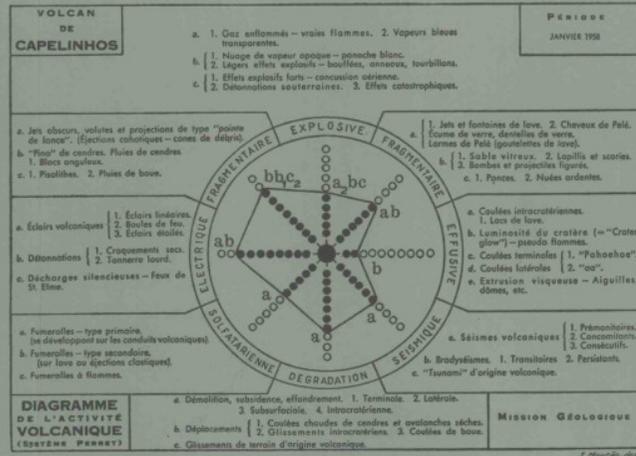


Fig. 2

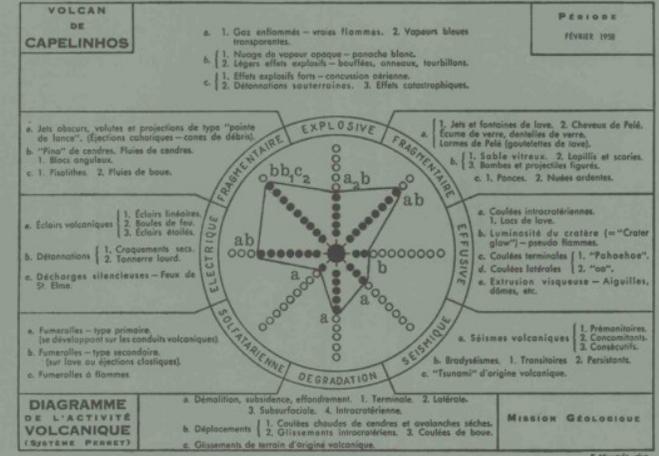


Fig. 3

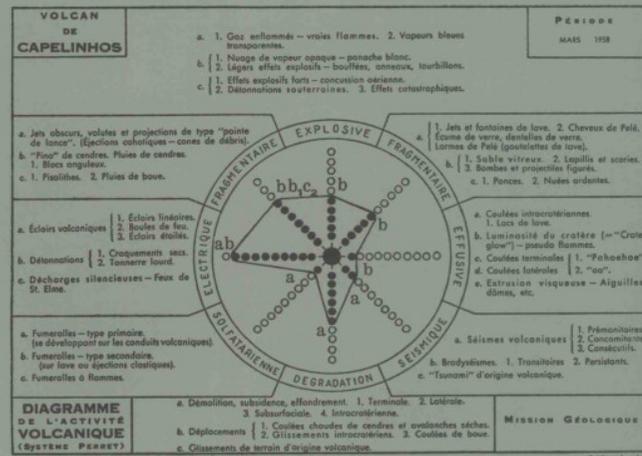


Fig. 4

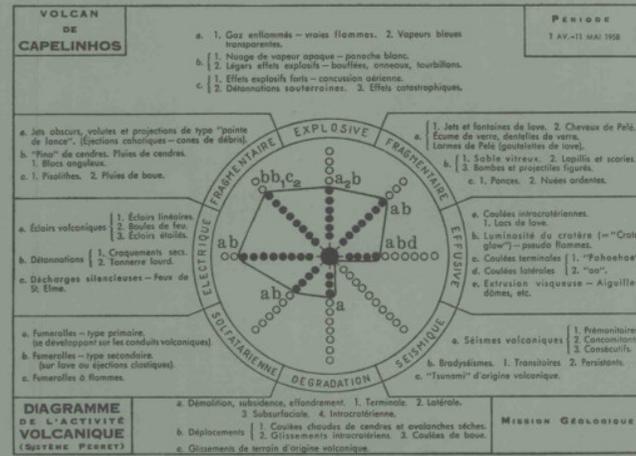


Fig. 5

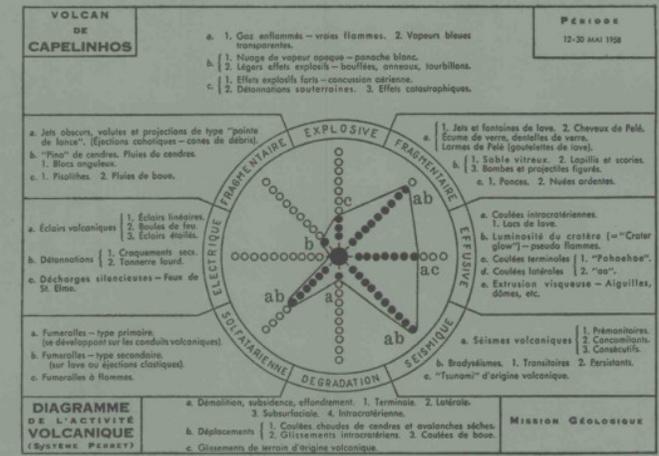


Fig. 6

170
2

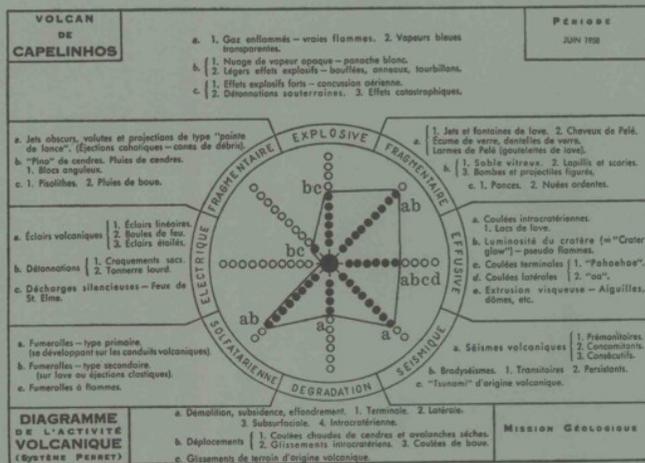


Fig. 7

J. Hourde, etc.

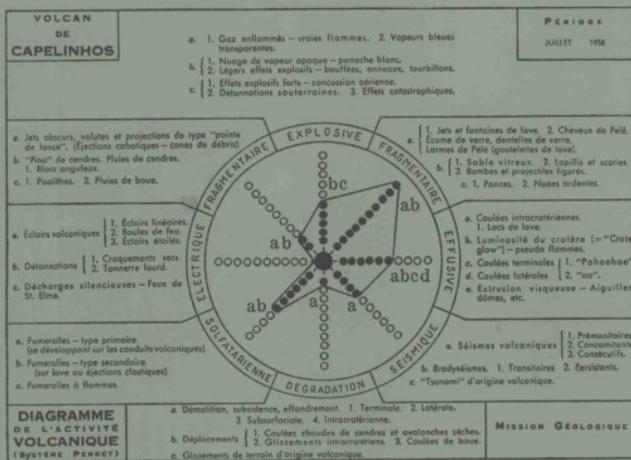


Fig. 8

J. Hourde, etc.

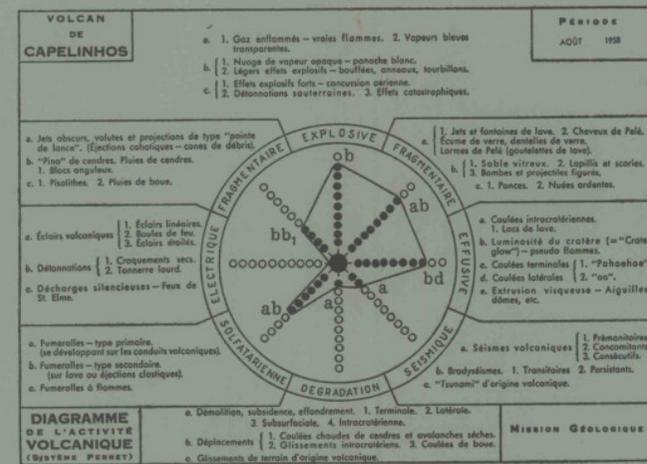


Fig. 9

J. Hourde, etc.

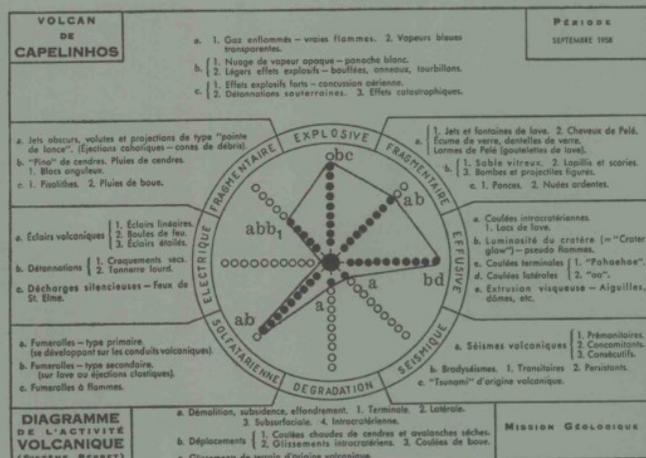


Fig. 10

J. Hourde, etc.

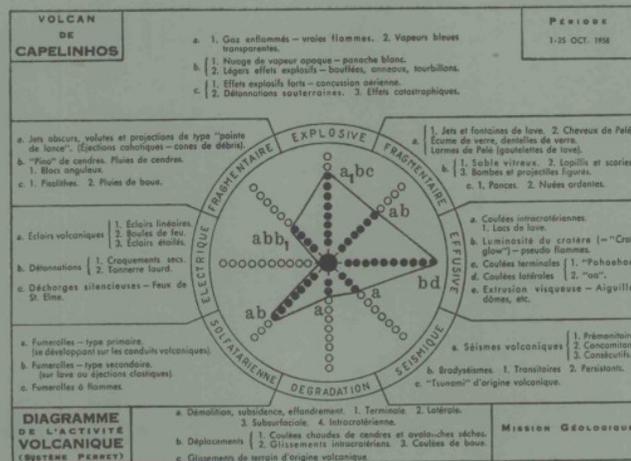


Fig. 11

J. Hourde, etc.

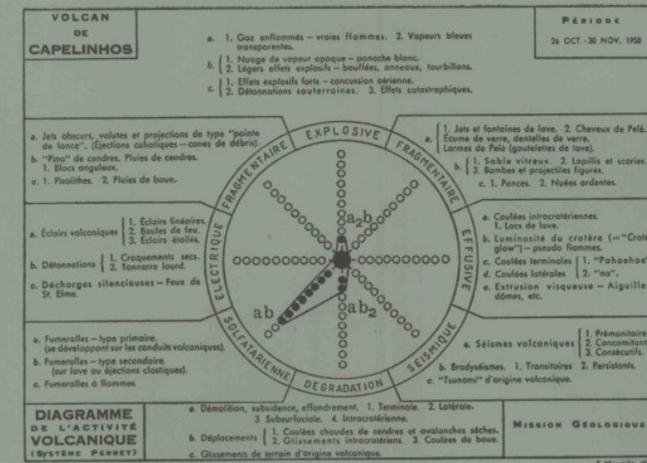
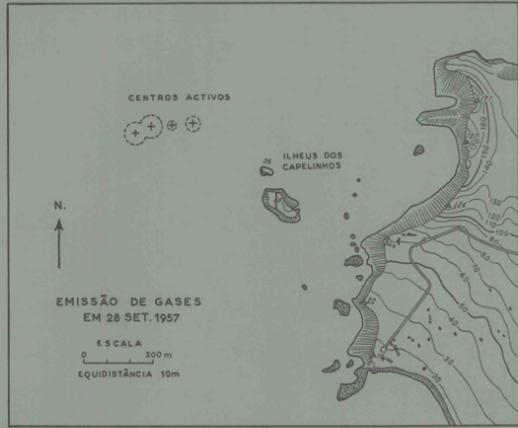
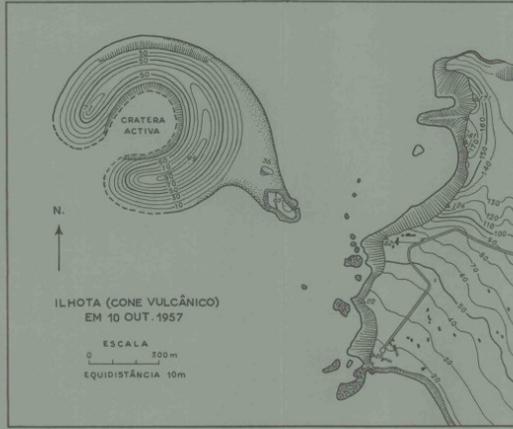


Fig. 12

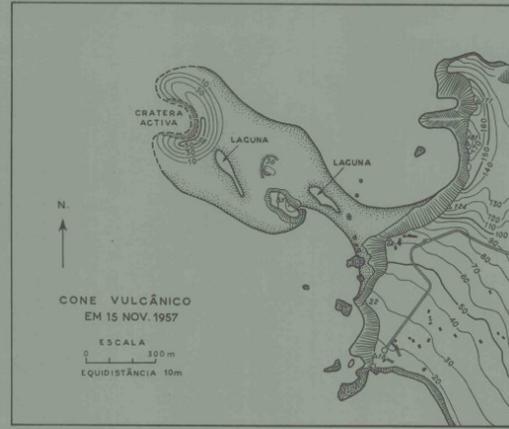
J. Hourde, etc.



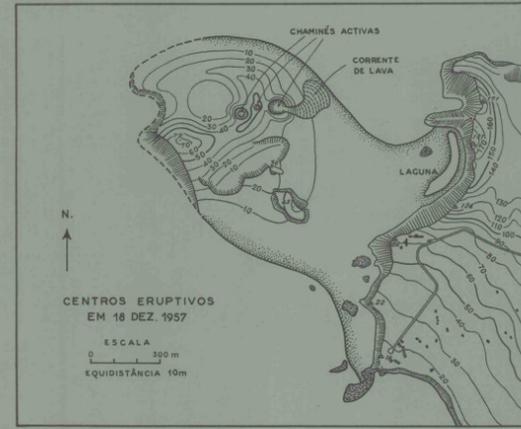
1



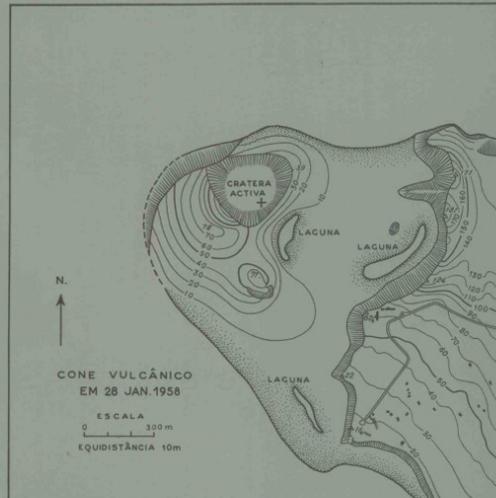
2



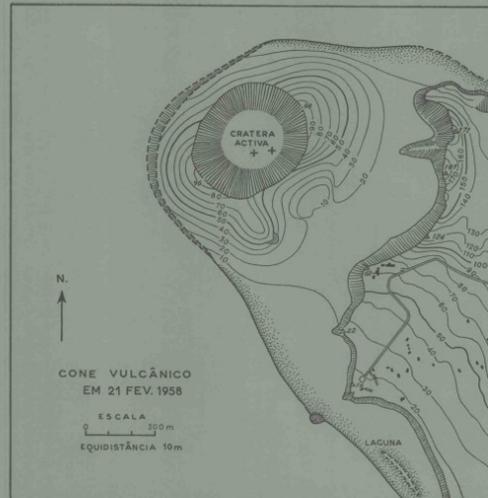
3



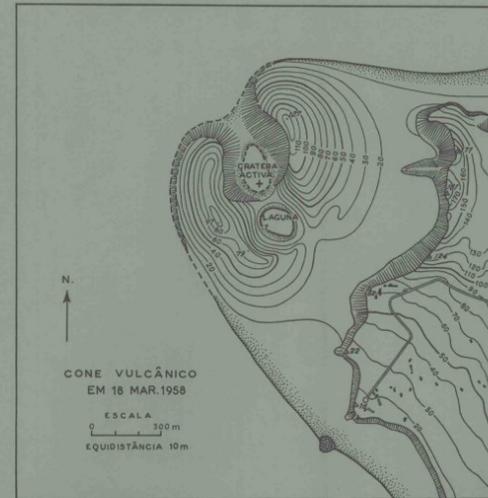
4



5



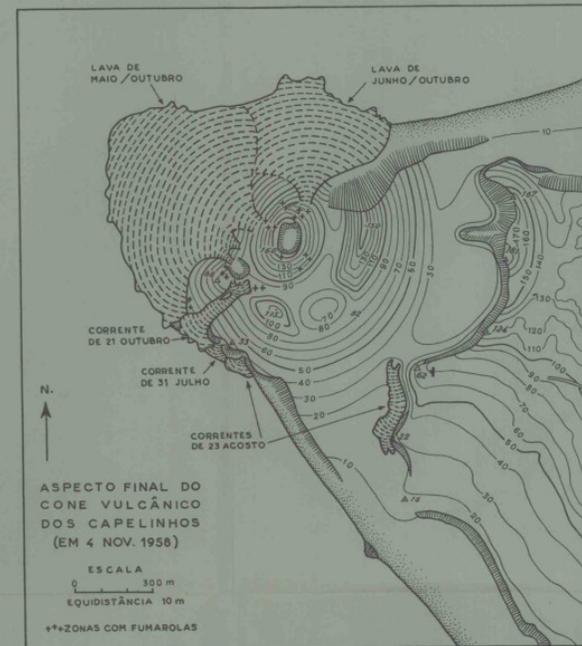
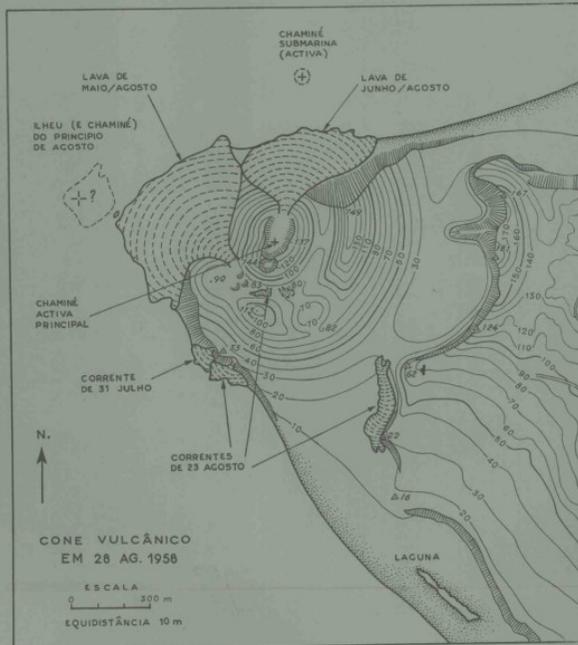
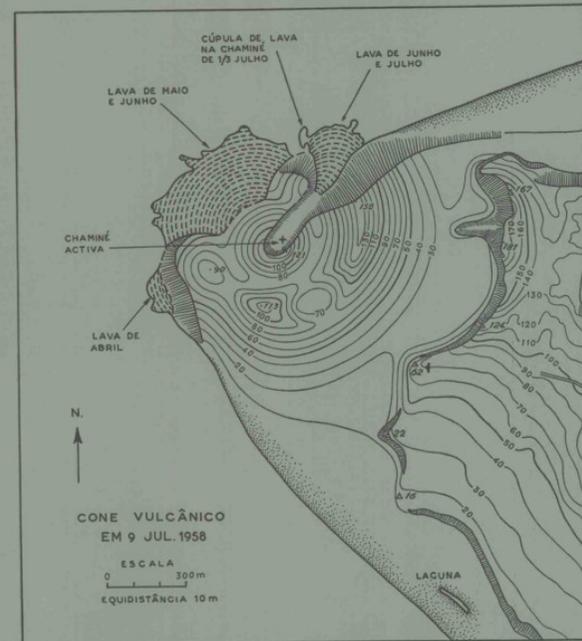
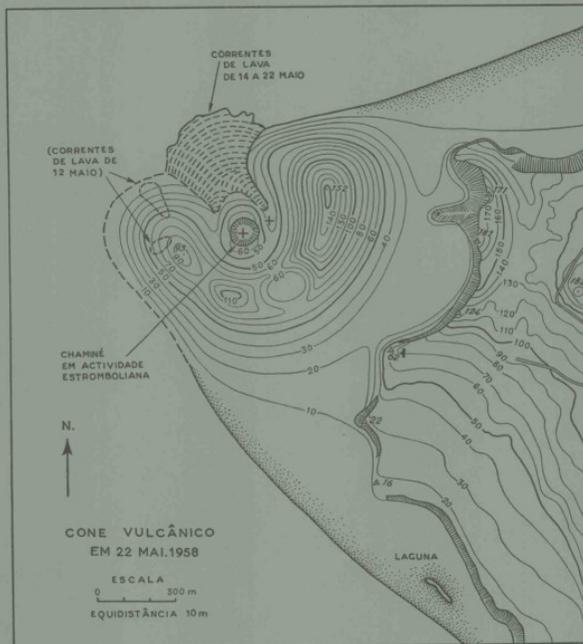
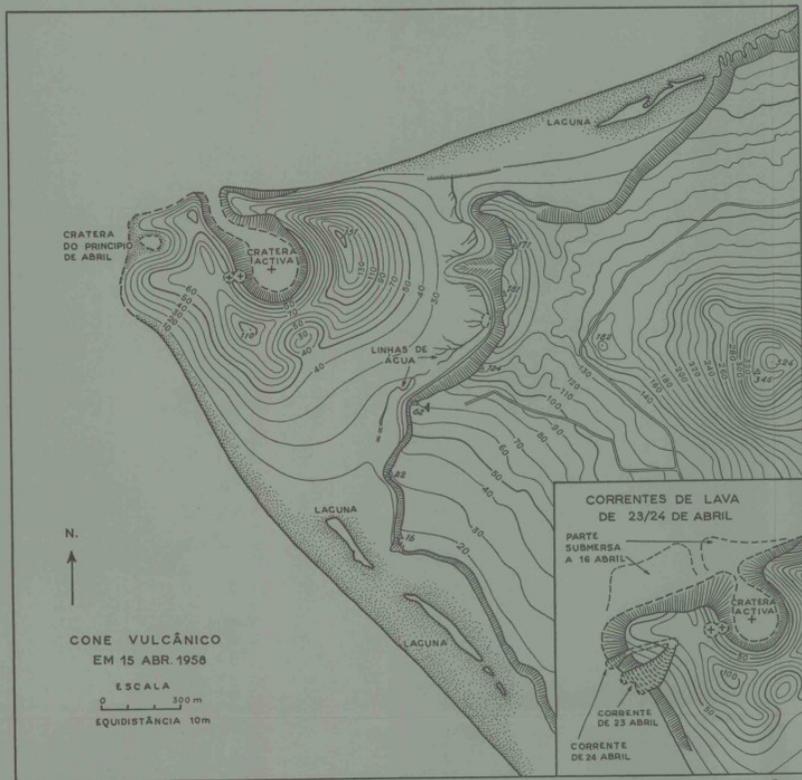
6



7

10 170
5

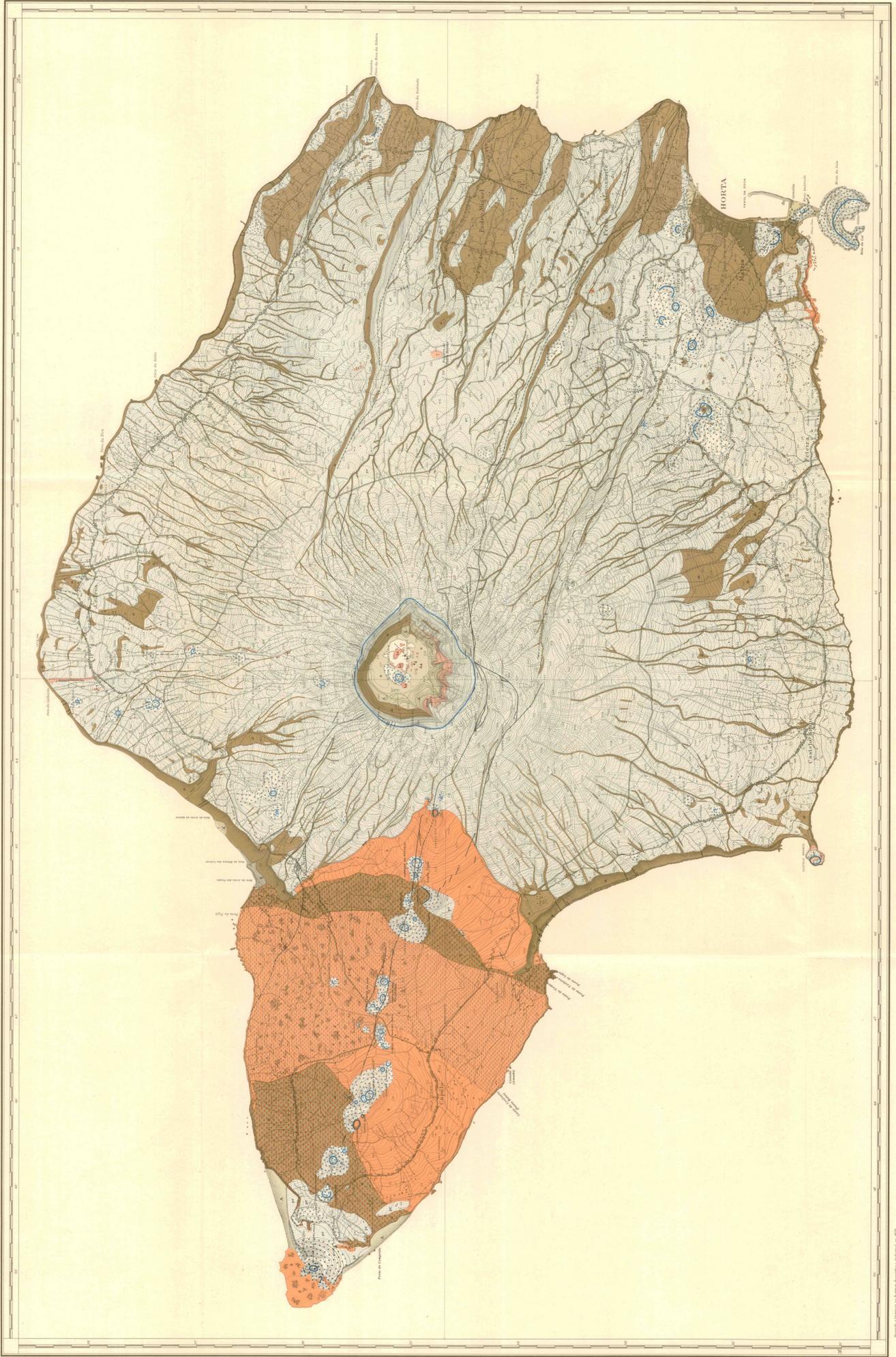
EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS



10-170-6

DIRECÇÃO GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLÓGICOS
 SERVIÇOS GEOLÓGICOS
 CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL

FAMAL (AÇÓRES)



Publicado em 1960
 Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

Publicado em 1960
 Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

Publicado em 1960
 Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

Publicado em 1960
 Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

Publicado em 1960
 Escala: 1:25.000
 Projectado por: [illegible]
 Reduzido de: [illegible]

jour ce pic en caldeira identique à celles qui caractérisent les autres îles de l'archipel. Cependant pour être en mesure de le prédire, il faudrait étudier au préalable la proportion et la composition des couches de tufs des autres îles et les comparer à celles des îles sans caldeiras, Pico et São Jorge.

Sismicité

Sauf les deux îles occidentales de Flores et de Corvo, les Açores sont sismiquement instables. Cette sismicité est cependant beaucoup plus marquée dans le groupe central qu'à l'Est: durant les vingt années qui séparent 1931 de 1950, Santa Maria a ressenti 14 secousses et San Miguel 20, alors que Terceira en a connu 44 et le groupe Pico-Faial 428. Graciosa et São Jorge, qui font cependant partie du groupe central, sont relativement très calmes [MACHADO, 1955].

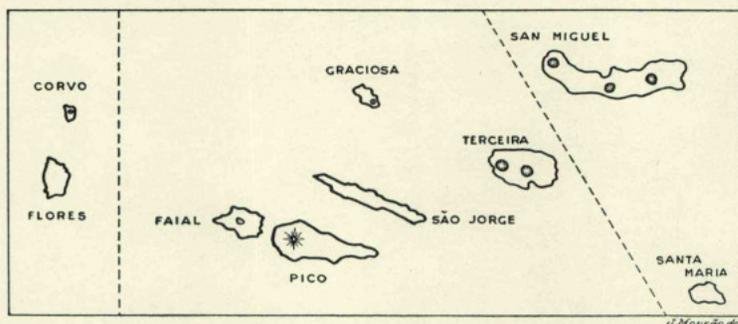


Fig. 2 — Archipel des Açores: groupes occidental, central et oriental, rapprochés les uns des autres.

Volcanisme

L'activité volcanique récente (l'on ne possède des renseignements que depuis le peuplement au XV^e siècle de l'archipel, désert jusqu'alors, par les Portugais et les Flamands) se concentre dans les cinq îles de San Miguel, Terceira, São Jorge, Pico et Faial. Cependant cette quiétude de cinq cents ans à peine ne peut permettre d'affirmer que les volcans de Corvo, Flores et Graciosa soient éteints, d'autant moins que les caldeiras qui s'y trouvent ont des formes jeunes, malgré l'érosion intense qui sévit dans cette région de tempêtes et de fort ruissellement hivernal.

D'après J. AGOSTINHO [1931], 17 éruptions historiques (dont 7 sous-marines) ont précédé dans l'archipel celle qui vient d'y éclater. Presque toutes ont donné des émissions de matériel basaltique [FRIEDLANDER], tantôt effusives, tantôt exclusivement explosives, tantôt mixtes.

II — FAIAL

Faial (Fig. 3), où a éclaté l'éruption de 1957-1958, est l'île située le plus à l'Ouest du groupe central de l'archipel. Elle est édiflée dans le prolongement de la zone fracturée génératrice de Pico et la faible profondeur du chenal, qui les relie plutôt qu'il ne les sépare, montre que ces deux îles forment un tout.

Le groupe Faial-Pico a éprouvé une moyenne de 21 secousses sismiques annuelles durant la période 1931-1950, alors que l'ensemble de toutes les autres îles (sept) n'en éprouvait que 7 en moyenne dans le même laps de temps.

Entre 1932 et 1953, l'on a dénombré 45 séismes d'intensité supérieure à 4 degrés Mercalli, dont la profondeur maximale du foyer ne dépasse pas 30 km [MACHADO, 1954]. De la nature de ces séismes cet auteur déduit des réactions de flux plastique à faible profondeur (chose à laquelle, en région de volcanisme actif, l'on est en droit de s'attendre).

Si le trait morphologique le plus frappant de Faial est la montagne de plus de 1.000 m d'altitude (la Caldeira) qui en occupe le centre, l'élément tectonique essentiel en est un graben, particulièrement bien marqué dans le relief de la moitié orientale de l'île. Ce rift — que nous pouvons appeler selon le village principal qui s'y trouve, graben dos Flamengos ⁽¹⁾

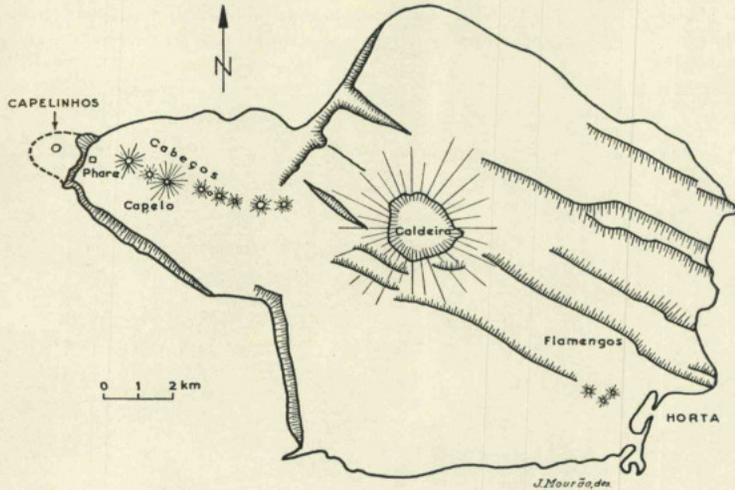


Fig. 3

— large de 7 km et long de 13 à 14 km, traverse l'île de part en part. Il se compose de quatre gradins, larges de 1 à 2 km, que séparent des contre-marches redressées de 60 à 130 m de haut.

Vers le Centre-Ouest, le graben disparaît sous l'empilement des andésites de la Caldeira, puissant cône de 1.000 m de haut que couronne un sink-hole aux parois abruptes. Ce cratère, résultat probable d'une éruption de type plinien, est large de près de 2 km à sa lèvre supérieure et de 750 à 1.000 m à sa partie inférieure, 400 m plus bas.

Malgré l'accumulation des laves issues de la Caldeira, les traces du graben peuvent cependant se déceler dans la partie occidentale de Faial: deux « canyons » se remarquent en effet dans le prolongement exact de deux des ressauts qui séparent les gradins du graben morphologique, canyons dans la genèse desquels l'érosion n'a probablement qu'un rôle secondaire. Il serait d'ailleurs intéressant de rechercher vers l'Ouest l'éventuel prolongement sous-marin de ce rift.

Faial se termine vers l'Ouest par une crête rectiligne formée de 15 cônes et cratères égrenés sur plus de 6 km de long. Cet alignement, typique du volcanisme de fissure, se raccorde, par l'intermédiaire d'une crête (qui à 930 m d'altitude au Sud du cratère de la Caldeira s'incurve de quelques degrés), avec l'escarpement le plus méridional du graben.

(¹) Faial fut à l'origine colonisée par des Flamands venus de Bruges.

Cette faille et ses abords immédiats vers le Sud-Est, en dehors de la Caldeira, est la seule à manifester une activité volcanique: non seulement est-ce sur son prolongement occidental que s'alignent les bouches mentionnées ci-dessus, mais à l'autre extrémité, orientale, de l'île, c'est sur elle que se groupent, dans une surface de 3 km sur 5, une demi-douzaine de cinder-cones relativement récents.

C'est dans cette chaîne occidentale des Cabeços (cimes) qu'a migré, d'Est en Ouest, l'activité volcanique. La seule coulée historique, celle de 1672, s'y situe. C'est dans le prolongement de la crête vers l'Ouest, à 2 km à l'WNW du Cabeço do Canto, dernier piton de la chaîne, qu'a éclaté l'éruption actuelle.

Celle-ci, commencée le 27 Septembre 1957, n'est pas encore terminée (10 Février 1958) et peut être considérée comme l'une des manifestations volcaniques les plus importantes de ces dernières années.

III — ÉRUPTION DES CAPELINHOS

L'éruption fut annoncée le 24 Septembre par deux tremblements de terre, suivis dès le lendemain d'une série de plus en plus serrée de secousses. Le 27, à 6 h 30, des vapeurs appurent à la surface de la mer, à 1 km environ au large, dans le Nord-Ouest du phare des Capelinhos, à l'extrême pointe occidentale de Faial. Les cartes marines indiquent en cet endroit des fonds de l'ordre de 80 à 90 m.

Bientôt l'eau se mit à bouillir et une puissante colonne de vapeurs tourbillonnantes s'éleva relativement haut. Puis jaillirent les premières lancées de scories et dès le 29, un îlot annulaire apparaissait, crête du « cône » de scories amoncelées autour du cratère. Le seul fait qu'un talus de cette dimension (plus de 80 m de haut sur une longueur circulaire de 1 km) eût été accumulé en moins de 48 heures, donne une idée de la violence de l'éruption dès son départ. Cette intense activité explosive, caractérisée par l'émission presque ininterrompue de bombes, scories, lapillis et cendres, ainsi que d'un panache de vapeur s'élevant à près de 6.000 m, se poursuivit jusqu'au 30 Octobre. À ce moment le « cône » annulaire avait atteint une altitude de 80 m environ au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire une hauteur réelle de 160 m au moins au dessus de sa base. Le diamètre de cet anneau était de l'ordre de 600 m au niveau de la mer et de 300 m à la crête. Le talus circulaire, incomplètement fermé, dessinait un fer-à-cheval qui ménageait une brèche de près de 100 m de large, mettant le cratère en communication avec le large.

Le 30 Octobre, l'activité s'interrompt, et quelques heures plus tard la majeure partie de l'île nouvelle s'effondrait sous les flots. Un tel effondrement est normal au terme d'une phase éruptive de cet ordre (les éruptions du Vésuve notamment en fournissent d'excellents exemples) et peut être attribué au retrait de la colonne magmatique.

L'éruption reprit le 1^{er} Novembre, sous-marine d'abord, puis sub-aérienne, pour se développer de façon semblable à la première.

Description du phénomène

L'activité du volcan des Capelinhos, nom de deux îlots rocheux préexistants, désormais englobés dans la masse croissante du nouvel appareil volcanique, est extrêmement spectaculaire. On peut y distinguer deux phases d'activités successives alternant l'une avec l'autre.

Activité pseudo-vulcanienne

Selon des rythmes qui ont varié au cours de l'éruption, l'un, l'autre ou plusieurs à la fois des 5 événements dont, durant mon séjour, il m'a été possible de reconnaître l'existence au fond du cratère, lançaient des gerbes très denses de projectiles. Ces gerbes d'un noir de jais au départ, viraient au gris à mesure de l'apparition de la vapeur d'eau initialement latente

et se mélangeaient progressivement aux nuées de poussière soulevées par la retombée des projectiles sur les pentes du cône.

Les projections composées de gaz lourdement chargés de scories (bombes, lapilli, sables, cendres) étaient envoyées tantôt à la verticale, tantôt en oblique, à des hauteurs de l'ordre de 150 à 400 m au-dessus du bord du cratère (soit 250 à 500 ou 600 m au-dessus des bouches éruptives). Ces explosions affectent une forme très caractéristique rappelant un bouquet de sapins. G. IMBO [1951] l'a baptisé type cypressoïde; il était caractéristique du deuxième temps de la phase à explosions mixtes de la grande éruption du Vésuve de Mars 1944. Il caractérisait également l'éruption de 1929 d'Anak Krakatau [NEUMANN VAN PADANG] (voir photos 2 et 3) et de l'éruption sous-marine de Miyojin-Reef (1952).

L'aspect vulcanien du phénomène provient, à Faial, du mélange opaque, gris et noir, de ces puissants jets cypressoïdes avec les bouffées de poussières soulevées et les grosses volutes de vapeur d'eau engendrée par la retombée à la mer des milliers de tonnes de matières à haute température. L'expansion rapide des gaz et des vapeurs provoquaient le développement des « choux-fleurs » gris, caractéristiques des explosions vulcaniennes (voir photo 4).

L'examen des ejecta, essentiellement basaltiques (et basaltes en fusion, comme on pouvait s'en assurer visuellement de nuit), montre cependant que cette ressemblance est toute superficielle: seul le fait d'être vomis par un événement sous-marin qui « éteint », si j'ose utiliser ce terme, les projectiles (leur extérieur du moins, et quelle que fût leur taille); ce fait seul suffit à transformer l'aspect du phénomène. Il était donc à prévoir que les projections deviendraient incandescentes aussitôt que la mer n'aurait plus accès au cratère: un télégramme à la date du 6 Décembre annonçait qu'il en était bien ainsi et décrivait l'activité comme Strombolienne [FR. MACHADO]. Ultérieurement, l'océan s'étant infiltré de nouveau dans le cratère l'activité pseudo-vulcanienne reparut.

Activité vésuvienne (ash-phase) ou plinienne

A intervalles variables (durant ma visite ils évoluèrent brusquement de 40 minutes en moyenne jusqu'à 2 h 30, pendant lesquels s'exerçait l'activité pseudo-vulcanienne décrite ci-dessus), se produisaient des « paroxysmes » de durée proportionnelle à celle de intervalles. Le plus court que j'aie pu observer était de 3^{min}40^{sec}, les plus longs de 82^{sec} et 101^{sec} le 16 Décembre 1957. Le 7 Décembre un paroxysme a duré 3 heures, envoyant ses projectiles à 900 m, et le même jour un autre les expédia à 1.250 m sans faiblir 50 minutes durant. Ils consistaient en une émission très puissante de gaz, non sous forme d'explosions mais en exhalaison continue, marquée d'à-coups plus ou moins violents, expédiant à des hauteurs variant d'ordinaire de 400 à 900 m (1.100 m le 6 Décembre et 1.250 m le 7 Décembre 1957) des jets noirs, gaz chargés de poussières et de masses scoriacées imbibées d'eau de mer (1).

Le même processus que celui des nuées pseudo-vulcaniennes décrit plus haut se répétait, mais à échelle quadruple, et, selon l'expression d'ALFRED LACROIX [1906]: « les volutes s'emboîtaient précipitamment les unes dans les autres ».

La nuée laissait choir des avalanches de matériaux plastiques ou solides, et le panache du volcan s'élevait à des hauteurs de l'ordre de 5.000 m. A mesure qu'augmentait la distance, l'avalanche se muait en pluie de lapilli, de boues, puis de cendres. A titre d'exemple, au terme d'un seul paroxysme de durée moyenne (28 minutes), les cendres qui s'étaient déposées à Horta, à l'autre extrémité de l'île de Faial (18 km à vol d'oiseau), représentaient un film d'environ 1/10^e de millimètre d'épaisseur, alors qu'à Capelo (4 km) cette épaisseur était de plus de 2 mm, et qu'au phare de Capelinhos (1 km) elle dépassait 30 mm. Sur la

(1) Le 15 Décembre 1957, paroxysmes quasi continus toute la journée durant, accompagnés de craquements qui terrifiaient la population (J. COLLINS, communication personnelle).

crête du volcan, lieu de l'accumulation maximale, l'on peu estimer à 1 m au moins l'épaisseur ajoutée au « cone » par cette seule émission ⁽¹⁾. En 24 heures d'activité (10-11 Décembre), une épaisseur nouvelle de 10,5 cm fut mesurée à 1.800 m du volcan. Durant la nuit du 15 au 16 Décembre, 30 cm de scories s'accumulèrent autour du phare. à 1.000 m du cratère.

La répartition granulométrique des ejecta est fonction de plusieurs facteurs: violence des émissions, distance du lieu de retombée, force du vent, mais aussi de la direction et de la pente de l'évent: j'ai vu un projectile de 0,5 m³ (près d'une tonne) lancé obliquement vers le Nord retomber à une distance supérieure à 1.200 m. Lors de l'explosion paroxysmale de 1936 à l'Asama-Yama, Japon, des blocs de plus de 5 tonnes, lancés à une vitesse calculée ultérieurement de 183 m/sec, sous un angle de 37°, sont retombés à 3,5 km.

Aux Capelinhos, quoique des pierres de 1 dm³ tombassent parfois jusqu'au-delà du phare (1 km), les bombes de plus de 2 dm³ s'abattaient d'habitude dans un rayon de 500 m. Le 31 Décembre 1957, des blocs de 1,50 m × 80 × 80 se sont ahattus à 800 m du cratère. Au-delà, les lapilli (sables de quelques millimètres à 1/4 de millimètre environ) tombaient en averse jusqu'à des distances de l'ordre de 2 à 4 km, donnant progressivement le pas aux « cendres » de plus en plus impalpables. Une superficie de plus de 2.500 ha de champs et de pâturages furent ensevelis à Capelo et à Norte Pequeno, sous des épaisseurs de plusieurs pieds de cendres.

Le phénomène des pluies de boue était dû au fait que les bouches éruptives se trouvaient sous le niveau de la mer. Le cône de débris étant toujours en forme de fer-à-cheval faisait communiquer le cratère avec l'océan; par conséquent, chaque éjection était accompagnée de milliers de tonnes d'eau: dès que se dissipaient les grosses bouffées de poussières, gaz et vapeurs qui cachaient à chaque fois l'appareil volcanique, on apercevait, ruisselant le long des génératrices du cône, des torrents de boue (lahars) formés par la retombée sur les cendres de lourds paquets d'eau (voir photo 5). D'énormes quantités d'eau cependant, de même que la lave pulvérisée par la violence des échappements gazeux, étaient entraînées plus haut et plus loin pour ensuite, mélangées aux cendres fines, retomber en partie sous forme de pluie de boue.

De l'eau était également entraînée dans les airs par les fragments de lave (blocs anciens ou bombes fraîches) de toutes tailles. Cette eau d'imbition, tout d'abord invisible, une seconde ou deux après l'explosion apparaissait sous forme de vapeur blanche: il semblait alors voir les projectiles « naître » et dessiner de clair la parabole de leur trajectoire sur le fond d'un noir de suie.

Cependant lorsque le paroxysme se prolongeait au-delà de 6 à 7 minutes, l'eau qui emplissait le cratère finissait par être totalement expulsée; comme les explosions s'emboîtaient sans discontinuer, l'océan ne pouvait plus s'engouffrer dans l'évent aussi longtemps que durait le phénomène; alors le caractère des ejecta évoluait: leur couleur virait du noir absolu aux roux et aux bruns sombres, caractéristiques des paroxysmes de type vésuvien.

Les frictions violentes de ces myriades de particules tourbillonnant dans les circonvolutions « cervelliformes » du panache engendraient des différences de potentiel suffisantes pour déclencher de violentes décharges électriques. Le fracas de la foudre était paradoxalement le seul bruit intense de cette éruption d'une violence exceptionnelle, par ailleurs complètement silencieuse si l'on excepte, à proximité du volcan seulement, le bruit sourd des impacts de bombes et la rumeur profonde de la terre en train de trembler. Des séismes, vraisemblablement tout à fait superficiels, nettement perçus jusqu'à plus d'un kilomètre du volcan à travers tout le corps de l'observateur, accompagnaient en effet les paroxysmes de façon

⁽¹⁾ Le cône croît évidemment en proportion des matières éjectées par le cratère, mais certaines déflagrations particulièrement violentes ont au contraire un effet destructeur: le 29 Novembre 1957, le cône atteignait 100 m d'altitude; le lendemain, 105 m; le 1^{er} Décembre 115 m; le 2 Décembre un paroxysme explosif en rabaisait la crête à 105 m, et à 90 m le 3 Décembre.

ininterrompue. Il est à présumer que ce silence inattendu est dû à l'épais matelas d'eau de mer qui étouffe tout bruit d'explosion: quoiqu'un anneau presque complet dépasse de près de 100 m le niveau de la mer, le fond du cratère qu'il circonscrit doit se trouver encore à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Il est à présumer que si l'éruption dure assez longtemps pour que le «fer-à-cheval» se referme et interdise à l'océan l'accès du cratère, le fracas habituel aux éruptions violentes se fera entendre.

Il eût été intéressant de pouvoir enrégistrer parallèlement l'activité sismique et les impulsions dues à l'échappement «explosif» des masses gazeuses. Cela eût permis, dans le cas particulièrement favorable de cette éruption, de déterminer peut-être les relations de cause à effet des vibrations avec, d'une part, les oscillations de la colonne magmatique dans un conduit obturé par une masse d'eau importante et, d'autre part, avec les bouffées «explosives» [cf. IMBO, G., 1954] (1).

Durant les onze premières semaines d'activité, il n'a pas été possible d'observer trace d'effusion lavique. Le fait que la base de l'appareil volcanique ainsi que les événements actifs se trouvaient sous le niveau de l'océan, rend évidemment difficile l'observation d'un tel phénomène; car, à l'encontre de ce que l'on a tendance à croire, une coulée sub-aquatique, ainsi que j'ai eu l'occasion de m'en rendre compte antérieurement, ne donne pas nécessairement à la surface de vapeurs de bouillonnements ni de bulles gazeuses aisément perceptibles.

Le 16 Décembre (communications personnelles de MM. J. COLLINS, FR. MACHADO et R. GONÇALVES, de Horta, Faial), après une journée de paroxysmes presque continus et plus intenses qu'ils ne l'avaient jamais été jusque-là (maisons à Capelo — 5 km — secouées au point d'empêcher les habitants de dormir), et de lourdes chutes de cendres et de boues durant la nuit et le matin, les explosions cessèrent à 13 h 30, donnant l'impression que «le volcan était éteint». Trois soldats le gravirent jusqu'au bord du cratère et déclarèrent qu'il était sec et tranquille à l'exception de 3 fumerolles. Mais à 22 h 30 un changement soudain se fit et la lave se mit à couler, très lentement (quelques mètres par heure), sur une largeur de 50 m. A 200 m de son lieu d'émission elle s'enfonçait dans la mer. Du type aa, cette lave était, de nuit orange à l'origine et rouge en aval; 4 bouches émettaient des fontaines de lave, en même temps que des rocs incandescents étaient lancés en l'air par des explosions modérées. Plusieurs «conelets» furent ainsi construits au Nord-Est du cratère principal. L'événement de plus large s'était ouvert au travers de l'édifice volcanique (cône), les 3 autres se trouvaient à l'intérieur du cratère. A un moment donné, il y eut 7 événements différents.

Cet état de choses se poursuivit durant toute la journée du 17 et la nuit suivante. Le 18, 4 bouches livraient passage à des fontaines et l'une était revenue à l'activité à cendres noires et vapeurs d'eau.

Le 19 à l'aube, la lave rouge disparut et tous les événements vomissaient des scories noires, de la vapeur et de gros blocs, plus violemment que jamais. Apparemment la mer avait à nouveau pénétré dans le cratère.

Le 21 et le 22, on distingua la lave couler sous les scories du cône et s'étaler sous les cendres, en direction Nord-Est (Costado da Nau). Les vagues se brisent désormais sur la «côte» de basalte solidifié (photo 6).

Le 23, une violente explosion projeta des blocs au-delà du phare (plus de 1 km de distance). Le 24, activité explosive forte tout le jour (600 à 800 m de hauteur). Le 25, des blocs sont lancés jusqu'à 150 m au-delà du phare. Le 26, le cône s'affaissa partiellement et la mer envahit le cratère par le Nord. Le 27, fortes explosions espacées.

(1) Un sismographe a été installé depuis par M. FR. MACHADO à Horta. Ce dernier a eu l'obligeance de me faire communiquer ses premières constatations déduites de l'étude des sismogrammes: l'agitation sismique continue n'est pas en relations avec l'activité explosive, et l'agitation semble plus forte lorsque l'activité volcanique au cratère est moins violente.

IV — ESTIMATION DE L'ÉNERGIE ÉRUPTIVE

J'ai déjà dit que l'éruption des Capelinhos pouvait être considérée comme l'une des plus importantes qui se soient manifestées de par le monde en ces dernières années. Voici quelques chiffres à l'appui de cette affirmation.

L'énergie cinétique libérée par une explosion volcanique peut être estimée à partir de formule classique $E = 1/2 M v_0^2$, où M est la masse expulsée et v_0 la vitesse initiale des ejecta.

Les valeurs attribuées ci-dessus à M et v_0 sont, spécialement pour M , approximatives, suffisantes cependant pour obtenir, ce qui importe dans le cas présent, un ordre de grandeur.

La quantité de matières (gaz, solides, liquides) éjectées en une seconde est égale au produit de la surface des événements par la vitesse initiale. La section totale des 5 événements, impossible à mesurer dans les circonstances présentes, a été estimée — sur la base de mon expérience personnelle — à un minimum de 900 m². La vitesse initiale des jets était au minimum de l'ordre de 150 m/sec. (voir photo 3 et légende). Les grosses « bombes », dont la vitesse initiale aurait pu être inférieure à celle-ci, n'étaient pas visibles au départ, noyées qu'elles étaient dans la masse opaque des ejecta; mais cette vitesse était au moins de 100 m/sec., estimation basée sur la vitesse des chutes en fin de parabole. Sans erreur rédhibitoire (sinon par défaut), nous pourrions donc poser que le volume émis par seconde lors des paroxysmes mettant en jeu à la fois tous les événements du cratère est égal (au minimum) à :

$$\text{Vol.}_{\text{sec.}} = S \times v_0 = 900 \times 120 = 108.000 \text{ m}^3.$$

D'après les chiffres publiés, le pourcentage en poids des gaz varie entre 0,15 % et 3,1 % (Kilauea, 1950: 0,15 %; Mauna Loa 1940: 0,4 %; Vésuve, 1929: 0,67 %; Nyamtagira, 1938: 0,7 %; Paricutin; 1945: 1,1 %; Asama Yama, 1935: 1,5 %; Kilauea, 1950: 2,1 %; Kituro, 1948: 3,1 %). Ces proportions sont obtenues en comparant le débit des gaz et de la quantité des laves émises durant la même période.

Dans l'éruption actuelle des Capelinhos, je pense que l'on peut adopter une proportion des gaz aux laves, égale à 1 % (en poids). Sur la base normale admise d'un poids spécifique de $0,18 \times 10^3$ pour la phase gazeuse et de $2,5 \text{ kg/dm}^3$ pour la phase liquide-solide, l'on trouve qu'en volume les proportions sont inversées et que les gaz représenteraient ici 99,28 % du volume total.

Ce dernier ayant été estimé à 108.000 m³/sec., la quantité de laves y serait de 778 m³ contre 107.223 m³ de gaz.

Le poids de cette quantité de lave peut être évalué à : $778 \times 2,5 = 1.945$ tonnes. D'où, en u. c. g. s. :

$$E = 1/2 M v_0^2 = 1/2 \cdot 1,94 \cdot 10^9 \text{ (gr.)} \cdot 10^8 \text{ (cm/sec)} = 10^{17} \text{ ergs,}$$

soit environ 14 millions de C. V. ou 10 millions de kW.

Si nous comparons ces chiffres à ceux relatifs à d'autres éruptions, nous voyons que celle de Faial se classe parmi les manifestations importantes du volcanisme mondial :

Bezmianny, 30 Mars 1956	4×10^{23} ergs	in G. S. GORSHKOV [1959]
Asama Yama, 20 Avril 1935	$2,3 \times 10^{19}$ ergs	
Asama Yama, 2 Février 1936	$0,7 \times 10^{19}$ ergs	in T. MINAKAMI [1950]
Asama Yama, 16 Avril 1937	$4,2 \times 10^{19}$ ergs	
Asama Yama, 7 Juin 1938	$1,7 \times 10^{20}$ ergs	
Asama Yama, 23 Septembre 1950	10^{20} ergs	T. MINAKAMI et S. SAKUMA [1953]
Vésuve, 23 Mars 1944	6×10^{19} ergs	d'après G. IMBO [1955]
Capelinhos, Octobre, Novembre et Décembre 1957, Janvier et Février 1958	10^{17} ergs	
Etna, Mai 1957	10^{16} ergs	
Izalco (El Salvador), Novembre 1956	$8,5 \times 10^{15}$ ergs	
Sakurajima (Japon), Octobre 1956	2×10^{15} ergs	
Stromboli, Août 1957	$1,5 \times 10^{15}$ ergs	
Bromo (Java), Juillet 1956	$2,2 \times 10^{15}$ ergs	

Les estimations de la vitesse initiale ont été basées, dans le cas de l'Etna, de l'Izalco, du Sakurajima et du Stromboli, sur l'observation de la trajectoire des bombes de diamètre relativement gros (1).

Du tableau ci-dessus nous pouvons conclure que les explosions de la récente éruption des Açores sont dix fois plus puissantes que celles de l'Etna, lors de sa belle éruption du printemps dernier, où des bombes de plus d'une tonne furent lancées à 250 m du cratère. Mais elles seraient 600 fois moins violentes que celles de la phase paroxysmale de la dernière en date des éruptions du Vésuve, 1.000 fois moins que les formidables explosions de l'Asama Yama, autour duquel j'ai pu voir des blocs (bombes volcaniennes en « croûtes pain ») de plusieurs tonnes (1 à 2 m de côté) au fond d'entonnoirs, profonds de 3 m et larges de 15 à 20 m, qu'elles avaient creusés, et cela à des distances de 2 à 3 km du cratère.

Si l'énergie cinétique instantanée libérée par le volcan de Capelinhos est ainsi de mille à deux mille fois inférieure à celle de l'Asama Yama par exemple (les énergies développées dans les cataclysmes plus anciens du Tambora, du Krakatau (1883) ou du Katmai n'ont pas été chiffrées), le travail produit par l'éruption, dont la durée au moment où ces lignes sont écrites dépasse dix-neuf semaines, est incomparablement plus grande: on peut actuellement l'estimer, compte tenu de très brèves accalmies, de l'ordre de 10^{17} . 10^7 soit 10^{24} ergs ou 10^{14} kWh (100.000 milliards de kWh) (2).

La violence des phénomènes explosifs qui se sont manifestés au cours de cette éruption d'un volcan à laves basiques pourrait surprendre ceux qui gardent dans l'esprit le schéma simplifié d'un parallélisme étroit entre le degré d'acidité d'un magma et son explosivité. Les choses sont en réalité plus complexes et si la fluidité d'un magma est fonction de sa teneur en SiO_2 et en Al_2O_3 , elle dépend aussi pour une large part d'autres facteurs, notamment de la température (impossible à mesurer dans le cas présent), de la proportion de vapeur d'eau (énorme en ce cas d'éruption sous-marine), de la vitesse et de la masse d'émission (très grandes ici), de la quantité de gaz inclus dans le magma et probablement aussi du fait que les bouches éruptives se trouvent « obstruées » par quelques milliers de tonnes d'eau de mer... C'est ainsi que certains volcans ont donné naissance à des coulées acides, voire excessivement acides, épanchées sur des distances considérables (Sakurajima, Lipari,...). Alors que des volcans à laves basiques ont pu se comporter de façon essentiellement explosive (Myojin Reef, Capelinhos,...).

Ce qui différencie sans doute le plus l'éruption en cause de la plupart des autres manifestations volcaniques décrites jusqu'ici dans le monde, est certes la conjonction d'une violence et d'une durée également importantes. Or les faits d'observation permettent de formuler cette règle assez générale que violence explosive et durée d'éruption sont grosso modo inversement proportionnelles.

L'exception présente pourraient être expliquée par la nature sous-marine de l'éruption; les phénomènes de durée et d'intensité explosive seraient attribués chacun à une cause différente: longue durée parce qu'effusion basaltique, forte explosivité parce qu'éruption sous-marine.

(1) Celles du Bromo, par contre, devraient être corrigées compte tenu du fait que ce volcan émettait — sans discontinuité et très régulièrement — des gaz chargés de poudre impalpable à l'exclusion de toute bombe et même de tout lapilli. La vitesse observée au Bromo, de 11 à 12 m/sec. à la sortie de la cheminée, est en grande partie due à la pression interne et en partie à l'expansion dans l'air atmosphérique des gaz comprimés.

(2) L'éruption du Vésuve de Mars 1944 qui, à certains égards, ressemble à celle-ci, a duré en tout 27 jours, dont 12 de paroxysme: les explosions de l'Asama sont très brèves et, seule en ces dernières années, l'éruption de 1950-1951 de l'Etna (dont les phénomènes explosifs — et partant, l'énergie cinétique — furent incomparablement plus faibles), peut, par sa durée surtout et l'énergie (thermique) dégagée par ses puissantes coulées de laves, se comparer à celle de Capelinhos.

L'éruption du volcan Bezymianny, 1955-1956, a développé une énergie totale de $2,2 \times 10^{25}$ ergs, et lors de l'explosion paroxysmale du 30 Mars 1956, 4×10^{23} ergs. C'est l'éruption la plus violente que le monde ait connu en ce quart de siècle pour le moins.

En effet, ce sont les volcans à émissions basaltiques qui donnent lieu aux éruptions les plus longues dans le temps (Laki, Etna, Mauna Loa, Kilauea, Nyamlagira,...). L'éruption des Capelinhos étant essentiellement basaltique ⁽¹⁾, sa durée (4 1/2 mois jusqu'ici) n'a rien d'anormal.

D'autre part, le contact du magma neuf, non dégazé, avec les eaux de l'océan infiltrées sous les ejecta amoncelés, provoque probablement des phénomènes explosifs, que STEARNS [1930] a appelés phréatomagmatiques ⁽²⁾. Des explosions de ce type ont été observées [COTTON, 1944] aux îles Hawaii et aux Açores (1811) par exemple, là où un magma de composition habituellement non explosive entrait en contact avec l'eau de la mer. Le même auteur cite par contre divers cas où des coulées basaltiques (Matavanu aux îles Samoa,

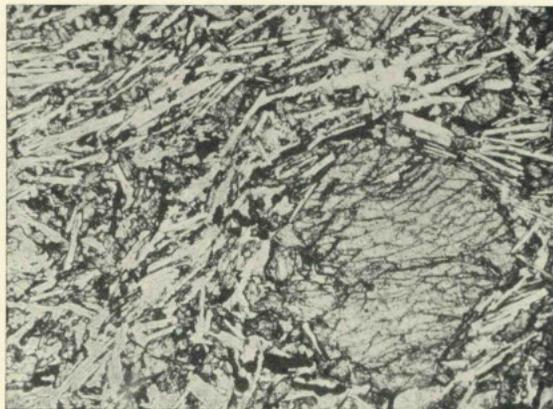


Fig. 4 — Basalte de Capelinhos. 1957: Plagioclase basique (labrador-bytownite) maclé et olivine. (Lum. naturelle $\times 102,5$).

Stromboli, 1915) ou andésitiques même (Sakurajima, 1914; Santorin, 1952) ont pénétré dans la mer sans provoquer d'explosions. VERHOOGEN [1948] et l'auteur [TAZIEFF, 1951] ont de leur côté observé de puissantes coulées de kivites (basanites) s'enfoncer paisiblement dans les eaux du lac Kivu.

Selon toute vraisemblance, cette différence de comportement est due au fait que les coulées émises à l'air libre (Sakurajima, etc.) étaient fortement dégazées au moment de leur entrée dans l'eau, alors que dans le cas d'une éruption réellement sous-marine, c'est un magma riche encore de tous ses gaz dissous et occlus qui se trouve mis en contact soudain avec l'eau. A ce moment, des phénomènes explosifs se produisent, suite à des réactions d'ordre divers, parmi lesquelles celle d'une occlusion brutale provoquée par le refroidissement superficiel quasi instantané de la partie de la colonne magmatique au contact de l'eau; cela provoque un « effet de couvercle » sur la chaudière de basalte en fusion, effet de couvercle accru du poids des eaux surincombantes. L'explosion, ou les explosions qui s'ensuivent, d'autant plus intenses que sont élevées la richesse en gaz du magma, la vitesse de son renouvellement, la masse aqueuse qui recouvre la bouche éruptive et la température de la

⁽¹⁾ Basalte à labrador-bytownite, olivine et augite (voir Fig. 4).

⁽²⁾ Ce terme est pris ici dans un sens large d'explosions provoquées par contact du magma avec l'eau superficielle, qu'elle soit marine, lacustre ou phréatique.

lave, continueront à se manifester aussi longtemps que le dégazage du magma n'aura pas franchi un certain seuil au-delà duquel les phénomènes phréatomagmatiques ne pourront plus se produire.

Par contre, si le cratère vient à s'assécher — soit par exhaussement, soit par isolement de la mer — les manifestations éruptives redeviennent « normales », stromboliennes ou hawaïennes, comme le cas s'est produit à Faial du 16 au 18 Décembre 1957: extrêmement violentes, les explosions phréatomagmatiques reprisent aussitôt qu'une brèche dans le rempart du cône eût permis à l'océan de s'engouffrer à nouveau dans le cratère.

V — LE VOLCAN DE CAPELINHOS ET LA TECTONIQUE DE FAIAL

L'éruption sous-marine de Capelinhos a été généralement considérée comme celle d'un volcan nouveau et complaisamment comparée à celle du Paricutin. C'est cependant là une erreur: l'éruption actuelle n'est due qu'au réveil d'un appareil volcanique préexistant.

Simple, la preuve en réside dans le pendage des strates de tufs composant tant la falaise voisine de Faial que les deux chicots rocheux des Capelinhos, ex-ilots, aujourd'hui englobés dans l'isthme nouveau reliant le volcan en activité à l'île principale: l'inclinaison marquée vers l'Est et le Sud-Est de ces couches (c'est-à-dire vers Faial) montre à l'évidence que ces formations sont les ruines d'un appareil volcanique effondré et érodé dont le cratère se trouvait à plusieurs centaines de brasses au large du rivage actuel, c'est-à-dire approximativement à l'emplacement du nouveau cône.

S'éveillant après plusieurs siècles de sommeil (cinq pour le moins), ce volcan — s'il ne disparaît pas de nouveau par effondrement au terme de l'éruption — aura augmenté de quelques centaines d'hectares la superficie de Faial, tout en confirmant la tendance générale [AGOSTINHO, 1931] que manifesterait l'activité volcanique açoréenne de se déplacer, dans chacune des îles, vers l'Ouest.

Le volcanisme de Faial, dont cette éruption est la dernière manifestation en date, se trouve entièrement localisée le long d'une faille du graben et d'une seule (voir carte) faille normale, dont la direction dévie de quelque 16° au passage du puissant cratère de la Caldeira.

Cette faille se situe dans l'axe de l'alignement de l'île voisine de Pico et représente très probablement le prolongement en surface de la fissure profonde qui a déterminé, en travers de la Crête Atlantique, le volcanisme de cette partie de l'archipel.

Il est curieux de constater que, parallèlement à cette fissure, les autres failles d'effondrement du graben de Faial soient, par contre, vierges de tout appareil éruptif.

Cette différence de comportement des failles d'escarpement du graben de Faial permet semble-t-il d'affirmer que cet affaissement, au contraire des habituelles dépressions volcaniques, est d'origine tectonique (épirogénique). En effet, lorsqu'elles sont dues à une subsidence consécutive soit au retrait en profondeur de la colonne magmatique, soit à l'expulsion d'une grande quantité de matière (éruption importante), les dépressions affectent la forme circulaire ou ovale bien connue des caldeiras (Sakurajima, Aso-San, Tangger, Menengai, Mokuaweoweo, Kilauea, Hualalai, Santorin, Krakatau, Raung, Gunung Batur, Kawah Idjen, etc.). En outre, les reprises d'activité ultérieures à l'affaissement se situent-elles sur le système principal des fractures génératrices du volcanisme local soit au centre, soit à proximité du centre de la caldeira.

Or à Faial, non seulement l'affaissement est-il rectiligne, mais l'activité qui lui fait suite est-elle localisée sur une seule de ses failles externes exclusivement. Toutes proportions gardées, cette structure se rapproche par contre de celle des graben de l'Afrique Orientale, — Gregory, Nyassa, Rukwa et Eyassi rifts, — dont l'origine (très ancienne d'ailleurs et l'un des traits les plus permanents de la face du globe) semble bien due à l'effondrement de blocs le long de failles normales (blockfaulting) consécutif au bombement préalable d'un bourrelet allongé (anticlinal).

Cette hypothèse [DIXEY, F., 1956; JAMES, T. C., 1956] rend tout aussi bien compte de la structure du graben de la mer Rouge [TAZIEFF, H., 1952] — dont le profil, *mutatis mutandis*, semblable à celui de Faial : gradins relativement larges de part et d'autre d'une fosse centrale plus étroite — que de celle des rifts est-africains. Si nous adoptons cette théorie pour expliquer le graben de Faial, nous pourrions en conclure que la fracturation qui recoupe d'Est en Ouest la chaîne sous-marine de l'Atlantique s'accompagne — ou plus exactement résulte — d'un bombement, horst ou anticlinal, qui lui est parallèle. L'apparition des Açores ne résulterait pas de la seule accumulation de tufs et de coulées laviques, mais aurait une origine à la fois volcanique et épirogénique ⁽¹⁾.

Il faut bien préciser qu'un graben tel que celui de Faial, effondré en gradins entre failles normales, ne doit pas être confondu avec les grands rifts « volcaniques », tels l'extraordinaire Eldgjá (Islande), long d'une trentaine de kilomètres, ou le Tarawera rift (Nouvelle-Zélande) qui ne sont, toutes immenses qu'elles soient, que des fissures de tension au lèbres écartées.

Enfin, on peut tracer un parallèle entre l'archipel des Açores et celui de Hawaii. Tous deux sont en effet situés sur une importante chaîne sous-marine isolée chacune au milieu de son océan respectif; tous deux sont étirés sur des fractures orientées W 25° N. Le volcanisme hawaïen, essentiellement effusif, a donné naissance à d'immenses dômes à pentes douces, au sommet desquels s'ouvrent des caldeiras d'effondrement (sinkholes, Daly sensu). Les Açores par contre, édifiées vraisemblablement au-dessus d'une mince couche sialique, sont des strato-volcans trachy-basaltiques au sommet desquels se trouvent des « caldeiras » dont l'origine est probablement mixte, c'est-à-dire où l'éviscération précède l'effondrement. La profondeur des hypocentres sismiques est du même ordre (25 ± 5 km) de part et d'autre.

Les îles Hawaii peuvent être considérées comme un horst gigantesque soulevé entre failles normales par épirogénèse [MACDONALD, 1956]. L'étude de la tectonique de Faial conduit à une conclusion analogue et il est probable que les forces épirogéniques ne se limitent pas à cette île toute seule; il faudrait étudier à ce point de vue l'archipel en son entier. Il serait d'un intérêt certain de rechercher des preuves (morphologiques et géophysiques) de l'éventualité où les Açores constitueraient un bourrelet anticlinal ou un horst similaire non seulement à la chaîne hawaïenne, mais aussi aux « bulges » d'Afrique, générateurs de rifts et grabens effondrés.

VI — OBSERVATIONS ET REMARQUES DE JUIN 1958

Entre le mois de Décembre 1957, date où furent écrites les notes ci-dessus, et le mois de Juillet où cet additif a été rédigé, le volcan de Capelinhos a manifesté une activité presque ininterrompue : des périodes de calme, rares et brèves (quelques heures à peu de jours au plus), ont marqué l'émission de quantités toujours importantes de gaz et de laves, principalement sous forme d'ejecta, le volume de ceux-ci dépassant de beaucoup celui des coulées, courtes et de peu de durée.

Neuf mois après son réveil, le volcan manifestait toujours une forte activité, mais d'un aspect très différent de celui qui caractérisait la phase initiale : explosions et « fontaines » stromboliennes ont succédé aux impressionnantes manifestations pseudo-vulcaniennes décrites plus haut.

Le changement s'est opéré du jour où le cratère (et les quatre bouches qui s'y trouvent) a été isolé de la mer. Cela s'est produit le 16 Décembre 1957 par la soudure des deux branches du « fer-à-cheval » initial. Aussitôt les jets « cypressoïdes » et les puissantes

⁽¹⁾ Il serait intéressant, pour éclaircir cette question, de procéder à une étude gravimétrique des Açores et des régions limitrophes.

émissions de « cendres » — sables et poussières volcaniques — ont cessé pour faire place à de grandioses jeux stromboliens de basaltes incandescents.

A diverses reprises, à la suite notamment de soudains effondrements affectant l'édifice volcanique, les eaux de l'océan ont pu à nouveau arriver jusqu'au contact du magma en fusion : aussitôt les manifestations pseudo-vulcaniennes reparaissent. A cette preuve que l'aspect éminemment explosif de la présente éruption est dû en grande partie à la transformation de l'énergie calorifique des laves, en énergie cinétique, par la vaporisation brutale de grandes quantités d'eau marine, s'ajoute celle-ci, mineure mais valable, de la naissance, à quelques heures d'intervalle, de deux bouches adventives, l'une à l'air libre, l'autre sous-marine.

J'ai eu le privilège d'assister, le 14 Juin, à la naissance de la première. Cela débuta par de petits jets de scories incandescentes, lancés sporadiquement à quelques mètres de haut, à intervalles de plusieurs minutes à partir de deux points situés sur une fissure large de 2 à 6 cm. En 6 heures d'activité croissante, la fissure se transforma, par refusion des basaltes solidifiés, en une bouche circulaire de 10 à 12 m de diamètre à fortes manifestations stromboliennes avec laves très chaudes (près de 1.200° C).

Le soir du même jour, croisant en chaloupe au large du volcan, nous avons vu une autre bouche adventive, apparue au pied nord-ouest du cône sous le niveau de la mer : son activité, au contraire de l'autre, était du même type pseudo-vulcanien (avec jets cypressoides, cendres fines, gros cumulus de vapeur et absence de bruit d'explosion) que celui qui avait caractérisé les premiers mois de l'éruption de Capelinhos.

* * *

M. l'Ingénieur F. MACHADO m'a obligeamment communiqué les levés topographiques qu'il a fait mensuellement depuis le début du phénomène. Voici, schématisé, ce « film » de l'évolution topographique du volcan (Fig. 5).

On remarquera que le levé du 18 Décembre 1957 montre un cratère isolé de la mer, correspondant au passage de l'activité vulcanienne à l'activité strombolienne.

Le barrage constitué par l'accumulation des ejecta discrets ne devait d'ailleurs pas être longtemps imperméable, et il faudra attendre — en l'absence d'éléments très fins — que des coulées solidifiées en assurent l'étanchéité pour interdire, provisoirement tout au moins, l'accès des eaux marines et la pulvérisation conséquente du magma.

Description de l'activité

Durant mon second séjour à Faial (du 10 au 16 Juin 1958), j'ai pu noter que quatre bouches principales s'ouvraient dans le cratère du volcan. Ces bouches étaient isolées les unes des autres par des parois très raides d'une hauteur de 70 m environ, subdivisant le cratère en quatre « sub-cratères » accolés.

Une fois de plus, il m'a été donné de constater ici la relative indépendance de bouches éruptives, cependant toutes voisines : non seulement arrivait-il assez souvent qu'une ou même deux d'entre elles fussent inactives pendant que les autres se manifestaient avec violence, mais encore ai-je eu un jour (le 12 Juin) le privilège — ayant heureusement atteint le rebord du cratère — de voir, à une soixantaine de mètres plus bas, le fond du « subcratère » sud-ouest entièrement occupé par un lac de basalte en fusion (Fig. 6). Ce lac, animé des habituels courants qui brassent ses semblables, était particulièrement paisible. Une seule fontaine y jouait, située près de la bordure orientale du lac, non loin de la paroi abrupte séparant ce cratère du voisin, lequel à ce moment était en forte activité strombolienne, de même que le cratère jumeau du Sud-Est.

Durant les 7 jours que j'ai pu passer cette fois-ci à Faial, le volcan a montré une période de forte activité lavique les 12, 13 et 14 Juin, entre deux périodes calmes. Durant celles-ci des fumerolles sulfureuses abondantes, relativement pauvres en eau, apparaissaient

sur les flancs du cône intérieur, fumerolles suffisamment concentrées pour rendre impossible, sans masque, l'accès du haut du volcan.

Dès la reprise de l'activité lavique, la majeure partie de ces émanations s'est évanouie, pour reparaître au moment du retour au calme.

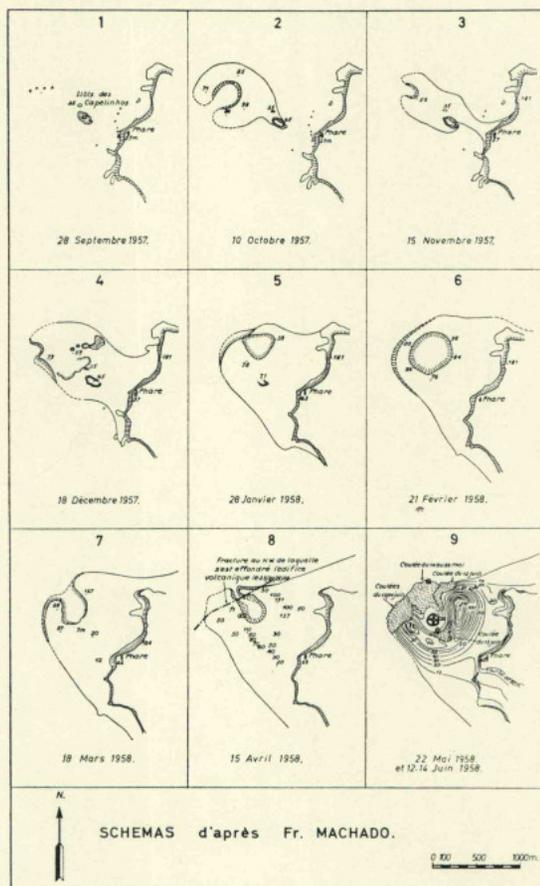


Fig. 5

La crise séismique

Du 13 Mai à 18 heures au lendemain vers midi, un séisme à la fois long et intense ravagea Faial. Cinq cent huit maisons furent entièrement détruites, un millier endommagées. Des fractures de direction générale W-20°-N se sont ouvertes, surtout dans la partie occidentale de l'île (Fig. 7). La plupart d'entre elles, larges de quelques centimètres à plus d'un mètre, ne montraient pas de rejet, mais celui-ci, à certaines failles, dépassait 1 m, voire 1,50 m.

Comme on pourra le noter sur le schéma ci-dessous, la faille la plus marquée (rejet 1 m à 1,50 m, longueur 4 à 6 km) correspond à la faille principale dont il a été fait mention plus haut (voir p. 73).

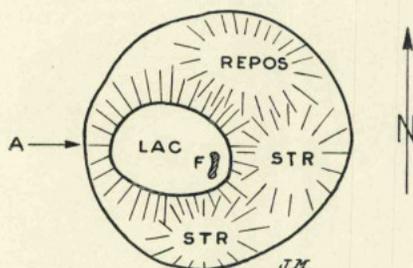


Fig. 6 — Schéma en plan du cratère 12 Juin 1958.

Légende: F — fontaine, STR — activité stromboliennne, A — fissure importante.

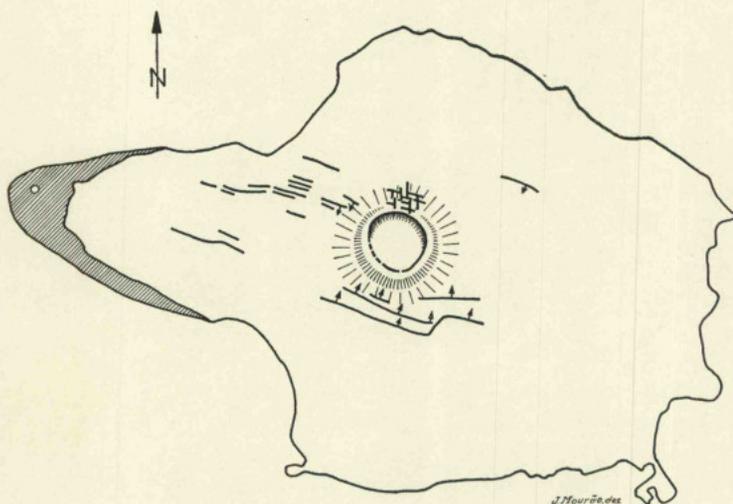


Fig. 7 — Carte schématique, d'après F. Machado et T. Pacheco, montrant les fractures principales observées et les terres nouvelles prises sur la mer par l'éruption, à la date du 15 Juin 1958.

La direction générale des fractures (290°) est parallèle à celle des grands accidents tectoniques de Faial dont nous parlions plus haut.

Cependant, malgré cette parenté tectonique certaine et nonobstant l'intensité de ses manifestations de surface, le séisme semble avoir été de magnitude réduite: la zone épicertrale a été bouleversée, mais à Horta déjà, seuls des plâtras se sont détachés, et les autres îles de l'archipel ne semblent pas avoir ressenti de secousses. Alors que le style du séismo-

graphe de l'Observatoire Météorologique de Horta étaient à diverses reprises lancé hors du tambour par des ondes S de grande amplitude, ni Uccle, ni Saint-Maur, ni Strasbourg, ni De Bilt n'ont par contre rien enregistré.

Il est vraisemblable que la zone focale du séisme a été très superficielle et que l'origine doit en être recherchée dans l'éruption de Capelinhos elle-même.

Toutes les failles à rejet sont normales, le compartiment effondré se situant toujours vers l'axe volcanique est-ouest de l'île.

Il semble que les quelques fractures observées dans la moitié orientale de Faial ne soient que les « queues » des fractures importantes qui en ont balafré l'Ouest. Jusqu'à ce qu'un nivellement précis ait été refait, il est difficile de pouvoir affirmer — comme j'ai été aussitôt tenté de le faire — que le séisme, somme toute, ait été causé par un approfondissement de la partie occidentale du « graben » de Faial. Car il pourrait tout aussi bien provenir, au contraire, d'un soulèvement, hypothèse en faveur de laquelle plaideraient des faits tels que le gain de 40 à 50 cm en altitude constaté au cap de Varadouro (d'ailleurs, ce peut aussi être dû au basculement vers l'axe volcanique de ce compartiment du graben), mais encore l'allure « déchirée » et l'écartement des lèvres de nombreuses fissures, ainsi que leur élargissement, léger (1/2 à 1 mm par jour en moyenne) mais continu, observé durant les semaines qui ont suivi la catastrophe, et enfin la fracturation « en séracs » qui a affecté une petite zone sur la lèvre nord de la Caldeira.

L'idée d'un effondrement consécutif au vide laissé par l'expulsion de dizaines de millions de mètres cubes de matière vient d'emblée à l'esprit. Le fait que cette subsidence se soit produite le long des lignes de faiblesse préexistantes est normal, et l'on conçoit d'autre part fort bien que les laves aient été drainées d'un réservoir allongé dans la direction de l'axe volcanotectonique régional.

Cette hypothèse s'accorderait avec le fait de la décroissance éruptive observée: un cône intérieur s'est édifié dans le large cirque du cratère initial, et les hauteurs — moyennes et maximales — atteintes par les projectiles ont diminué de moitié.

Dans cette hypothèse, l'éruption atteindrait à présent sa phase finale. Il est néanmoins impossible de prévoir la durée de cette dernière, ce type d'activité pouvant se continuer, avec des variations d'intensité, des mois ou des années durant (cf. Paricutin, Stromboli, Izcalco, Bocca NE de l'Etna).

L'absence de tiltmètres n'a pas permis d'observer et mesurer un éventuel bombement, et aussi longtemps qu'un nouveau nivellement n'aura pas été fait, il sera impossible de choisir entre les deux hypothèses. Celle d'un soulèvement général, consécutif à la montée de magma ou à une mise en place de laccolithe sous le grand volcan assoupi de la Caldeira, demeure entretemps plausible. Mieux que l'idée d'un affaissement, elle explique la continuation notable de l'élargissement des fractures. La justification de cette hypothèse signifierait — au contraire de l'autre — un accroissement notable du péril suspendu sur la population.

L'explosion à la Caldeira

La Caldeira, précisément, a marqué durant la crise sismique, un réveil bref mais inquiétant: Deux explosions violentes — semble-t-il — (entendues du moins jusqu'à Horta, à 10 km de là), se sont produites au fond du cratère et ont saupoudré de fine poudre claire (vraisemblablement trachytique) la surface entière de Faial.

Lorsque j'ai pu me rendre sur place, cette poudre avait été lavée par les pluies. Vers le centre du fond plat du cratère s'ouvraient, alignées sur une direction N-55°-E, quatre événements circulaires, de quelques mètres de large, dont deux émettaient des vapeurs d'eau. Dans l'une de ces bouches, on entendait, à une dizaine de mètres de profondeur semblait-il, bouillir un liquide relativement épais, une boue probablement formée d'eau et d'argile provenant de l'altération des plagioclases.

Un lac peu profond et de forme irrégulière occupait le fond du cratère avant le séisme. Les 3/4 environ en ont disparu aujourd'hui. Il est vraisemblable que l'explosion qui a affolé la population faialaise était d'origine phréatique, provoquée, par l'irruption soudaine, au travers d'une fracture béante, soudain formée durant la crise séismique, des eaux du lac jusqu'au contact des roches à haute température.

* * *

Il est impossible, dans l'état actuel des observations et sans le secours de mesures d'ordre géophysique, de définir avec un taux de probabilité suffisant les causes de la crise séismique de Faial et d'en tirer des prévisions — optimistes ou pessimistes — suffisamment étayées.

* * *

Je tiens à exprimer ici ma reconnaissance pour l'accueil qui m'a été réservé à Faial et l'appui qui m'y a été accordé, tant par le Gouverneur que par les autorités civiles et militaires, ainsi que par diverses personnes privées qu'il m'est impossibles de citer ici.

BIBLIOGRAPHIE

- AGOSTINHO, J. (1931) — *Bull. Volc.*, n.º 27-30, XIV, Naples.
- COTTON, C. A. (1944) — *Volcanoes as landscape forms*. Whitcomb-Wellington.
- DIXEY, F. (1956) — *The East-African Rift System*. London.
- FRIEDLANDER, I. — *Zeitschrift für Vulkanologie*, Bd XII.
- GORSHKOV, G. S. (1959) — Gigantic eruption of the Volcano BEZYMIANNY. *Bull. Volc.* II, XX, Napoli.
- IMBO, G. (1951) — L'attività eruttiva Vesuviana. Napoli.
- (1954) — Sismicità del parossimmo vesuviano del Marzo 1944. (*Ann. Oss. Vesuv.*, 6 a ser., 1.º vol.).
- (1955) — Énergies éruptives pendant le paroxysme du Vésuve de Mars 1944. (*Bull. Volc.*, II, XVI, Naples).
- JAMES, T. C. (1956) — The nature of rift faulting in Tanganyka. Dar-es-Salaam.
- LACROIX, ALF. (1906) — L'éruption du Vésuve. (*Rev. Gén. Sci.*, Paris).
- MACHADO, FR. (1954) — Natureza das deformações da crosta dos Açores.
- (1955) — Alguns aspectos da sismicidade dos Açores. (*Mem. Ord. Engenheiros*, n.º 107, vol. IV, N. 20 Oct. 1955, Lisboa).
- MACDONALD, G. A. (1956) — The structure of Hawaiian volcanoes, in *Gedenboek H. A. Brouwer*. (*Kon. Ned. Geol. Gen.*, deel XVI, pp. 274-295).
- MINAKAMI, T. (1950) — On explosive activities of andesitic volcanoes and their forerunning. (*Vull. Volc.*, II, X, Napoli).
- MINAKAMI, T. and SAKUMA, S. (1953) — Report on volcanic activities and volcanological studies concerning them in Japan. (*Ibid.*, II, XIV, Napoli).
- NEUMANN VAN PADANG, M. (1951) — Catalogue of active volcanoes. Part I, Indonesia. Naples.
- (1936) — Der Krater der Anak-Krakatau. (*De Ing. in Nede. Ind.*, 4).
- STEARNS, H. T. (1930) — Geology and water resources of the Kau District. (*U. S. Geol. Surv.*, 616).
- TAZIEFF, H. (1952) — Sur une récente campagne océanographique en mer Rouge. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, LXI, 1)
- (1951) — L'éruption du volcan Kituro de 1948. (*Mém. Serv. Géol. C. B.*, Léopoldville).
- VERHOOGEN, J. (1948) — Les éruptions 1938-1940 du Volcan Nyamuragira. (*I. P. N. C. B.*, Bruxelles).



Fig. 1 — Explosion cypressoïde traversant des nuées pseudo-vulcaniennes. (Phot. H. T.)



Fig. 2 — Explosion cypressoïde. (Phot. H. T.)

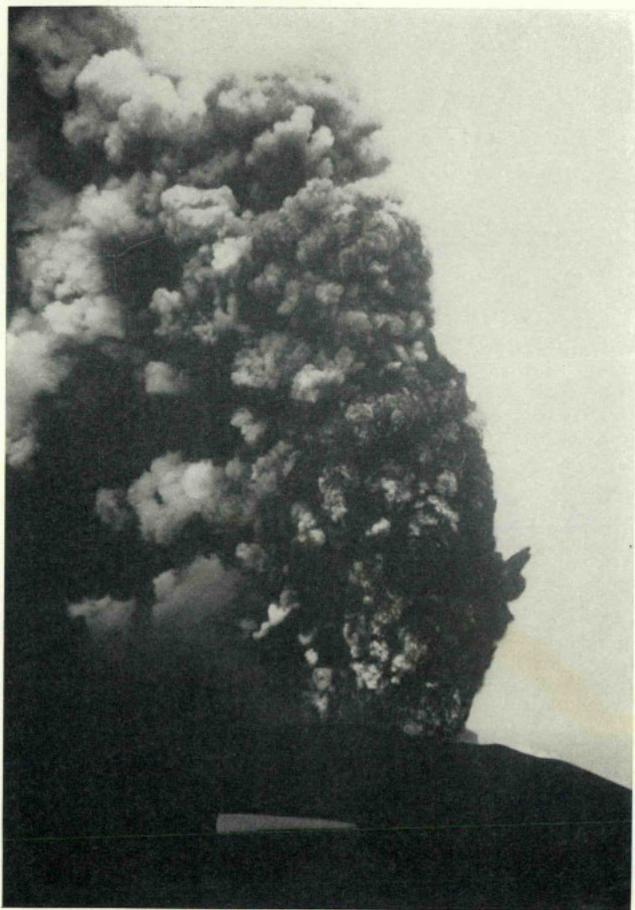


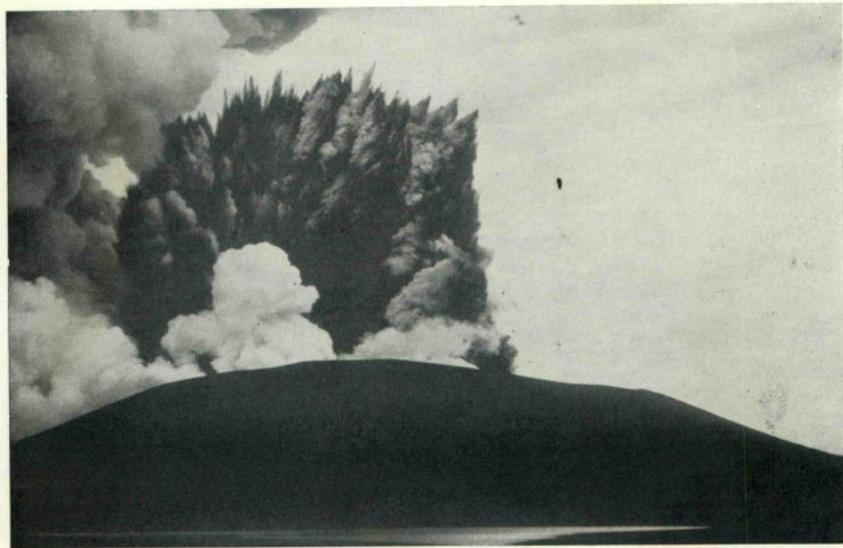
Fig. 1 — Paroxysme culminant vers 700 m au droit du cratère.

(Phot. H. T.)



Fig. 2 — « Jet » franchissant l'altitude de 800 m.

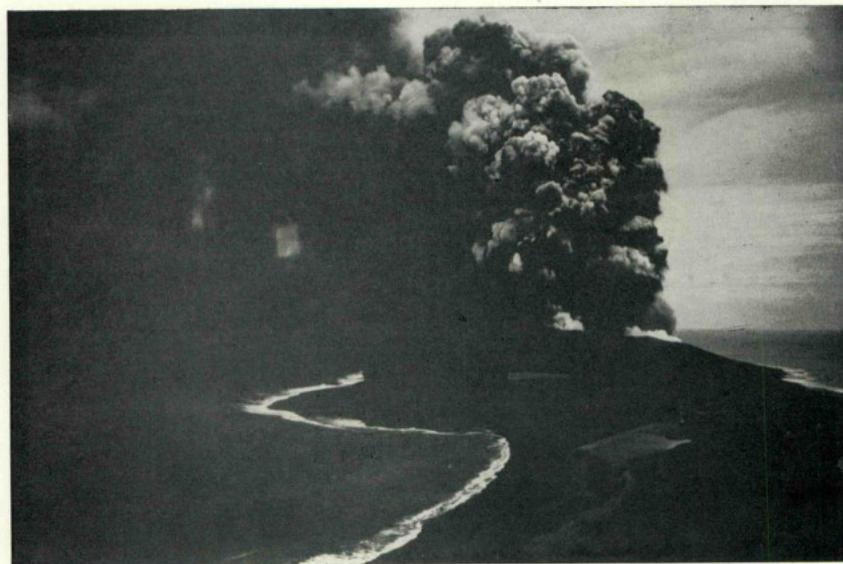
(Phot. H. T.)



(Phot. H. T.)

Fig. 1 — Explosion cypressoïde durant l'activité pseudo-vulcanienne.

Les sjecta de pointe ont mis 4/5 de seconde à atteindre cette hauteur, estimée être de 160 m au-dessus de la lèvre du cratère. Le «cône» a environ 80 m d'altitude.
Vitesse initiale de l'ordre de 200 m/sec. (720 km/heure).



(Phot. H. T.)

Fig. 2 — Paroxysme culminant, au droit du cratère, vers 750 m.

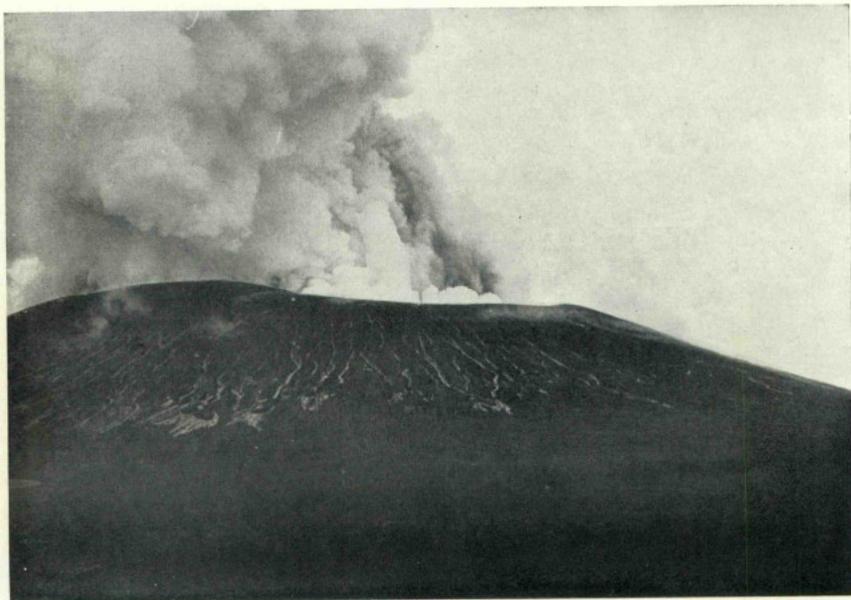


Fig. 1 — Lhars provoqués par la retombée de l'eau de mer rejetée du cratère.

(Phot. H. T.)



Fig. 2 — La côte rocheuse de la nouvelle péninsule.

hot. T. Pac.)

A ERUPÇÃO DO FAIAL EM 1672

por

FREDERICO MACHADO

RESUMO

A partir de relatos coevos e do estudo do campo de lavas ainda bem conservado, parece possível reconstituir razoavelmente a história da erupção de 1672.

As manifestações vulcânicas foram precedidas de mais de uma centena de abalos de terra, os mais intensos parecendo ter o foco na vizinhança das chaminés activas, à profundidade de cerca de 3 km. As séries sísmicas (desde 1638) e a erupção vulcânica coincidiram então razoavelmente com os máximos de manchas solares, à semelhança do que sucede actualmente. Um tremor vulcânico contínuo foi sentido em toda a Ilha do Faial, pelo menos durante os últimos 9 dias que precederam a erupção.

A actividade começou em 24 de Abril com uma curta fase explosiva, seguindo-se durante 10 meses uma considerável efusão de lava basáltica a partir de duas chaminés (contraforte do Cabeço do Fogo e Pincarito). Até cerca de 1 km das saídas a lava espalhou-se em manto contínuo; depois dividiu-se em correntes, 6 das quais atingiram o mar tendo percorrido mais 1,4 a 1,7 km.

A lava parece que era emitida a cerca da 1100° C mas arrefecia no percurso, perdendo a mobilidade quando se aproximava dos 900° C. A viscosidade seria inicialmente 10⁴ ou 10⁵ poises, mas nas correntes que pararam antes de atingir o mar a viscosidade média aproximava-se provavelmente de 10⁶ poises. A velocidade média da lava seria da ordem dos 10 cm/seg, e as correntes devem ter tido a espessura média de cerca de 50 cm. O volume de lava emitida foi estimado em 360 milhões de m³, dos quais apenas uns 16 milhões terão solidificado em terra; o caudal médio de lava excedia portanto o milhão de m³ por dia.

A energia total dissipada foi da ordem dos 10²⁵ ergs.

I — INTRODUÇÃO

A Ilha do Faial (Fig. 1) é constituída por um cone vulcânico de 1000 m de altura que no centro apresenta uma caldeira com 2 km de diâmetro e 400 m de profundidade. Inicialmente a chaminé principal parece ter estado porém localizada 5 km a leste da caldeira actual [MACHADO, 1955].

Segundo FRIEDLAENDER [1929] as lavas mais antigas seriam basaltos. É contudo possível que parte destas lavas sejam de natureza andesítica, à semelhança do que sucede nos vulcões de S. Miguel [veja-se CASTELO-BRANCO et al., 1957].

Numa fase adiantada da vida do vulcão (mas ainda em tempos pré-históricos) houve uma profusa emissão de pedra-pomes traquitica, seguindo-se-lhe provavelmente o afundimento da caldeira, por se ter esvasiado a parte superior da câmara magmática em consequência da saída explosiva da pedra-pomes.

Antes das grandes explosões pumíceas houve, no lado leste da ilha, muitas erupções periféricas que formaram pequenos cones de *bagacina* (designação local dos lapilli de escória basáltica).

Posteriormente às grandes explosões a actividade tem-se manifestado a oeste da caldeira, numa fractura radial bem assinalada por um alinhamento de pequenos cones. A actividade ter-se-ia portanto deslocado progressivamente de leste para oeste.

Naquela fractura radial houve uma efusão de lava em 1672 (a que adiante nos vamos referir), e agora em 1957 surgiu uma erupção submarina, de carácter explosivo, num ponto situado a 1 km a oeste do extremo ocidental da ilha.

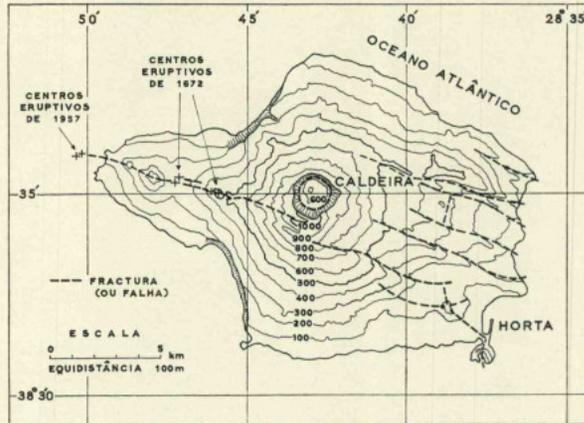


Fig. 1 — A Ilha do Faial, com indicação das principais fracturas.

As fontes históricas utilizadas para o estudo da erupção de 1672 foram as seguintes:

- 1) Auto da Câmara da Horta de 18 de Maio de 1672 [publicado por MACEDO, 1871, e reeditado por CANTO, 1881].
- 2) Relação dos tremores de terra e fogo que arrebentou na Ilha do Faial [publicada em Lisboa em 1673, e reeditada por CANTO, 1881].
- 3) Auto da Câmara da Horta de 10 de Dezembro de 1672 [publicado também por MACEDO, 1871, e reeditado por CANTO, 1881].
- 4) Memórias da Freguesia do Capelo, pelo Padre Soares Serrão, escritas depois de Setembro de 1690 [publicadas por CANTO, 1887].

Para o estudo dos sismos foi ainda utilizada uma lista coligida por M. LIMA [1943]. O estudo de campo das correntes de lava foi efectuado na primavera e verão de 1957.

II — A ACTIVIDADE SÍSMICA DE 1671-72

Segundo as Memórias do P.^o Serrão [CANTO, 1887], baseadas certamente em informações de habitantes do Capelo e Praia do Norte, os abalos de terra que precederam a erupção de 1672 teriam começado em Setembro do ano anterior. Nos outros relatos [CANTO, 1881], escritos por pessoas residentes na Horta, vem indicado o início dos abalos em 12 de Abril de 1672.

Apesar daquelas Memórias terem sido escritas cerca de 20 anos depois da erupção, parece perfeitamente possível que desde 1671 se tivessem sentido abalos fracos no extremo oeste do Faial. A partir de 12 de Abril de 1672 os abalos teriam aumentado de intensidade e passariam a ser sentidos na ilha toda (inclusivè portanto na vila da Horta).

Uma outra dúvida que existe é quanto aos 5 abalos de 13 de Abril. Nos Anais do Município da Horta [LIMA, 1943] estes abalos são citados em 1671; contudo DRUMMOND [1856] indica-os em 1672. Parece muito mais provável que os abalos tenham ocorrido nas proximidades da erupção, não deixando porém de subsistir alguma incerteza.

Parece então que os abalos de terra ligados à erupção de 1672 se podem sistematizar da seguinte forma:

1671

- 20 Set. — Início dos abalos na parte oeste do Faial.
 Out./Dez. — Os abalos aumentam progressivamente de intensidade. Em Dezembro assustam os habitantes e fazem fugir o gado.

1672

- Jan./Março — A actividade sísmica continua a aumentar. Em Fevereiro os habitantes do Capelo (?) abandonam as casas.
 12/14 Abril — Os abalos começam a ser sentidos em toda a ilha (a partir das 04 h de 12). A 13 houve 5 abalos intensos (?).
 15/16 » — Abalo forte às 20/21 h de 15, havendo 45 abalos até à manhã do dia seguinte.
 17 » — Abalos numerosos sentidos em toda a ilha. Um (pelo menos) foi destrutivo, provocando desmoronamento de edifícios nas freguesias ocidentais.
 18/20 » — Diminuem os abalos, havendo acalmia a 20.
 21/23 » — Recomeçam os abalos. Às 01/02 h de 24 começa a erupção.
 24/26 » — Os abalos diminuem de novo.
 27 » — Ligeiro aumento da actividade sísmica.
 28/30 » — Diminuição dos abalos.
 1 Maio — Um abalo às 17 h, com o qual cessa a actividade sísmica.

A variação da frequência diária, no mês de Abril, está esboçada na Fig. 2.

O abalo mais violento parece ter ocorrido a 17 de Abril. Dos relatos citados é possível deduzir as seguintes intensidades, referidas à escala Mercalli-1931:

Praia do Norte — Cairam a igreja e muitas casas. Atendendo à provável má construção dos edifícios, deve poder atribuir-se a esta povoação a intensidade 8.

Capelo — Caiu parte da igreja e ruíram algumas casas. A intensidade estaria compreendida entre os graus 7 e 8.

Castelo Branco e Cedros — Houve danos nas capelas-mores das igrejas, e considerável susto (?). A intensidade parece ter sido de 5 a 6.

Horta (e restante ilha?) — Não houve danos mas as pessoas devem ter sentido bem o abalo. A intensidade foi provavelmente 4.

Na Fig. 3 traçaram-se as isossistas que mostram estar o epicentro localizado nas proximidades da Praia do Norte.

A profundidade do foco pode ser determinada pela fórmula seguinte (derivada das expressões indicadas por GUTENBERG e RICHTER [1942]):

$$h = \Delta (k - 1)^{-1/2} \text{ com } \log_{10} k = (I_o - I_{\Delta})/3$$

sendo

- h = profundidade do foco,
 I_o = intensidade no epicentro,
 I_{Δ} = intensidade à distância epicentral Δ .

No caso presente podemos tomar

$$\begin{aligned} I_0 &= 8 \\ I_{15} &= 4 \\ \Delta &= 15 \text{ km,} \end{aligned}$$

vindo portanto, aproximadamente,

$$h = 3 \text{ km.}$$

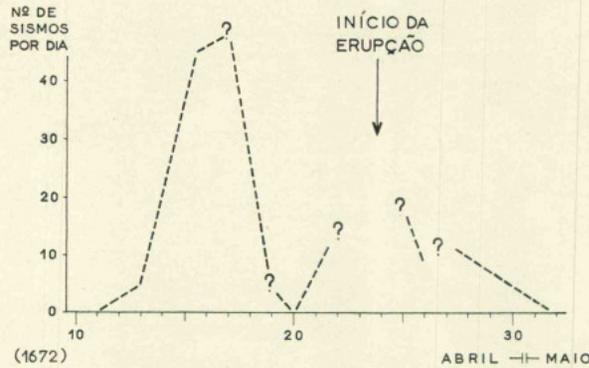


Fig. 2 — Variação da frequência diária dos sismos de Abril de 1672.

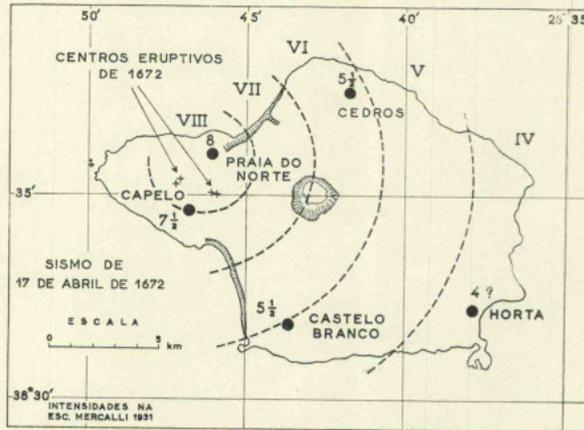


Fig. 3 — Isossistas do abalo mais intenso de 17 de Abril de 1672.

Esta profundidade é da ordem de grandeza da espessura do tecto das câmaras magmáticas [MACHADO, 1953], parecendo portanto que o foco estaria próximo da base das chaminés vulcânicas daquela região.

Vimos anteriormente [MACHADO, 1948] que a actividade sísmica nas Ilhas do Faial e do Pico apresenta crises periódicas que parecem correlacionadas com os máximos das manchas solares.

Antes dos abalos ligados à erupção de 1672, há notícia [LIMA, 1943] de séries sísmicas em 1638 e 1647; por seu lado as manchas solares foram máximas em 1639, 1649, 1660 e 1675 [BRUNNER, 1939].

Os sismos ocorreram portanto na vizinhança das épocas de maior actividade solar. (Falta uma crise correspondente ao máximo de 1660, mas é possível que tenha havido então abalos, sem que do facto ficasse notícia escrita).

Vemos que a erupção de 1672, exactamente como sucedeu agora à de 1957, surgiu num ano em que seria de esperar a ocorrência duma série de abalos de terra.

Na Relação (anónima) referida, escrita certamente por pessoa com notável espírito de observação, distinguem-se bem referências aos abalos individualizados, e a um tremor (vulcânico) contínuo.

Este tremor era sentido em toda a Ilha do Faial. Na Horta (a 14 km das chaminés activas) parece ter-se começado a sentir a 15 de Abril, 9 dias antes da erupção vulcânica. Continuou nos dias seguintes; a 19 e 20 teria diminuído um pouco mas recrudescer a 21 e prolongou-se pelo menos até ao dia 24 em que começou a erupção. A partir desta data não há mais referências ao fenómeno.

Este tremor vulcânico tem sido registado em muitas regiões. Geralmente surge apenas no início da fase efusiva [FINCH e MACDONALD, 1953], mas por vezes continua durante a emissão de lava, sendo eventualmente sentido pelas pessoas [MACDONALD, 1955, MINAKAMI e SAKUMA, 1953]. Parece característico da ascensão forçada de lava nas chaminés vulcânicas.

Como a lava de 1672 correu durante cerca de 10 meses, é possível que o tremor tivesse continuado depois de Abril, mas certamente a fraca intensidade já não permitiria que as pessoas o percebessem.

III — AS MANIFESTAÇÕES VULCÂNICAS

A erupção começou na madrugada de 24 de Abril, entre as 01 e as 02 h, com uma explosão na cratera do Cabeço da Silva (cf. Fig. 4), explosão que foi acompanhada de fortes ruidos. Foi emitido muito material incandescente, junto com cinza que se espalhou por toda a Ilha do Faial e atingiu ainda as Ilhas do Pico e de S. Jorge a uma distância de cerca de 50 km. A cinza foi acompanhada de gases com cheiro sulfuroso; e, devido à poeira espalhada no ar, o sol aparecia amarelado.

A lava começou também a correr naquela madrugada, saindo por uma abertura no sopé do mesmo Cabeço da Silva, do lado oeste, e formando correntes com largura que provavelmente excedia os 100 m. A maior parte avançou para o sul, e parou às 17 h (cerca de 12 horas depois de começar a emissão) tendo percorrido aproximadamente 1,5 km.

Na madrugada de 25, começou também a sair lava pelo cimo do Cabeço da Grizela que ficava junto ao Cabeço da Silva, do lado oeste, e portanto contíguo à abertura por onde saíra já no dia anterior. A lava do Cabeço da Grizela formou logo várias correntes, uma das quais dirigindo-se para o sul teria atingido a costa junto à Ponta Ruiva na própria manhã do dia 25 (percorrendo portanto 3 km em cerca de 6 horas). A lava ao entrar no mar fazia ferver a água, havendo possivelmente explosões secundárias que eram ouvidas a 10 km de distância. No mesmo dia talvez uma outra corrente se tenha dirigido para o norte onde atingiu também o mar.

Ainda na madrugada de 25 teve início actividade explosiva no Cabeço dos Caldeirões, 2 km a oeste do Cabeço da Silva. Aquele cabeço tem duas crateras, parecendo que a actividade explosiva teria ocorrido na mais ocidental (onde os vestígios de actividade recente são contudo muito ligeiros e portanto duvidosos). Eram projectados a grande altura blocos duma pedra muito leve, certamente pedra-pomes basáltica. Ao mesmo tempo foram arremessados alguns blocos de escória por uma abertura na base do mesmo Cabeço dos Caldeirões, uns 150 m ao norte.

A actividade explosiva teria aumentado no dia 27; e a 28, pela referida abertura da base do Cabeço dos Caldeirões, começou a correr lava que no mesmo dia deve ter atingido o mar do lado norte, na região da Fajã do Toiro. As notícias destas correntes para o norte são porém pouco explicitas porque, segundo parece, os autores dos relatos (que residiam na Horta) observaram em geral a erupção apenas no sítio da Ribeira Brava que ficava ao sul dos centros eruptivos.

A actividade explosiva terminou provávelmente no princípio de Maio. A lava é que correu durante vários meses, espalhando-se junto às chaminés em mantos mais ou menos contínuos, e dividindo-se depois em várias correntes, algumas das quais atingiram o mar com notável caudal, especialmente do lado norte.

Foram as correntes do Cabeço da Grizela que destruíram a igreja do Capelo e quase todos os edifícios desta povoação e da Praia do Norte. Contudo grande parte da lava que correu para o sul não atingiu o mar, tendo sido poupadas as vinhas do Capelo.

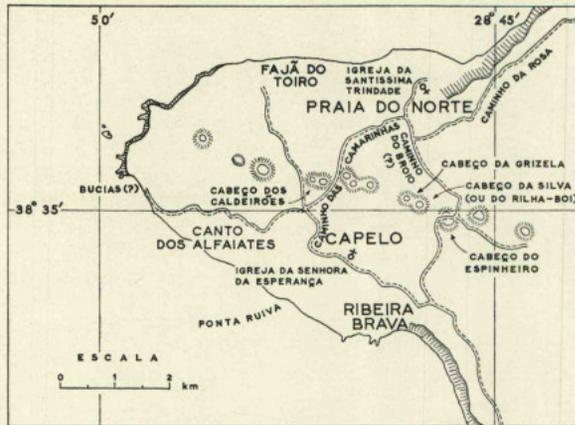


Fig. 4 — A região do Capelo antes da erupção em 1672.

Os habitantes da região fugiram a tempo, ou para as freguesias vizinhas, ou para o Canto dos Alfiates donde foram retirados pelo mar. Morreram apenas três pessoas que tinham ido ver as correntes de lava e se aproximaram demasiado.

A emissão de lava do Cabeço da Grizela parece ter terminado em Julho ou Agosto (portanto depois de ter corrido durante cerca de 3 meses). A lava que veio da base do Cabeço dos Caldeirões ainda em Dezembro corria com intensidade e provávelmente só parou em Fevereiro de 1673 (tendo corrido durante 10 meses).

O Cabeço da Silva (que parece ter sido também designado por Rilha-Boi) chama-se agora Cabeço do Fogo. O Cabeço da Grizela ficou certamente coberto de lava e constitui hoje um simples contraforte do referido Cabeço do Fogo.

O Cabeço dos Caldeirões passou a Cabeço do Manuel Gato, e na abertura da base deste formou-se um pequeno morro com 30 m de altura, conhecido por Pincarito (ou Pingarito).

Em consequência da erupção, as povoações do Capelo e da Praia do Norte, quando foram reconstruídas deslocaram-se respectivamente para oeste e para sueste.

IV — DISTRIBUIÇÃO E PROPRIEDADES DA LAVA

A erupção de 1672 formou um campo de lavas basálticas [cf. FRIEDLAENDER, 1929] do tipo havaiano «aa», lavas que ainda estão, dum modo geral, bem conservadas. Estes campos de lavas recentes são conhecidos nos Açores por «mistérios».

A delimitação do Mistério do Capelo e Praia do Norte oferece uma considerável dificuldade porque a lava de 1672 correu sobre outra mais antiga com semelhante composição mineralógica (comunicação pessoal de G. ZBYSEWSKI) não parecendo possível a separação por meios petrográficos.

Foi então necessário guiarmo-nos pelo aspecto da vegetação. A rocha dos mistérios começa por ser invadida por líquenes e musgos; seguidamente surgem as faias-das-ilhas e os incensos, ou as urzes e outros arbustos; e só mais tarde, no solo preparado por aquelas primeiras plantas, é que aparece a vegetação restante. A evolução indicada costuma demorar vários séculos.

No mistério de 1672 a vegetação compreende por enquanto líquenes, musgos e alguns arbustos que não formam ainda mato denso. O aspecto contrasta com o das lavas mais antigas onde o mato é geralmente muito espesso.

Percorrendo a região e confrontando com fotografias aéreas foi então possível fazer a delimitação aproximada que se indica na Fig. 5.

As cinzas e escórias emitidas cobriram as vertentes do Cabeço do Fogo que estão ainda escalvadas. A lava que saiu do contraforte deste cabeço espalhou-se em manto mais ou menos contínuo até distâncias variando entre 1,0 e 1,3 km. Depois dividiu-se em mais de uma dezena de correntes, das quais as duas mais extensas, com 1,7 km, atingiram o mar, uma do lado SW e outra, separada em dois braços, do lado norte.

A lava emitida pelo Pincarito formou também um manto com cerca de 0,7 km de comprimento. Em seguida o manto separou-se em três correntes principais que atingiram o mar do lado norte (depois de duas delas se unirem novamente), percorrendo a lava mais 1,4 km.

Estas correntes do Pincarito são mais largas e por elas passou a maior parte da lava da erupção. O facto parece razoável se notarmos que esta última chaminé fica 200 m mais baixa do que o contraforte do Cabeço do Fogo.

O volume de lava que solidificou acima do nível do mar foi estimado da seguinte forma:

	Área da lava (m ²)	Espessura média (m)	Volume (m ³)
Cab. Fogo	$3,0 \times 10^6$	3 (?)	$0,9 \times 10^7$
Pincarito	$1,7 \times 10^6$	4 (?)	$0,7 \times 10^7$
		Total	$1,6 \times 10^7$

De noite a lava aparecia incandescente e pela cor do rubro seria possível avaliar grosseiramente a respectiva temperatura.

Num dos relatos desta erupção diz-se que de dia as correntes se assinalavam apenas pelo fumo que subia a cerca de um metro, mas que de noite pareciam «ribeiras de sangue». Em geral os relatos falam porém é de «ribeiras de fogo». Num outro artigo [MACHADO, 1953] admitimos que os rubros seriam respectivamente *vermelho brilhante* e *alaranjado*, correspondendo a temperaturas de cerca de 900 e 1100° C.

A lava que estaria a 900° C era certamente a que não atingiu o mar (nomeadamente a que parou junto às vinhas do Capelo). Parece então provável que a lava saísse das chaminés a cerca de 1100° C, perdendo a mobilidade quando arrefecia até 900° C.

A viscosidade da lava pode ser avaliada também pelas fórmulas do escoamento de líquidos viscosos. Em regra admite-se que a lava ou se esco num canal semi-circular [MINAKAMI e SAKUMA, 1953] ou num canal rectangular de largura infinita [MACDONALD, 1955].

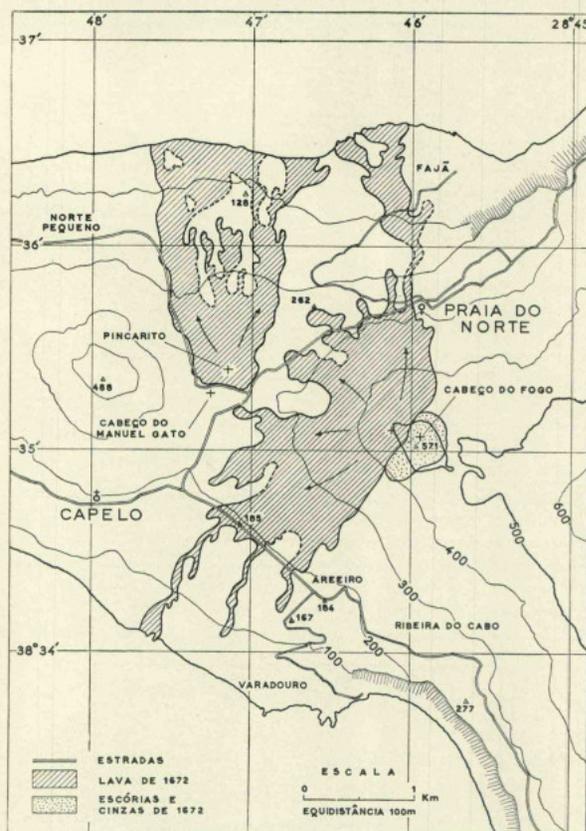


Fig. 5 — Correntes de lava da erupção de 1772.

Esta última hipótese é que parece adaptar-se melhor ao caso da erupção de 1772. A fórmula a utilizar é

$$\eta = \frac{\rho g \operatorname{sen} i}{2v} a^2$$

onde

η = viscosidade,
 ρ = peso específico da lava,
 i = inclinação do leito,
 v = velocidade máxima,
 a = espessura da corrente de lava.

Esta fórmula é equivalente à do escoamento lamelar entre dois planos rugosos paralelos à distância $2a$ [LAMB, 1945, pág. 582].

Vamos calcular a viscosidade da lava que no primeiro dia solidificou junto às vinhas do Capelo.

A lava saiu 0,3 km acima do sítio onde parou e, conforme vimos, percorreu 1,5 km em cerca de 12 horas. Temos portanto

$$\begin{aligned} \text{sen } i &= 0,2 \\ v &= 3,5 \text{ cm/seg.} \end{aligned}$$

A espessura das correntes de lava que se encontram solidificadas naquele sítio varia entre 0,9 e 1,5 m. A espessura mais frequente parece ser porém

$$a = 100 \text{ cm.}$$

Admitimos ainda os valores

$$\begin{aligned} \rho &= 2,6 \text{ gr/cm}^3 \\ g &= 980 \text{ cm/seg}^2. \end{aligned}$$

vindo finalmente

$$\eta = 0,7 \times 10^6 \text{ poises.}$$

Esta lava terá feito o percurso a uma temperatura média de 1000°C (por ter arrefecido de 1100 a 900°C).

Para a lava que atingia o mar, fazendo um percurso de 3 km em 6 horas com arrefecimento pouco apreciável, a viscosidade devia ser muito menor, certamente da ordem dos 10^4 ou 10^5 poises. O desnível total era de 0,5 km.

Temos neste caso

$$\begin{aligned} \text{sen } i &= 0,17 \\ v &= 14 \text{ cm/seg} \end{aligned}$$

e pela fórmula anterior vem

$$\begin{aligned} a &= 25 \text{ cm} & \text{para } \eta &= 10^4 \text{ poises} \\ a &= 81 \text{ cm} & \text{para } \eta &= 10^5 \text{ poises.} \end{aligned}$$

Conhecendo a velocidade e a secção de vasão, podemos calcular o caudal de lava que terá corrido para o mar.

Vimos que a velocidade das correntes que chegaram ao mar parece ter sido da ordem dos $0,1 \text{ m/seg} = 8,6 \times 10^3 \text{ m/dia}$.

A espessura das correntes está certamente compreendida entre 25 e 81 cm. Um valor aceitável será 0,5 m.

É ainda mais difícil avaliar a largura. Na lava consolidada nos troços mais estreitos das correntes, parece que o avanço se deu simultaneamente em toda a largura (sem formar canais independentes), sendo talvez razoável tomar para o cálculo da secção de vasão a largura mínima das várias correntes.

Conforme já vimos, a duração do escoamento para o mar foi de cerca de 3 e 10 meses, respectivamente para a lava do Cabeço do Fogo (ou Grizela), e do Pincarito (base dos Caldeirões).

O cálculo, um tanto incerto, do volume de lavas que correu para o mar, consta da tabela seguinte:

	Largura (m)	Espessura (m)	Velocidade (m/dia)	Duração (dias)	Volume (m ³)
Cab. Fogo	60	0,5	$8,6 \times 10^3$	90	$0,2 \times 10^8$
Pincarito	250	0,5	$8,6 \times 10^3$	300	$3,2 \times 10^8$
Total					$3,4 \times 10^8$

A este volume há a juntar a lava solidificada em terra, perfazendo tudo o total de cerca de 360 milhões de m³, a que corresponde um caudal médio diário de $1,2 \times 10^6$ m³/dia.

V — ENERGIA DISSIPADA

A energia da erupção provém quase exclusivamente do arrefecimento da lava. Com efeito, a lava aquece a crosta, produz explosões freáticas e solidifica à superfície, mas em última análise a energia em jogo equivale simplesmente ao calor libertado pelo arrefecimento desde a temperatura da câmara magmática até à temperatura ambiente.

A expressão da energia será então:

$$E = V \rho [(T - T_f) c_1 + L + (T_f - T_o) c_s]$$

sendo

- V = volume da lava,
- ρ = peso específico,
- T = temperatura inicial,
- T_f = temperatura de fusão,
- T_o = temperatura final,
- c_1 e c_s = calores específicos da lava líquida e sólida,
- L = calor latente de fusão.

Vamos adoptar os valores $c_1 = 1,45 \times 10^7$ ergs/grau/grama, e $c_s = 1,19 \times 10^7$ ergs/grau/grama [veja-se BIRCH et al., 1954]. É difícil encontrar um valor para L; num trabalho anterior [MACHADO, 1953] estimámos porém para o magma basáltico $L = 90$ cal/grama = $3,8 \times 10^9$ ergs/grama, valor que poderemos usar.

Para $V = 3,6 \times 10^{14}$ cm³, $\rho = 2,6$ gramas/cm³, $T = 1200^\circ$ C, $T_f = 900^\circ$ C e $T_o = 20^\circ$ C, vem finalmente

$$E = 1,7 \times 10^{25} \text{ ergs.}$$

A energia sísmica, em ergs, pode calcular-se pela fórmula (veja-se GUTENBERG e RICHTER [1942]):

$$\log_{10} E_S = 9,5 + 3,2 \log_{10} h + 1,1 I_o$$

sendo

- h = profundidade do foco em km (≈ 3 km no presente caso),
- I_o = intensidade epicentral.

Para $I_o = 8$ vem $\log_{10} E_S = 20$, e para $I_o = 7$, $\log_{10} E_S = 19$.

Conforme vimos, o número total de sismos foi da ordem de algumas centenas, mas certamente só uns 10 ou 20 é que teriam intensidade superior a 6. A energia total dos sismos que acompanharam a erupção parece não ter atingido 10^{22} sende portanto desprezível em face da energia térmica.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a G. Zbyszewski a discussão sobre muitos pontos de geologia dos Açores.

A utilização de fotografias aéreas na delimitação das correntes de lava foi autorizada pelo Serviço Cartográfico do Exército.

Os desenhos foram preparados por G. Silva; e nos trabalhos de campo o autor foi geralmente acompanhado pelos filhos.

A todos o autor deseja consignar o seu reconhecimento.

SUMMARY

The present paper is an attempt to make a volcanological investigation of the 1672 eruption of Fayal Island, based on the study of the contemporaneous reports, and on the field survey of the lava flows, which are still preserved in a relatively fresh state.

A swarm of earthquakes occurred before the eruption; the foci of the most severe shocks were probably located near the active vents, at a depth of about 3 km. The seismic swarms since 1638, and the volcanic phenomenon have coincided reasonably with sunspot maxima. (A similar coincidence was observed during the last 100 years). Continuous volcanic tremor was felt throughout Fayal Island on the days preceding the eruption.

Volcanic activity started on April 24 with short lived explosions; abundant basaltic lava was spreaded, since then, over the West part of Fayal and continued for 10 months. The area near the two vents was completely flooded by molten lava; this fed 6 lava rivers (about 1.5 km long), which flowed downslope reaching the ocean, one at the South and the remaining 5 at the North coast.

Temperatures of 1100° C were probably to be found near the vents. Lava cooled along the flows and stopped when reaching about 900° C. Viscosity of 14^4 to 10^5 poises was assumed for most flows, but for those which stopped before reaching the sea a value of 10^6 poises was estimated. Lava speed and flow thickness seem to have had mean values of 10 cm per sec., and 50 cm, respectively. Volume of extruded lava was estimated at about 360 million cubic meters (of which only 16 million were kept above sea level). Rate of extrusion appears to have averaged a little more than one million cubic meters per day.

Total energy dissipated during the whole activity amounted to about 10^{25} ergs.

REFERÊNCIAS

- BIRCH, F., & al. (1954) — *Handbook of Physical Constants*, Geol. Soc. Am. Special Paper no. 36.
- BRUNNER, W. (1939) — *Tables of Sunspot-Frequency for 1749-1938*, Terr. Magn. Atm. El., vol. 44, pag. 247-256.
- CANTO, E. (editor) (1881) — *Erupção na Ilha do Fayal (Anno de 1672)*, Arch. dos Açores, vol. 3, pag. 344-351 e 426-434.
- (1887) — *Erupção no Capello, Ilha do Fayal (Anno de 1672) — Suplemento*, Arch. dos Açores, vol. 9, pag. 425-432.
- CASTELO-BRANCO, A. DE, ZBYSZEWSKI, G., MEDEIROS, A. C. DE & ALMEIDA, F. M. (1957) — *Étude Géologique de la Région de Furnas dans l'Île de S. Miguel (Açores)*, Com. Serv. Geol. Port., tomo 38, pag. 5-61.
- DRUMMOND, F. F., (1856) — *Annaes da Ilha Terceira*, tomo 2. Typ. M. J. P. Leal, Angra.
- FINCH, R. H., & MACDONALD, G. A. (1953) — *Hawaiian Volcanoes During 1950*, U. S. Geol. Survey Bull. 996-B, pag. 27-89.
- FRIEDLAENDER, I. (1929) — *Die Azoren*, Zs. f. Vulkanologie, vol. 12, pag. 77-94.
- GUTENBERG, B., & RICHTER, C. F. (1942) — *Earthquake Magnitude, Intensity, Energy, and Acceleration*, Bull. Seis. Soc. Am., vol. 32, pag. 163-191.
- LAMB, H. (1945) — *Hydrodynamics*, 6th ed. Drover Publications, New York.
- LIMA, M. (1943) — *Anais do Município da Horta*. Of. Gráf. Minerva, V. N. Famalicão.
- MACDONALD, G. A. (1955) — *Hawaiian Volcanoes During 1952*, U. S. Geol. Survey Bull. 1021-B, pag. 15-108.
- MACEDO, A. L. S. (1871) — *História das Quatro Ilhas que Formam o Distrito da Horta*, vol. 1. Typ. de Graça Jr., Horta.
- MACHADO, F. (1948) — *Frequência dos Sismos Sentidos nas Ilhas do Faial e do Pico, Açoreana* (Bol. Soc. Af. Chaves), vol. 4, pag. 236-245.
- (1953) — *Perda de Calor em Câmaras Magmáticas dos Açores, Açoreana* (Bol. Soc. Af. Chaves), vol. 5, pag. 23-45.
- (1955) — *The Fracture Pattern of Azorean Volcanoes*, Bull. Volcanologique, sér. II, tomo 17, pag. 119-125.
- MINAKAMI, T. & SAKUMA, S. (1953) — *Report on Volcanic Activities and Volcanological Studies Concerning them in Japan during 1948-1951*, Bull. Volcanologique, sér. II, tomo 14, pag. 79-132.



1 — Cabeço do Fogo (antigo Cabeço da Silva). No primeiro plano, lava que correu do contraforte ocidental.



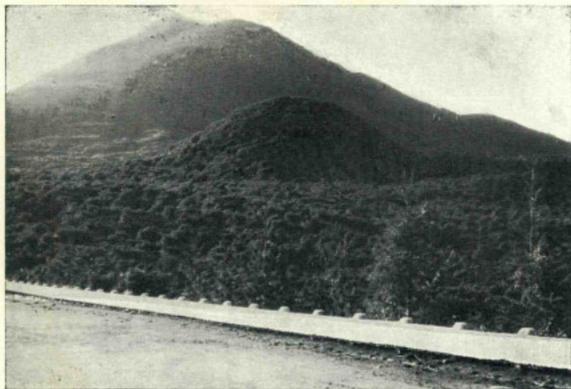
2 — Pormenor da lava «aa», já coberta de líquenes (numa corrente do Cabeço do Fogo).



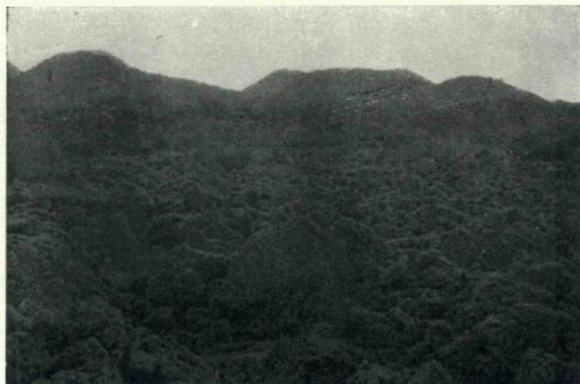
3 — Contraforte ocidental do Cabeço do Fogo. (O contraforte formou-se sobre o antigo Cabeço da Grizela).



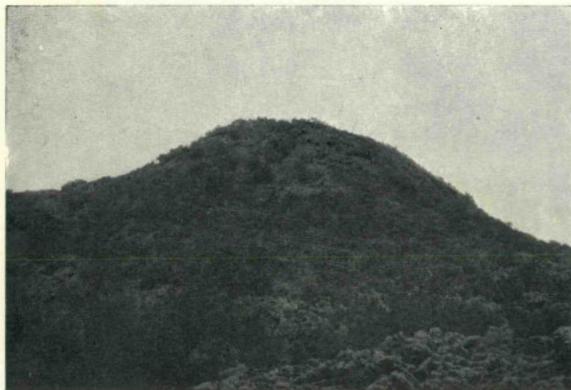
4 — Lava tipo «aa» fragmentada em lajes (numa corrente do Pincarito).



1— Ao centro o Pincarito, e ao fundo o Cabeço Verde.



2— Ao fundo, à direita, o Cabeço do Manuel Gato (antigo Cabeço dos Caldeirões), à esquerda, o Pincarito.



3— O Pincarito, morro de escórias e lava, formado sobre uma das chaminés de 1672.



4— Lava que correu para a costa norte (emitida pelo Pincarito).

ÍNDICE

	PAGES
Préface par A. DE CASTELLO BRANCO	7
RAPPORT DE LA PREMIÈRE MISSION GÉOLOGIQUE par A. de CASTELLO BRANCO, G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA et O. DA VEIGA FERREIRA	9
INTRODUCTION	9
I — ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE L'ÎLE DE FAIAL	10
II — RAPPORT DE LA MISSION SUR L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS	13
A — Période du 24 Septembre au 3 Novembre	14
a) — L'éruption pendant les semaines qui ont précédé l'arrivée dans l'île, de la Première Mission Géologique, entre le 24 Septembre et le 20 Octobre	14
Phase explosive	15
Phase fragmentaire	15
A — Produits issus de la lave active	15
B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux	17
Phase effusive	17
Phénomènes électriques	17
Phase solfatarienne	17
Phase séismique	18
Phase de dégradation	18
b) — Les observations réalisées par la Première Mission Géologique entre le 20 Octobre et le 3 Novembre	18
Phase explosive	20
Phase fragmentaire	20
A — Produits issus de la lave active	20
B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux	20
Phase effusive	20
Effets électriques	21
Phase solfatarienne	21
Phase séismique	21
Phase de dégradation	21
B — Période du 4 Novembre au 16 Décembre	22
a) — Les observations réalisées par la Première Mission Géologique entre le 4 et le 11 Novembre	22
Phase explosive	22
Phase fragmentaire	22
Phase effusive	22
Phénomènes électriques	23
Phase séismique	23

b) — L'éruption pendant les semaines qui ont suivi le départ de la Mission entre le 12 Novembre au 16 Décembre	23
Phase explosive	23
Phases fragmentaires	23
Phase effusive	24
Phase électrique	24
Phase solfatarienne	24
Phase séismique	24
Phase de dégradation	24
c) — Conclusions	25
Phase explosive	26
Phase fragmentaire	26
A — Produits issus de la lave active	26
B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux	26
Phase effusive	26
Effets électriques	26
Phase solfatarienne	26
Phase séismique	26
Phase de dégradation	27

RAPPORT DE LA DEUXIÈME MISSION GÉOLOGIQUE SUR LE VOLCANISME DE L'ÎLE DE FAIAL par G. ZBYSZEWSKI et O. DA VEIGA FERREIRA	29
I — LE VOLCANISME DES RÉGIONS CENTRALE ET ORIENTALE DE L'ÎLE DE FAIAL	29
A — Le Massif volcanique de la Caldeira	29
B — Le plateau littoral de Cedros et de Salão	32
C — La région des croupes et des grabens de la partie orientale de l'île	33
D — La région de Horta et ses dépendances	36
II — TECTONIQUE	38
III — LES RESSOURCES NATURELLES DE L'ÎLE EN RAPPORT AVEC LE VOLCANISME	40
Eaux minérales	40
Matériaux de construction et d'empierrement	41
IV — RAPPORT DE LA MISSION SUR L'ÉRUPTION DU VOLCAN DE CAPELINHOS	41
A — Période du 17 Décembre au 12 Mai 1958	41
Phase volatile et aérienne	41
Phase fragmentaire	42
A — Produits issus de la lave active	42
B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux	42
Phase effusive	43
Phase électrique	43

	PAGES
Phase solfatarienne	43
Phase séismique	43
Phase de dégradation	43
B — Période du 12 Mai au 25 Octobre	44
a) Phase de repos	44
b) L'activité strombolienne	45
c) Les phénomènes effusifs	46
Phase séismique	48
Phase volatile et aérienne	49
Phase fragmentaire	50
A — Produits issus de la lave active	50
B — Produits non lumineux ou partiellement lumineux	50
Phase effusive	50
Phase électrique	51
Phase solfatarienne	51
Phase de dégradation	51
C — Période du 25 Octobre au 30 Novembre	51
Phase solfatarienne	52
Phase de dégradation	52
Bibliographie géologique de l'Île de Faial	54
CONTRIBUIÇÃO PARA A PETROGRAFIA DOS PRODUTOS EMITIDOS PELO VULCÃO DOS CAPELINHOS (FAIAL) por C. F. TORRE DE ASSUNÇÃO	
I — INTRODUÇÃO	57
II — AS ESCÓRIAS E AS CINZAS	58
III — AS LAVAS	59
IV — LAVAS ANTIGAS ARRANCADAS PELA ERUPÇÃO	60
V — ALGUMAS CONSIDERAÇÕES GERAIS	60
VI — RELAÇÃO ENTRE AS LAVAS ANTIGAS E OUTRAS ROCHAS ERUPTIVAS DO FAIAL E OS PRODUTOS DA ERUPÇÃO DOS CAPELINHOS	61
Referências bibliográficas	64
EVOLUÇÃO TOPOGRÁFICA DO CONE VULCÂNICO DOS CAPELINHOS por F. MACHADO, J. M. NASCIMENTO e A. F. DENIS	
INTRODUÇÃO	65
MÉTODOS DE LEVANTAMENTO	65
VOLUME DOS MATERIAIS EMITIDOS	67
CÁLCULO DA ENERGIA DISSIPADA	69
Referências	70

	PAGES
L'ÉRUPTION DE 1957-1958 ET LA TECTONIQUE DE FAIAL (AÇORES) par	
H. TAZIEFF	71
I — APERÇU GÉNÉRAL SUR LA TECTONIQUE ET LE VOLCANISME DES AÇORES	72
Caldeiras	72
Fissures	72
Séismicité	73
Volcanisme	73
II — FAIAL	73
III — ÉRUPTION DES CAPELINHOS	75
Description du phénomène	75
Activité pseudo-vulcanienne	75
Activité vésuvienne (ash-phase) ou plinienne	76
IV — ESTIMATION DE L'ÉNERGIE ÉRUPTIVE	79
V — LE VOLCAN DE CAPELINHOS ET LA TECTONIQUE DE FAIAL	82
VI — OBSERVATIONS ET REMARQUES DE JUIN 1958	83
Description de l'activité	84
La crise séismique	85
L'explosion à la Caldeira	87
Bibliographie	88
A ERUPÇÃO DO FAIAL EM 1672 por F. MACHADO	89
I — INTRODUÇÃO	89
II — ACTIVIDADES SÍSMICAS EM 1671-72	90
III — AS MANIFESTAÇÕES VULCÂNICAS	93
IV — DISTRIBUIÇÃO E PROPRIEDADES DA LAVA	95
V — ENERGIA DISSIPADA	98
Referências	99

EM CARTEIRA

- Carta Geológica de Portugal na escala de 1/25 000.
 Folha de Faial (Açores) e respectiva Notícia Explicativa.

MEMORIAS DA COMISSÃO GEOLOGICA DE PORTUGAL (1857-1869)

- 1865 — GOMES, B. A. — *Vegetaes fosséis*: — Flora fossil do terreno carbonifero das visinhanças do Porto, Serra do Bussaco e Moinho d'Ordem, próximo de Alacera do Sal. 46 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1865 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Da existencia do homem em epochas remotas no valle do Tejo*: — Noticias sobre os esqueletos humanos descobertos no Cabeco da Arruda. 40 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1866 — RIBEIRO, C. — *Estudos geologicos*: — Descrição do terreno quaternario das bacias dos rios Tejo e Sado. 164 p., 1 carta (Com versão francesa por Dalhuny). Esgotado.
- 1866-67 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Molluscos fosséis*: — Gasteropodes dos depositos terciarios de Portugal. 2 fasc., 263 p., 28 est. (Com versão francesa por Dalhuny). Esgotado.
- 1867 — NERY DELGADO, J. F. — *Estudos geologicos*: — Da existencia do homem no nosso solo em tempos mui remotos provada pelo estudo das cavernas: — Noticia ácerca das grutas da Cesareda. 133 p., 3 est. (Com versão francesa por Dalhuny). Esgotado.
- 1867 — RIBEIRO, C. — *Estudos geológicos*: — Memoria sobre o abastecimento de Lisboa com aguas de nascente e agua de rio. 119 p. Esgotado.
- 1868 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Monumentos prehistoricos*: — Descrição de alguns dolmens ou antas de Portugal. 97 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotado.

MEMORIAS DA SECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1869-1886)

- 1871 — RIBEIRO, C. — *Descrição de alguns silix e quartzites lascados encontrados nas camadas dos terrenos terciario e quaternario das bacias do Tejo e Sado*. 57 p., 10 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1876 — NERY DELGADO, J. F. — *Terenos paleozoicos de Portugal*: — Sobre a existencia do terreno siluriano no Baixo Alentejo. 35 p., 2 est., 1 carta (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1878 — RIBEIRO, C. — *Estudos prehistoricos em Portugal*: — Noticia de algumas estações e monumentos prehistoricos. 1.º vol., 72 p., 21 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1880 — Idem — *Idem*, 2.º vol. 86 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1880 — CHOFFAT, P. — *Étude stratigraphique et paléontologique des terrains jurassiques du Portugal*: — Le Lias et le Dogger au Nord du Tage. 72 p.
- 1881 — VASCONCELOS PEREIRA CABRAL, F. A. DE — *Estudos de depositos superficiaes da bacia do Douro*. 88 p., 3 est.
- 1881 — HEER, O. — *Contributions à la flore fossile du Portugal*. 51 p., 29 est. Esgotado.
- 1885 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal. Première étude*: — Contrées de Cintra, Belas et de Lisbonne. 76 p., 3 est. Esgotado.
- 1885 — NERY DELGADO, J. F. — *Terenos paleozoicos de Portugal: Estudo sobre os Bilobites e outros fosséis das quartzites da base do sistema silurico de Portugal*. 111 p., 43 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1885 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — Mollusques lamellibranches. Deuxième ordre. Asiphonidae. 1ère livraison, 36 p., 10 est. Esgotado.
- 1886 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. I*: — Espèces nouvelles ou peu connues. 1ère série, 40 p., 18 est. Esgotado.

MEMORIAS DA COMISSÃO DOS TRABALHOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1886-1892)

- 1887-88 — LORIOL, P. DE — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. II*: — Description des Echinodermes. 2 fasc., 124 p., 22 est. Esgotado.
- 1887-88 — NERY DELGADO, J. F. — *Terenos paleozoicos de Portugal*: — Estudo sobre os Bilobites e outros fosséis das quartzites da base do sistema silurico de Portugal. Suplemento — 76 p., 12 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1888 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — Mollusques lamellibranches. Deuxième ordre. Asiphonidae. 2ème livraison. 40 p., 10 est. Esgotado.
- 1888 — LIMA, W. DE — *Flora fossil de Portugal*: — Monographia do genero Dicranophyllum (Systema carbonico). 14 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1889 — CHOFFAT, P. — *Étude géologique du tunnel do Rocio. Contribution à la connaissance du sous-sol de Lisbonne*. Avec un article paléontologique par J. C. BERKELEY COTTER et un article zoologique par ALBERT GIRARD. 106 p., 7 est. Esgotado.
- 1890-91 — LORIOL, P. DE — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — Embranchement des Echinodermes. 179 p., 29 est. Esgotado.
- 1892 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silurica de Portugal*: — Descrição de uma forma nova de Trilobite, Lichas (Uralichas) ribeiroi. 31 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotado.

MEMORIAS DA DIRECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1892-1899)

- 1893 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — Classe des Céphalopodes. 1ère série. Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres Vedras. 82 p., 20 est. Esgotado.
- 1893 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — Mollusques lamellibranches. Premier ordre. Siphonida. 1ère livraison. 39 p., 9 est. Esgotado.
- 1894 — SAPORTA, M. — *Flore fossile du Portugal*: — Nouvelles contributions à la flore mésozoïque. Accompagnées d'une notice stratigraphique par PAUL CHOFFAT. 288 p., 40 est. Esgotado.
- 1896 — LORIOL, P. DE — *Description des Echinodermes tertiaires du Portugal*. Accompagnée d'un tableau stratigraphique par J. C. BERKELEY COTTER. 50 p., 13 est. Esgotado.
- 1897 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silurica de Portugal*: — Novas observações acerca de Lichas (Uralichas) ribeiroi. 35 p., 4 est. (Com tradução em francês). Esgotado.
- 1897-98 — SAUVAGE, H. E. — *Vertébrés fossiles du Portugal*: — Contributions à l'étude des poissons et des reptiles du Jurassique et du Crétacique. 48 p., 10 est. Esgotado.

- 1898 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal:—Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues. 2ème série:—Les Ammonnées du Bellasien des couches à Néolobites Vibrayeaus, du Turonien et du Sénonien.* 46 p., 20 est. Esgotado.

MEMORIAS DA DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1889-1901)

- 1900 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal:— Deuxième étude:— Le Crétacique supérieur au Nord du Tage.* 287 p., 11 est. Esgotado.

MEMORIAS DA COMISSÃO DO SERVIÇO GEOLOGICO DE PORTUGAL (1901-1918)

- 1901-02 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues. 3ème série:— Mollusques du Sénonien à faciès fluvio-marin.* 18 p., 2 est.; 4ème série:— *Espèces diverses et table des quatre séries.* 67 p., 16 est. Esgotado.
- 1903 — CHOFFAT, P. — *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. I:— Le Crétacique de Conducia.* 31 p., 9 est. Esgotado.
- 1903-04 — DOLLFUS, G. F., BERKELEY COTTER, J. C. & GOMES, J. P. — *Mollusques tertiaires du Portugal:— Planches de Céphalopodes, Gastéropodes et Pélécyppodes, laissées par F. A. PEREIRA DA COSTA, accompagnées d'une explication sommaire et d'une esquisse géologique.* 120 p., 1 quadro estratigráfico, 1 retrato e 27 est.
- 1904-05 — KOBY, F. — *Description de la faune jurassique du Portugal:— Polypiers du Jurassique supérieur.* Avec notice stratigraphique par P. CHOFFAT. 168 p., 30 est. Esgotado.
- 1905 — CHOFFAT, P. — *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. II:— Nouvelles données sur la zone littorale d'Angola.* 48 p., 4 est. Esgotado.
- 1907 — ROMAN, F. & TORRES, A. — *Le Néogène continental dans la basse vallée du Tage.* (rive droite). Avec une note sur les empreintes végétales de Pernes par M. FLICHE. 109 p., 6 est. Esgotado.
- 1908 — CHOFFAT, P. — *Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrabida.* 89 p., 10 est. Esgotado.
- 1908 — NERY DELGADO, J. F. — *Système silurique du Portugal:— Étude de stratigraphie paléontologique.* 247 p., 8 est., 1 quadro estratigráfico. Esgotado.
- 1909 — DOLLFUS, G. & BERKELEY COTTER, J. C. — *Mollusques tertiaires du Portugal:— Le Pliocène au Nord du Tage (Plaisancien). 1ère partie. Pélécyppoda. Précédée d'une notice géologique.* 103 p., 9 est. Esgotado.
- 1910 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrains paléozoïques du Portugal:— Étude sur les fossiles des schistes à Néréites de San Domingos et des Schistes à Néréites et à Graptolites de Barrancos.* (Obra póstuma). 68 p., 51 est. Esgotado.
- 1911 — CHOFFAT, P. & BENSANDE, A. — *Études sur le séisme du Ribatejo du 23 avril 1909.* 146 p., 4 est., 2 cartas. Esgotado.
- 1912 — CHOFFAT, P. & BENSANDE, A. — *Estudos sobre o sismo do Ribatejo de 23 de abril de 1909.* (Versão do original francês). Esgotado.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1918-1952)

- 1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *O terremoto do 1.º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demografico. Vol. I. Distritos de Faro, Beja e Évora.* p. 1 à 278, 7 est. Esgotado.
- 1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem Vol. II. Distritos de Santarém e Portalegre.* p. 279 à 474, 5 est. Esgotado.
- 1928 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem Vol. III. Distrito de Lisboa.* p. 475 à 950, 5 grav. e 6 est.
- 1932 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem Vol. IV. Distritos de Leiria, Castelo Branco, Coimbra, Guarda, Aveiro e Vizeu.* p. 951 1014 (Com uma notícia nerológica sobre o autor)
- 1937-38 — FREIRE DE ANDRADE, C. — *Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura.* 249 p., 7 esb. geol., 1 carta tectónica de Portugal na escala de 1:1 000 000 (Com um sumário em inglês à parte).
- 1945 — TEIXEIRA, C. — *Nymphéacées fossiles du Portugal.* 13 p., 4 est.
- 1947 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal:— Brachiopodes.* 46 p., 19 est. (Publicação póstuma). (Coordenação e preâmbulo por C. TEIXEIRA).
- 1948 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa. I.ª parte.* 119 p., 45 est.
- 1949 — RIBEIRO, C. — *Vues de la côte portugaise entre l'estuaire de la rivière de Maceira et Pedra do Frade à l'Ouest de Cezimbra.* 3 p., 13 est. Publicação póstuma (Coordenação e texto de G. ZBYSZEWSKI). Esgotado.
- 1949 — ZBYSZEWSKI, G. — *Les vertébrés du Burdigalien supérieur de Lisbonne.* 77 p., 22 est.
- 1949 — MENDES CORREIA, A. & TEIXEIRA, C. — *A jazida pré-histórica de Eira Pedrinha (Condeixa).* 65 p., 16 est.
- 1950 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa. II.ª parte.* 33 p., 13 est.
- 1951 — CHOFFAT, P. — *Planches et coupes géologiques de la région éruptive au Nord du Tage.* 3 p., 23 est., 1 carte. (Publicação póstuma). (Coordenação e apresentada por A. DE CASTELLO BRANCO).
- 1952 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Esboços geológicos da parte ocidental da Angola.* (Publicação póstuma.) (Texto explicativo por M. MONTENEGRO DE ANDRADE). 12 p., 8 est., 2 cartas.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (Nova série)

- 1953 — BERGOUNIOUX, F. M., ZBYSZEWSKI, G. & CROUZEL, F. — *Les Mastodontes miocènes du Portugal.* 139 p., 60 est. (Mem. n.º 1).
- 1957 — LAPPARENT, A. F. DE & ZBYSZEWSKI, G. — *Les Dinosauriens du Portugal.* 64 p., 36 est. (Mem. n.º 2).
- 1959 — ZBYSZEWSKI, G. — *Étude structure de l'aire typhonique de Caldas da Rainha.* 184 p., 11 est., 1 carta geol. (Mem. n.º 3).
- 1959 — CASTELLO BRANCO, A. DE, ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., VEIGA FERREIRA, O. DA, TORRE DE ASSUNÇÃO, C. F., MACHADO, F., NASCIMENTO, J. M., DENIZ, A. F. & TAZIEFF, H. — *Le Volcanisme de l'île de Faial et l'Éruption du Volcan de Capelinhos.* 104 p., 5 quadros, 2 cartas geol. (Mem. n.º 4). Contém, em carteira, *Notícia explicativa da folha Faial (Açores) da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:25 000* por G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA, O. DA VEIGA FERREIRA & C. TORRE DE ASSUNÇÃO.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL

CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL

NA ESCALA DE 1/25 000

NOTÍCIA EXPLICATIVA DA FOLHA
FAIAL (AÇORES)

por

G. ZBYSEWSKI

Geólogo dos Serviços Geológicos de Portugal

F. MOITINHO DE ALMEIDA

Engenheiro de Minas dos Serviços Geológicos de Portugal

e

O. DA VEIGA FERREIRA

Ag. Téc. de Eng.^a de Minas dos Serviços Geológicos de Portugal

ROCHAS ERUPTIVAS

por

C. TORRE DE ASSUNÇÃO

Prof. da Faculdade de Ciências de Lisboa



LISBOA
1959

ID-170

LIVRO

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL

Rua da Academia das Ciências, 19, 2.º

LISBOA — PORTUGAL

CARTA GEOLOGICA DE PORTUGAL

NOTÍCIA EXPLICATIVA DA FOLHA FAIAL (AÇORES)

NOTÍCIA EXPLICATIVA DA FOLHA FAIAL (AÇORES)

ERRATA

PÁG.	LINHA	ONDE SE LÊ	DEVE LER-SE
11	29	Na pasta	Nas pastas
12	9	I(II).5.2'4	I(II).5.2.'4
16	1	II.'6.3.4 [2'.2.2'.3]	II.'6.3.4' [2.2.2'.3]

CARTA GEOLOGICA

DE

PORTUGAL

REDACTED

COMP. E IMP. DA
TIP. ALCOBACENSE, LIMITADA
ALCOBAÇA

1 — INTRODUÇÃO

O levantamento da Carta Geológica da Ilha do Faial, na escala de 1:25 000, foi começado em Outubro-Novembro de 1957 por uma Missão que se deslocou para aquela Ilha nos primeiros dias da erupção vulcânica dos Capelinhos.

A referida Missão era constituída pelo Eng. D. António de Castello Branco, Director dos Serviços Geológicos, pelos Geólogos Eng. F. Moitinho de Almeida e Dr. G. Zbyszewski, pelo Agente Técnico de Engenharia de Minas O. da Veiga Ferreira e pelo Colector A. Rodrigues.

No decurso desta primeira Missão foi levantada a parte ocidental da Ilha, que corresponde à «Península do Capêlo».

Em Agosto de 1958, uma segunda Missão constituída pelo Geólogo Dr. G. Zbyszewski, o Agente Técnico de Engenharia de Minas O. da Veiga Ferreira e os Colectores L. Rodrigues e A. Rodrigues, prosseguiu e concluiu o levantamento da Ilha.

O Ex.^{mo} Sr. Governador do Distrito Autónomo da Horta, Dr. Freitas Pimentel, auxiliou por todos os meios ao seu alcance o perfeito cumprimento das Missões.

O estudo das escarpas da periferia da Ilha, especialmente do Vulcão dos Capelinhos, foi realizado numa lancha amavelmente posta à disposição da Missão pela Direcção da Alfândega da Horta.

O fundo cartográfico utilizado nos levantamentos geológicos é o do Instituto Geográfico e Cadastral, na escala de 1:25 000 (Edição de 1942).

II — GEOMORFOLOGIA E VULCANISMO

O elemento geomorfológico mais importante da Ilha do Faial é o Maciço vulcânico da Caldeira, cujo ponto mais alto (Cabeço Gordo) atinge 1 043 metros.

Foi este o vulcão que formou a ilha primitiva, posteriormente ampliada por outras erupções que se deram em vários pontos da sua periferia.

Na parte superior deste vulcão existe uma vasta cratera, cujo maior diâmetro é de cerca de dois quilómetros e a profundidade de 400 metros.

O Maciço da Caldeira é constituído, na sua maior parte, por lavas andesíticas e por materiais de projecção. Apenas no bordo sul da cratera se observa um afloramento traquítico com tendência para a disjunção colunar (Altar).

O fundo da Caldeira está parcialmente acupado por uma lagoa. Um pequeno cone vulcânico secundário situa-se na margem oeste da lagoa. Tem uma cratera de cerca de 125 metros de diâmetro e 30 metros de profundidade. Este aparelho deu um pequeno derrame de lavas latíticas, parcialmente cobertas pelas aluviões da lagoa.

As vertentes exteriores do Maciço da Caldeira são cobertas por um espesso manto de materiais piroclásticos. Uma densa rede de barrancos (grotas) e de linhas de água, com dispositivo radiado, corta profundamente este manto, deixando por vezes aflorar a rocha dos derrames lávicos.

Na periferia do Maciço podem ser observados alguns aparelhos vulcânicos secundários tais como: o Rinquim (543 m), o Cabeço do Chão (738 m), o Cabeço dos Covões (277 m), o Alto da Baleia (147 m), o Cangueiro (708 m), o Cabeço das Queimadas (670 m), o Cabeço da Granja (209 m), o Cabeço das Tronqueiras (283 m), o Cerrado Grande (247 m), etc. Todos eles deram andesitos ou andesitos peridotíticos.

Ao longo da Costa Norte da Ilha, o planalto de Cedros e de Salão corresponde a uma região de altitude média, cortada por densa rede de linhas de água, de orientação sensivelmente SW-NE, e coberta pelo manto de materiais piroclásticos. As lavas andesíticas afloram, principalmente, ao longo das referidas linhas de água.

Na vertente oeste do Vale da Ribeira de Santa Bárbara, no meio da série piroclástica, existe um nível conglomerático.

As lavas da região dos Cedros e de Salão são mais modernas que as da Caldeira do Faial e as das lombas da parte este da Ilha.

A leste do Maciço da Caldeira estende-se uma região caracterizada pela presença duma série de lombas de orientação geral WNW-ESE, separadas umas das outras por vales mais ou menos importantes (Lomba dos Espalhafatos, do Alto da Pedreira, de Pedro Miguel, do Alto da Cruz, de Espalamaca, etc.).

Vários acidentes tectónicos, alguns com rejeições importantes, imprimem a estas lombas um dispositivo em degraus sucessivos.

Do ponto de vista geológico esta região está constituída, na maior parte, por derrames andesíticos provenientes do Vulcão da Caldeira e, também, de alguns centros eruptivos secundários tais como o Cabeço do Tambroso, o Cabeço dos Milhafres, e vários aparelhos, meio destruídos, conhecidos a oeste da Boa Vista, de Miragaia e de Pedro Miguel.

Os afloramentos de materiais piroclásticos são principalmente desenvolvidos a norte, a oeste e a sul.

Alguns filões e chaminés traquíticos cortam a série andesítica na região de Espalhafatos e de Pedro Miguel (Pedreira da Pedra Branca, Galego).

A região de Horta ocupa a parte sudeste da Ilha. Tem por limites, a norte, a Lomba de Espalamaca e o Vale dos Flamengos. Para oeste, estende-se ao longo do litoral até Feteira, tendo por limite, nesta área, as vertentes do Maciço da Caldeira.

A região está dominada por alguns aparelhos vulcânicos modernos, cujas erupções deram andesitos peridotíticos, doleritos e basaltos [Vulcões da Conceição (113 m), da Quinta de S. Lourenço (204 m), do Dr. Neves (191 m), da Portela (228 m), do Monte Carneiro (267 m), do Monte das Moças (69 m), do Monte Queimado (82 m) e do Monte da Guia (145 m)].

Estes aparelhos estão localizados ao longo das principais fracturas da região.

A parte mais ocidental da Ilha é formada por uma larga península cujo eixo corresponde a um alinhamento de vulcões modernos, dispostos em fila, ao longo duma fractura que se estende entre o Maciço da Caldeira e o Vulcão dos Capelinhos [Cabeço dos Trinta (762 m), Cabeços do Pacheco (582 m), Cabeço Verde (571 m), Pingarotes (540 m), Cabeço do Fogo (571 m), Cabeço do Garcia (378 m), Cabeços dos Caldeirões,

Cabeço Manuel Gato (287 m), Picarito (277 m), Cova da Capitoa, Cabeço do Capêlo (488 m), Furna Ruim, Caldeirão, Cabeço do Canto (346 m), Caldeirinha (182 m), Costado da Nau (181 m), etc.].

Estes aparelhos deram lavas andesíticas ou basálticas. Algumas correram para norte e outras para sul. Os mais antigos destes vulcões parecem ser os Cabeços do Pacheco, o Cabeço do Capêlo e o vulcão destruído do Costado da Nau. Mais modernos são o Cabeço do Fogo e o Picarito, que estiveram em erupção em 1672.

A ordem das erupções, nesta região, parece ter sido a seguinte :

- 1 — Erupções basálticas dos Cabeços do Pacheco, do Cabeço do Capêlo e do Costado da Nau. A Furna Ruim e o Caldeirão seriam mais ou menos da mesma época.
- 2 — Erupção basáltica do cabeço dos Trinta que deu um derrame em direcção da Praia do Norte e outro para sul até Varadouro.
- 3 — Erupções de andesitos peridotíticos na vertente norte do Cabeço do Capêlo, no Cabeço do Canto e na Caldeirinha, cujas lavas cobriram toda a área do Norte Pequeno e atingiram, ao sul, o Porto do Comprido.
- 4 — Erupções do Cabeço Verde e dos Pingarotes, cujos andesitos peridotíticos deram um grande derrame até Praia do Norte e Fajã e outro, ao sul, até Varadouro. Este último cobriu parcialmente as lavas das erupções anteriores do Cabeço dos Trinta.
- 5 — Erupção do Cabeço do Fogo e do Picarito (1672), cujas lavas cobriram toda a área do Cruzeiro Norte, da Praia do Norte e da Fajã do Touro e, a sul, toda a região situada entre Cruzeiro Sul, Areeiro e Varadouro.
- 6 — Erupção do vulcão dos Capelinhos (1957-1958).

III — GEOLOGIA

FORMAÇÕES SEDIMENTARES

Estão representadas por aluviões, areias de praia, formações de vertentes e depósitos quaternários de praia ou de terraços antigos.

a — Aluviões

As aluviões são geralmente constituídas por materiais vulcânicos desagregados, rolados e depositados por acção das águas superficiais.

Foram cartografados dois afloramentos principais: no fundo da Caldeira do Faial, onde um depósito deste tipo está coberto por lamas da lagoa; junto da Praia da Conceição, onde existe um depósito de natureza torrencial formado pela Ribeira dos Flamengos.

Ap — Areias de praia

Na costa oriental da Ilha do Faial existem pequenas praias de areias vulcânicas (Praia da Rocha Vermelha, Praia do Almocharife, Praia da Conceição, Praia da Doca, etc.).

Na costa ocidental, além da pequena praia da Fajã, que já existia, formaram-se em 1957-1958 extensos areais constituídos por cinzas e saibros vulcânicos provenientes do Vulcão dos Capelinhos, acumulados pelas correntes ao longo da Costa Norte, entre o Vulcão e a Fajã do Touro, e ao longo da Costa Sul, entre o vulcão e o Canto da Confraria.

A — Formações de vertente

Tais formações existem em vários pontos da Ilha, sobretudo ao longo das escarpas do mar, como por exemplo na costa entre a Ribeira Funda e a Ribeira das Cabras, no fundo da Caldeira do Faial e ao longo de algumas lombas que apresentam um maior declive (Lomba dos Espalhafatos, Lomba do Galego, etc.). Foram cartografados apenas os principais afloramentos deste tipo.

Q — Quaternário

Um depósito quaternário, constituído por níveis conglomeráticos, foi observado nas trincheiras da estrada a SE de Areias (Cedros), na margem oeste da Ribeira de Santa Bárbara, intercalado entre duas formações de materiais piroclásticos.

Outra formação quaternária, onde os materiais de origem marinha se apresentam misturados com formações de vertente, existe na Fajã, junto ao mar.

MATERIAIS PIROCLÁSTICOS

Pr — Materiais de projecção

Os materiais de projecção constituem um manto espesso que cobre a quase totalidade do Maciço vulcânico da Caldeira, deixando aflorar os derrames lávicos quase unicamente ao longo das linhas de água. Trata-se, geralmente, de cinzas, escórias, pedra pomes, brechas vulcânicas, etc.).

Nas proximidades da Caldeira, as brechas de explosão contêm blocos traquíticos e andesíticos que atingem por vezes grandes dimensões.

No meio das projecções existem fragmentos de natrosanidinito, especialmente a norte do Maciço, na região dos Cedros.

Em dois locais, são conhecidos vegetais fósseis no meio de camadas lenticulares de cinzas consolidadas: Lomba da Espalamarca e estrada oeste do Monte Carneiro.

Cones vulcânicos

Com convenção especial foram representados no mapa os cones vulcânicos secundários, constituídos por escórias e materiais de projecção, muitas vezes cobertos por materiais finos mais modernos. Podem ter uma, duas ou mais crateras. A maior parte dos cones vulcânicos, tanto na parte SE da Ilha (Região da Horta) como na parte W (Península do Capelo), estão alinhados ao longo das principais fracturas.

Crateras vulcânicas

Foram marcadas no mapa, com convenção própria, as principais crateras observadas nos vários aparelhos vulcânicos da Ilha.

ROCHAS ERUPTIVAS

Existem na Ilha do Faial traquitos, latitos, andesitos, andesitos peridotíticos, doleritos e basaltos.

τ — Traquitos e latitos

Os traquitos são conhecidos em chaminés e em filões.

A principal chaminé é a da Ponta do Castelo Branco, constituída por traquitos sacaróides, acinzentados, com encaves de andesitos. Uma pequena cratera subsiste na sua parte superior.

A quase totalidade do cone vulcânico primitivo que envolvia esta chaminé desapareceu, destruído pela abrasão marinha.

Outro afloramento, da mesma natureza, existe na Pedreira da Pedra Branca, a NW de Miragaia (Pedro Miguel).

Filões traquíticos foram observados nos Covões, Cascalho de Baixo (Cedros), Lomba dos Espalhafatos e Lomba do Galego.

No interior da Caldeira do Faial (Altar), um afloramento traquítico forma uma espessa bancada com tendência para disjunção colunar.

Pequenas intrusões traquíticas (chaminés, filões) cortam as lavas andesíticas que constituem as formações mais antigas da Ilha.

O tipo mais comum, entre os traquitos, é o *calco-alcálico*.

Apenas na Ponta do Castelo Branco se observou um *traquito alcalino* (sodi-potássico) e *aegirino-augítico*. A primeira geração reduz-se aos pequenos fenocristais de *albite*, de *feldspato potássico* e de *olivina*. A pasta é muito rica em *sanidina* e em *aegirina-augite*. Contém ainda *albite*, óxidos metálicos (*magnetite* e *hematite*) e raras escamas de *biotite*.

Os *traquitos calco-alcálicos* contêm, no geral, fenocristais, às vezes zonados, de *plagioclase calco-sódica*: *oligoclase* e, com certa frequência, *andesina*. Uma amostra colhida no Altar (Caldeira do Faial) encerra fenocristais de *plagioclase zonada* (de *andesina a oligoclase*) e de *anortose*. Os *barilitos* mais comuns nos traquitos do Faial são a *horneblenda castanha* e a *augite*. A *horneblenda* mostra muitas vezes largas orlas ferritizadas. A *biotite* aparece nalguns casos. A *olivina*, com tendência faialítica, ocorre, em pequenos fenocristais, no traquito de Castelo Branco. Na pasta, o *barilito* mais frequente é a *augite*, à qual se pode associar a *horneblenda*. Um certo número de amostras revela a passagem aos *latitos*. É principalmente o caso da amostra colhida a 420 m a SE do v. g. Cutelo. A lava do aparelho secundário situado no fundo da Caldeira, é já francamente um *latito*. Trata-se de uma rocha quase africa, oligoclásica e biotítica.

Nunca se observa a presença de *nefelina* expressa nas rochas traquíticas e afins do Faial. No entanto, o estudo químico de algumas amostras, assunto que será pormenorizado em outro trabalho, permite descobrir uma clara tendência para os tipos hipossaturados. De facto, três das análises químicas realizadas

revelam uma deficiência em sílica, mais ou menos acentuada como se verifica pelos valores do parâmetro q . Apenas na análise de ESENWEIN [1929] (traquito calco-alcálico da Caldeira) o valor de q corresponde à saturação ($q = 5$).

Eis agora os parâmetros completos dos traquitos analisados, onde o símbolo β' se refere, de acordo com a notação de Lacroix, à aparição de um pouco de nefelina virtual:

- a) *Traquito calco-alcálico* («Plagioklastrachyt» de ESENWEIN) — Caldeira. I (II). 5.2'4
- b) *Traquito akerítico* β' — (Filão) — Covões, trincheira da estrada a SW dos Cedros. II. 5 (6). (1) 2.4
- c) *Traquito monzonítico nefelínico* (afim dos *traquitos akeríticos* β') — Ribeira das Cabras (Praia do Norte) na brecha de explosão II. (5) 6.'2.4
- d) *Traquito monzonítico nefelínico* — Chaminé de Castelo Branco II.'6. (1) 2.4

Verifica-se assim que, a despeito da não existência de feldspatóides expressos, as lavas traquíticas do Faial manifestam, com frequência, uma composição deficitária em sílica que chega, mormente no caso da rocha de Castelo Branco, a colocá-las entre os equivalentes microlíticos dos *monzonitos nefelínicos*, e quimicamente próximas de tautiritos, lavas com nefelina, cujos parâmetros são II.6.2.(3)4.

α — Andesitos e andesitos peridotíticos

Constituem a maior parte da Ilha, sendo os mais antigos os que formam o Maciço da Caldeira e os mais modernos os que saíram dos cones vulcânicos que formam o alinhamento ocidental já referido (Cabeço Verde da Lagoa, Cabeço do Capêlo, Cabeço do Canto, etc.).

Andesitos augíticos e tipos afins

Como vimos, os traquitos e latitos são posteriores aos andesitos; na região da Caldeira, apenas formam um aparelho interior (latítico) e, no bordo sul da cratera, o afloramento traquítico do Altar.

Neste parágrafo incluiremos somente os tipos andesíticos,

desprovidos ou quase desprovidos de olivina. No parágrafo seguinte trataremos dos andesitos peridotíticos.

Os andesitos são rochas, no geral, *porfíricas*, menos vezes *afíricas* ou quase (SE do v. g. Costa, Ribeira do Cabo; NNW do v. g. Granja e Lomba de Espalamaca).

Os fenocristais predominantes são de plagioclase, às vezes zonada, habitualmente *andesina* ou *labrador*, sendo este assaz comum e atingindo, em certos casos, uma composição ainda mais cálcica (*labrador-bytownite*). Os barilitos são pouco abundantes no 1.º tempo, reduzindo-se a alguns fenocristais, geralmente pequenos, de augite, de hornblenda castanha, e raras vezes de biotite.

Numa amostra de Porto do Comprido, encontram-se alguns fenocristais de augite titanífera, variedade mais comum nas lavas basálticas.

As pastas contêm, como barilito praticamente constante, a augite. As plagioclases pertencem, quase sempre, aos domínios das andesinas e dos labradores. A hornblenda castanha pode igualmente ocorrer na pasta, embora seja menos vulgar do que a augite. Alguns dos andesitos contêm um pouco de olivina ou um mineral vermelho, seu produto de alteração. A olivina reduz-se, no entanto, a alguns grãos dispersos, na pasta (Porto do Comprido; Ribeira de Jonalves; NNW do v. g. Granja; e escarpa a NE do v. g. Alto da Baleia). Uma amostra colhida no fundo da Caldeira é amigdalóide, contendo calcite.

A amostra já referida, proveniente de um ponto a NNW do v. g. Granja, que microscòpicamente consideramos como um andesítico augítico passando a basalto, revela, em face do seu estudo químico, que será comunicado em outra publicação, uma posição mais próxima dos «basaltos» [$p = (II) III$]. Por outro lado, verifica-se um quimismo francamente hipossaturado ($q = 6$). Os seus parâmetros completos são: $(II) III, 6.2.4 [2.2.(2) 3.3]$, o que indica, dada a ausência de nefelina expressa, um *basanitoide* com tendência para os *tefritoïdes*.

Andesitos peridotíticos

Os exemplares a que atribuímos esta classificação distinguem-se dos anteriores pela existência de olivina, como elemento

essencial da pasta. Há, contudo, casos de passagem, como vimos no parágrafo precedente.

São muito numerosas, na colecção estudada, as amostras de andesitos peridotíticos, correspondendo ao grande desenvolvimento deste tipo de lavas no Faial. Nalguns casos, a sistematização oferece dificuldades, por estarmos em face de tipos que passam aos basaltos. A eles nos referiremos no final deste parágrafo.

Os andesitos peridotíticos estudados representam principalmente os produtos das erupções da vertente N do Cabeço do Capêlo, do Cabeço do Canto e da Caldeirinha e do Cabeço Verde e, mais tarde (erupção de 1672), do Cabeço do Fogo e do Picarito, tendo estas em parte dado lavas basálticas. Os derrames de andesitos peridotíticos da área referida tiveram lugar após as erupções basálticas dos arredores de Horta e da região ocidental da Ilha.

Na maior parte dos casos, os andesitos peridotíticos são porfíricos, com cristais de *andesina*, *labrador* ou mesmo *bytownite* (esta menos comum) e de *augite*, às vezes acompanhada por *olivina*, ou por outros barilitos. São raras as amostras *afiricas* ou quase (Norte Pequeno; NNW do v. g. Cangueiro). Certas lavas revelam-se extraordinariamente *porfíricas* (estrada nova, a NE do v. g. Alto do Rico; NW do v. g. Lomba de Baixo; e Pedreira do Monte Carneiro); os fenocristais destas lavas são constituídos por *labrador* ou por *bytownite*, e, no caso do Monte Carneiro, também por *olivina*. Esta última rocha denota uma tendência basáltica.

As pastas são, no geral, holocristalinas e microlíticas, por vezes com uma disposição fluidal. Mas, em certos casos, observa-se uma estrutura vítrosa, pelo menos parcialmente (Capêlo e Praia do Norte).

As plagioclases cálcicas — desde *oligoclase* até *labrador*, a *augite*, a *olivina*, e os *óxidos de ferro* e (ou) titânio são os elementos predominantes nas pastas. Algumas rochas são, quanto aos barilitos, essencialmente *augíticas*, com *olivina* pouco abundante; fazem então a passagem para os andesitos *augíticos*, levemente peridotíticos, que incluímos no grupo precedente. Estão neste caso as amostras provenientes da Ribeira do Cabo, a SW do v. g. Cabeço dos Trinta; estrada nova, a NE do v. g. Alto do Rico; e ESE do v. g. Alto da Baleia.

Andesitos peridotíticos passando a basaltos

Não são raras estas lavas de transição. As pastas mostram-se então mais ricas em barilitos e formadas, em boa parte, por uma trama mais ou menos densa de augite, óxidos de ferro e material intersticial, envolvendo os micrólitos feldspáticos. Por outro lado, os minerais máficos são mais abundantes no 1.º tempo que nos andesitos típicos.

Deve, em muitos casos, tratar-se de simples diferenciações locais dos mantos basálticos, como sucede com as lavas do Cabeço do Fogo.

Entre as amostras que melhor traduzem este carácter de transição figuram, na verdade, algumas pertencentes à erupção basáltica do Cabeço do Fogo, em 1672 (Cruzeiro Norte; Casas Grandes, Praia do Norte). A análise química de uma das amostras de Casas Grandes confirmou tratar-se ainda de um andesito, mas com tendência basáltica [$p = \text{II (III)}$], como mostraremos noutra publicação.

Outras lavas andesíticas, passando a basaltos, são as representadas pelas amostras provenientes de: Estrada do Varadouro (Erupção do Cabeço Verde), Norte Pequeno (que deve ser quase um basanitóide), no cruzamento a E do v. g. Ribeira Funda e na Pedreira do Monte Carneiro.

O estudo químico da amostra da lava do Cabeço do Fogo (Erupção de 1672), já acima referida, conduziu aos parâmetros seguintes:

$$\text{II (III)}.5(6).3.4 [2(3).2.2.2(3)]$$

Se o 1.º parâmetro confirma, como já dissemos, a tendência basáltica, o parâmetro $q = 5(6)$ mostra que, tal como no caso de certos traquitos, também entre os andesitos se verifica o carácter deficitário em sílica. Com base no estudo microscópico considerámos a lava em questão como um *andesito peridotítico*, de tendência basáltica. Os parâmetros indicam porém que esta lava pode, de facto, ser incluída entre os *andesitos* mas com tendência para os basanitóides.

Outra amostra submetida à análise química foi a de uma lava da estrada nova no Norte da Caldeira, na curva a leste da Ribeira de Santa Bárbara, provavelmente da série antiga do

Maciço da Caldeira. Os seus parâmetros são II.'6.3.4 [2'.2.2'.3]. Pelo conjunto destes valores verifica-se que estamos em presença duma lava do tipo dos *tefritoides* ($p = \text{II}$; $q = '6$).

O valor $p = '6$ mostra bem que se trata duma rocha mais deficiente em sílica do que o andesito precedentemente referido (lava do Cabeço do Fogo). Assim se constata que entre as rochas microscópicamente classificadas como andesitos peridotíticos têm lugar lavas hipossaturadas, embora sem feldspatóides expressos, tal como vamos encontrar no grupo seguinte, dos «Basaltos». Será ainda digno de nota o heteromorfismo da lava que estamos considerando (estrada nova do N da Caldeira) com um tipo de lamprófiros — os camptonitos — definidos pelos parâmetros gerais II-III.6.2-3.4 [2-3.2-3.2-3.3].

As escórias do vulcão dos Capelinhos

O estudo microscópico e químico das escórias emitidas pelo vulcão dos Capelinhos no decurso da sua primeira fase de actividade, leva à conclusão de que a composição desse material é um pouco menos básica do que a das lavas posteriormente derramadas que são já francamente «basálticas» (s. l.), como veremos.

A escória dos Capelinhos é um material muito vacuolar e, em boa parte, vítreo, pelo que o exame microscópico não é suficiente para a sua perfeita caracterização. Por isso, foi realizado um estudo químico de cujos resultados damos conta um pouco mais adiante.

O microscópio revela a existência de fenocristais de *olivina* (em grãos, na maior parte), de *augite* (em pequena quantidade) e de *plagioclase* (labrador-bytownite).

A pasta, embora muito rica em vidro castanho, contém alguns elementos cristalinos: micrólitos dispersos de *labrador*, com cerca de 60% mol. de an., *augite castanha*, *olivina*, e granulação de *óxidos de ferro*. Por outro lado, notam-se intersticialmente algumas minúsculas plagas duma matéria incolor, turva devido a inclusões, de fraca birrefringência, ou isótropa, provavelmente analcite.

A análise química conduz aos seguintes parâmetros:

II (III).(5)6.3.4 [2.2(3).2'.3]

que permitem, em conjunção com os caracteres mineralógicos, considerar esta escória como um *tefritoide* ($p = 2$ e $q = 6$). Trata-se, como se vê, dum tipo análogo ao representado pelas amostras da lava do Cabeço do Fogo (Casas Grandes) e da estrada nova do N da Caldeira (E de Ribeira de Santa Bárbara), cujos parâmetros, precedentemente apresentados, enquadram os da escória aqui considerada.

β — Doleritos, Basaltos e Basanitóides

Estas rochas, relativamente modernas, são conhecidas na região da Horta e na parte ocidental da Ilha do Faial, onde correspondem às erupções do Cabeço dos Trinta, do Cabeço do Fogo, do Cabeço do Capêlo, do Costado da Nau e do Vulcão dos Capelinhos.

Os basaltos existem também em filões em vários pontos da ilha.

Os derrames basálticos (s. s.) e de lavas afins do Faial foram estudados através de um bom número de lâminas delgadas, de amostras provenientes quer da região ocidental da Ilha (incluindo as do vulcão dos Capelinhos) quer da região da Horta. As erupções basálticas são, em boa parte, posteriores à formação da Caldeira central e anteriores às dos andesitos peridotíticos emitidos pelos vulcões da zona mais ocidental (Cabeço do Canto, Cabeço Verde, etc.).

Nos tempos históricos e após a colonização da Ilha, tiveram lugar as emissões basálticas do Cabeço do Fogo (1672) e, nos nossos dias (1957-58) a do vulcão dos Capelinhos.

Na maior parte dos casos os «basaltos» (s. l.) do Faial oferecem dois tempos de consolidação bem marcados, sendo os fenocristais principalmente de *olivina* e *augite*. Mas não são raros os fenocristais de *plagioclase* (às vezes zonada), no geral *bytownite* ou *labrador*, sendo as orlas mais sódicas. Os fenocristais de *plagioclase* podem mostra-se parcialmente fundidos, com formação de matéria vítrea intersticial. Também a *olivina* e a *augite* do 1.º tempo foram, com frequência, corroídas pela pasta.

Entre os *basaltos com plagioclase*, i. e. aqueles onde na geração fenocristalina predominam os feldspatos, destacam-se os representados por amostras provenientes do Farol dos Capelinhos, Cruzeiro Norte, Casas Grandes — (Basanitóide, analisado quimi-

camente) — Fajã, Norte Pequeno, SSE do Cabeço do Fogo, NW do Pico do Rinquim, N do v. g. Alto da Cruz, N do v. g. Alto do Inverno e ENE do v. g. Ponta Furada). As amostras de Casas Grandes (Praia do Norte), Fajã e de Norte Pequeno, além de outras, possivelmente, são da lava de 1672.

São muito numerosos os basaltos ricos em *fenocristais* de *augite* e *olivina*: amostras de Ribeira do Cabo e a E de Areeiro (lava do Cabeço dos Trinta), Cruzeiro Sul, Capêlo, SW da Praia do Norte (lava muito porfírica da erupção de 1672), Varadouro; ou quase só de *olivina*: amostras de Praia do Norte, da Cratera do Caldeirão, Norte Pequeno junto à costa, e da Ribeira do Adão. Uma amostra colhida a SW de Praia do Norte, muito porfírica, tem abundantes fenocristais de plagioclase, *augite* e *olivina*.

São *pouco porfíricas* as amostras colhidas a W do Cruzeiro Norte e a W de Norte Pequeno.

Muitas outras amostras revelam um porfirismo moderado.

As pastas possuem a constituição que é habitual em rochas basálticas, não mostrando a presença de nefelina, embora se reconheça, num caso ou noutro, alguma substância intersticial incolor, isotrópica ou quase, provavelmente *analcite*. Os elementos de geração da pasta são pois os micrólitos de plagioclase, geralmente *andesina*, às vezes um pouco menos cálcica, a *augite* (em bastonetes e grãos), raras vezes a *pigeonite* (estrada da Lagoa Verde — lava de 1672), grãos de *olivina* e grânulos de *magnetite* e de outros óxidos metálicos. Os agregados criptofelsíticos não são raros e as pastas parcialmente *vitrosas* encontram-se principalmente nas amostras de Areeiro (lava do Cabeço do Fogo — erupção de 1672), Casas Grandes (Praia do Norte, lava de 1672), e W do Cruzeiro Norte, esta com pasta semi-vitrosa (escória do Cabeço do Manuel Gato).

A presença tão comum de *olivina* na pasta permite individualizar o numeroso grupo dos *basaltos peridotíticos*, mais frequentes do que os basaltos desprovidos daquele mineral, na geração da pasta.

Em vários casos devemos estar em face de lavas de transição aos andesitos peridotíticos, próximos, portanto, dos que incluímos entre os andesitos peridotíticos passando a basaltos. Estão naquelas condições as amostras provenientes de: Cruzeiro Sul, Norte Pequeno, Caldeirão e W do Cruzeiro Norte. Semelhante-

mente a amostra colhida a NNW de v. g. Granja precedentemente referida ao tratar dos andesitos augíticos e tipos afins, representa um tipo de passagem entre lavas de facies andesítica e basáltica. Os seus parâmetros, como vimos, correspondem aos de um *basanitóide* com tendência para os *tefritóides*.

A lava representada por uma amostra colhida a E de Capelo, é um *basalto dolerítico*, e as amostras colectadas a W de v. g. Monte Carneiro e a NW do v. g. Pedra Furada são de *doleritos peridotíticos*, *labradóricos*.

A análise química de uma lava da erupção de Cabeço do Fogo em 1672 (Casas Grandes — Praia do Norte) que será comunicada em outra publicação, demonstra que, entre as rochas classificadas microscòpicamente como basaltos peridotíticos, figuram tipos que são *basanitóides* ou afins. Os parâmetros magmáticos da lava representada pela amostra analisada: III.6.2(3).4 [2.2.2'.3] são, de facto, vizinhos dos *basanitóides* típicos III.6.3.4. Em particular pode verificar-se o heteromorfismo entre aquela lava e um dos tipos de lampróiros — os *camptonitos*, e a sua frisante analogia com a lava representada pela amostra colhida a NNW do v. g. Granja, de que tratámos precedentemente.

Lava do vulcão dos Capelinhos

A lava vacuolar do vulcão dos Capelinhos, emitida em 1958, após a fase explosiva que deu origem às escórias, das quais se apresentaram precedentemente os resultados do seu estudo, tem também a composição dos *basanitóides*. É o que se reconhece pelo valor dos respectivos parâmetros obtidos a partir da análise química: 'III.6.'3.4 [2.2(3).2.2']. Trata-se dum *basanitóide* franco, mas que apenas difere quimicamente das escórias analisadas, pelo facto de estas serem pouco mais andesíticas [$p = \text{II}(\text{III})$], podendo pois concluir-se que os materiais analisados das fases explosiva e efusiva do vulcão dos Capelinhos são do tipo *basanitóide*, ou muito afim. Por outro lado verifica-se a analogia entre os produtos da erupção dos Capelinhos e os da erupção do Cabeço do Fogo (1672).

Microscòpicamente, a lava dos Capelinhos oferece a seguinte ordem de consolidação: a) grandes fenocristais de *olivina*, e de *augite* castanha; b) pequenos fenocristais de *olivina*, com alguma

reabsorção dos anteriores; c) micrólicos de *labrador*, que se apresentam dispersos, acompanhados por grãos de *olivina*; d) *pasta* essencialmente *vitrosa*; com agregados de *augite* e de *óxidos metálicos*.

Ordem das erupções

O estudo da geologia da Ilha do Faial permite estabelecer a seguinte sequência nos fenómenos eruptivos que se deram nesta Ilha:

- 1 — Erupções andesíticas, no Maciço da Caldeira e na sua periferia, constituíram a Ilha primitiva.
- 2 — Erupções traquíticas do Castelo Branco, do Altar, de Miragaia, etc., cortaram a série andesítica.
- 3 — Formação da Caldeira central da Ilha, por explosão e abatimento.
- 4 — Formação de um aparelho secundário, latítico, no fundo da Caldeira central.
- 5 — Erupções basálticas na região da Horta e na parte ocidental da Ilha (Cabeço dos Trinta, Cabeço do Capêlo, etc.).
- 6 — Erupções de andesitos peridotíticos na vertente norte do Cabeço do Capêlo, no Cabeço do Canto e, mais tarde, no Cabeço Verde.
- 7 — Em 1672, erupção do Cabeço do Fogo e do Picarito, cujas lavas correram para a Costa Norte e para a Costa Sul.
- 8 — Em Setembro de 1957, erupção do vulcão dos Capelinhos, que se prolongou até 1958, dando lavas basálticas.

IV — TECTÓNICA

A Ilha do Faial é cortada por uma série importante de falhas de orientação geral WNW-ESE, dando importantes rejeições. Estas falhas continuam a jogar ainda hoje, como foi possível averiguar no decurso do sismo de Maio de 1958, o que lhes dá um carácter de «falhas activas». É na parte oriental da Ilha que as falhas podem ser observadas, mais facilmente, nas escarpas

marítimas (Porto da Boca da Ribeira, a sul do Porto da Redonda, a norte do Porto de Pedro Miguel e Ponta de Espalamaca).

No interior da Ilha, a presença das falhas é posta em evidência pela observação da topografia em degraus, que elas originaram.

Outros acidentes podem ser seguidos ao longo dos alinhamentos de aparelhos vulcânicos secundários, como por exemplo o alinhamento do Monte Queimado, Monte das Moças, Monte Carneiro, Cabeço do Dr. Neves, prolongado pela lomba da Cruz.

Na parte ocidental da Ilha, o alinhamento dos vulcões extintos marca a passagem duma fractura bastante importante que, começando nas vertentes do Maciço da Caldeira prolonga-se até ao vulcão dos Capelinhos.

Na região dos Cedros, na costa norte da Ilha, é de supor a existência de fracturas de orientação sensivelmente N-S e NNW-SSE, mascaradas pelo manto de material piroclástico.

V — SISMOLOGIA

A Ilha do Faial faz parte duma zona extremamente sísmica. Por várias vezes os sismos atingiram o grau X na escala de Mercalli.

Os epicentros parecem localizados em duas áreas diferentes: uma delas corresponde ao braço de mar que separa a Ilha do Faial da Ilha do Pico (sismo de 31 de Agosto de 1926); a segunda situa-se na parte ocidental da Ilha.

Os efeitos destes tremores de terra, são por vezes catastróficos. Em Maio de 1958 as povoações da Praia do Norte e da Ribeira do Cabo foram totalmente arruinadas, enquanto outras tais como as do Norte Pequeno, da Ribeira Funda, dos Espalhafatos, dos Flamengos, sofreram danos importantes.

Um dos resultados do sismo de Maio de 1958 foi a abertura de fendas no terreno. Verificou-se, no decurso do levantamento geológico realizado em Agosto do mesmo ano, que estas fendas coincidiam, na maioria dos casos, com a presença de falhas antigas. Foi ao longo destes acidentes que os efeitos do sismo se manifestaram mais violentamente.

O epicentro do sismo de Maio de 1958 situou-se nas vertentes a oeste da Caldeira do Faial. Toda a zona entre a Caldeira, o Cabeço Redondo, o Cabeço do Fogo e a Praia do Norte,

parece ter sofrido um ligeiro afundimento cujo valor máximo teria sido de cerca de 1,50 m, ao passo que as zonas situadas a norte e a sul da mesma área teriam subido, ligeiramente, a sua deformação podendo atingir nalguns casos o valor máximo de 2 m.

VI — RECURSOS MINERAIS

Os recursos naturais da Ilha do Faial são representados por águas minerais e por materiais de construção e de empedramento.

Águas minerais

As únicas nascentes de águas minerais conhecidas até agora na Ilha do Faial são as do Varadouro, que alimentam um balneário. Trata-se, segundo uma análise do Prof. CHARLES LEPIERRE [1931], de uma água essencialmente cloretada (82%), bastante bicarbonatada sódica (8%) e bastante sulfatada cálcica (7%), apresentando um resíduo seco a 180°, de 5361,2 mgr/l. A sua temperatura varia entre 35° e 40°.

Esta água é utilizada no tratamento de gastrites, hepatites, colites, doenças de pele e reumáticos. No decurso do sismo de Maio de 1958 um grande desprendimento de terras, caídas da escarpa, subterrou três das nascentes, as quais se situam junto ao mar.

Materiais de construção e de empedramento

São representados por traquitos, andesitos, doleritos, basaltos e materiais piroclásticos.

Os traquitos, rochas brandas e de talhe fácil, foram explorados na Pedreira da Pedra Branca, aberta numa chaminé existente a NW de Miragaia (Pedro Miguel).

Os andesitos e andesitos peridotíticos são explorados em muitos pontos da Ilha, mas principalmente nas proximidades da cidade da Horta (Monte Carneiro, Portela, Pedreira da Doca, etc.).

Os doleritos e os basaltos são explorados na região da Horta e na península do Capêlo.

Os materiais piroclásticos são aproveitados como saibros em vários pontos da Ilha e, especialmente, nas proximidades da Horta (Monte Queimado, Flamengos, Lomba dos Milhafes, etc.).

PRINCIPAIS TRABALHOS PUBLICADOS
SOBRE A GEOLOGIA E A PETROGRAFIA DA REGIÃO

- AGOSTINHO, J. (1934) — Sinopse do estudo de P. Esenwein sobre a petrografia dos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, 7 p. Angra do Heroísmo.
- (1935) — Tectónica, sismicidade e vulcanismo das Ilhas dos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. I, p. 86-98. Angra do Heroísmo.
- (1936) — The volcanoes of the Azores Islands. *Bull. Volcanologique*, 1931, t. 14, n.º 27-30, p. 123-138, 6 fig., 10 pl. Napoles.
- (1955) — Relato da sismicidade dos Açores e história sísmica do arquipélago com vista principalmente à delimitação das zonas onde são de aconselhar maiores precauções anti-sísmicas nas construções. *Mem. Ordem dos Engenheiros*, n.º 108 (Simpos. sobre acção de sismos... Com. n.º 2), 4 p., 1 fig. Lisboa.
- ANÓNIMO (1958) — Rebirth of Azores volcanic Island. *Times Sci. Rev.*, n.º 27, p. 9.
- BERTHOIS, L. (1953) — Contribution à l'étude lithologique de l'Archipel des Açores. *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. XXXIV, p. 5-198, 49 fig., 5 cartas, 13 est. Lisboa.
- CANTO, E. (1881) — Erupção na Ilha do Fayal (Anno de 1672). *Arch. dos Açores*, vol. 3, p. 344-351 e 426-434.
- (1887) — Erupção no Capello, Ilha do Fayal (Anno de 1672) — suplemento, *Arch. dos Açores*, vol. 9, p. 425-432.
- MACEDO, A. L. S. (1871) — História das quatro ilhas que formam o Distrito da Horta, vol. I *Typ. de Graça Jr. Horta*.
- ESENWEIN, P. (1929) — Zur petrographie der Azoren. *Zeit. Vulk.* vol. XII, t. 2/3, p. 108-227, 19 fig., est. LIV-LVI. Berlim.
- FRIEDLANDER, I. (1929) — Die Azoren. *Zeit. Vulk.*, vol. XII; t. 2/3, p. 77-107, est. XXVII — XLV + XLVI — LIII (Cartas). Berlim.
- (1934) — Os Açores (Trad. de J. Agostinho). *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, 20 p. Angra do Heroísmo.
- HARTUNG, G. (1860) — Die Azoren in ihrer äusseren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur. 351 p. + 20 pl. (Atlas). Leipzig.
- KNECHT, S. (1959) — Der Vulkan von Capelinhos. *Kosmos. Deutsch*, t. 55, n.º 3, p. 93-98, 10 fig.
- KREJCI-GRAF, F. (1956) — Vulkanologische Beobachtungen auf den Azoren. *Frankfurter Geographische Hefte*. 30 Jahrgang 1956, Einziges Heft, 30 p., 45 fig. Frankfurt a. Main.
- LACERDA FORJAZ, V. (1958) — Relatório da II Viagem de Estudo e Confraternização às Ilhas do Faial e Pico. *Liceu Nacional de Ponta Delgada*, 17 p., 4 est.
- MACHADO, F. (1948) — Frequência dos sismos sentidos nas ilhas do Faial e do Pico. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. IV, p. 236-245. Angra do Heroísmo.
- (1951) — Perda de calor em câmaras magmáticas dos Açores. *Açoreana*, vol. V.

- MACHADO, F. (1954) — Natureza das deformações da crusta nos Açores. *Açoreana (Bol. da Soc. Afonso Chaves)*, vol. V, p. 175-182. Angra do Heroísmo.
- (1955) — Alguns aspectos da sismicidade dos Açores. *Mem. Ordem dos Engenheiros*, n.º 107 (Simpos. sobre acção de sismos... Comun. n.º 1), 6 p., 5 fig. Lisboa.
- (1955) — The Fracture Pattern of Azorean Volcanoes. *Bull. Volcanologique, sér. II*, t. XVII, p. 119-125, 4 fig. Napoles.
- (1957) — Caldeiras vulcânicas dos Açores. *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. I, n.º 5, p. 275-278. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (Notícia preliminar relativa aos meses de Setembro a Dezembro de 1957). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. II, n.º 4, p. 225-236, 5 fig., 6 est. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (Notícia preliminar relativa aos meses de Janeiro e Abril de 1958). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. II, n.º 5, p. 305-315, 6 fig., 4 est. Angra do Heroísmo.
- (1958) — Variação secular do vulcanismo açoriano. *Bol. Nucleo Cultural do Norte*, vol. I, n.º 3, p. 225-235, 2 fig. Horta.
- (1959) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial. (Notícia preliminar relativa aos meses de Maio a Agosto de 1958). *Atlântida (Orgão do Inst. Açoriano de Cultura)*, vol. III, n.º 1, p. 40-55, 7 fig., 8 est. Angra do Heroísmo.
- (1959) — Actividade vulcânica da Ilha do Faial (1957-58). *Reedição subsidiada pelo Governo Civil da Horta*. 51 p., 20 fig., 19 est. Angra do Heroísmo.
- MENANT, G. (1958) — L'enfer des Açores. *Paris Match*, n.º 487, p. 32-37, 41-43, 13 fig. Paris.
- MENDONÇA DIAS A. A. DE (1959) — A crustal deforming agent and the mechanism of the volcanic activity in the Azores. *Bull. Volcanologique, sér. II*, t. XXI, p. 95-102, 5 fig. Napoles.
- PARSONS, W. H. & MULFORD, J. W. (1959) — Capelinhos Volcano, Fayal Island, Azores. *Cranbrook Institute of Science. News Letter*, vol. 28, n.º 2, p. 10-21, 8 fig. Bloomfield Hills, Michigan.
- RIBEIRO, O. & SOEIRO DE BRITO, R. (1958) — Primeira notícia da erupção dos Capelinhos na Ilha do Faial. *Naturalia*. N.ºs 13-16, vol. VII, fasc. I-IV, p. 192-224, 3 fig., 14 est. Lisboa.
- SCOFIELD, J. (1958) — A New Volcano Bursts from the Atlantic. *The Nat. Geog. Mag.*, vol. CXIII, n.º 6, p. 735-757, 21 fig. Washington.
- SERVIÇO METEOROLÓGICO NACIONAL (1958) — *Anuário Sismológico de Portugal*. N.º 11 (1957), 6 p. Lisboa.
- SOUSA CAMPOS, V. (1959) — Relatório sobre as últimas consequências da erupção dos Capelinhos e sobre a necessidade de providências complementares (*Direcção Geral dos Serviços de Urbanização. Melhoramentos Rurais*). 11 p., 1 fotog. (Relat. inédito).

- SUZJUMOV, E. M. (1958) — Em russo (Um novo vulcão nos Açores). *Priroda*, n.º 12, p. 99-101, 1 fig.
- TAZIEFF, H. (1957) — L'activité du volcanisme sous-marin: Quand une île surgit de la Mer... *Sciences et Avenir*, n.º 130, p. 618-622, 10 fig. Paris.
- (1958) — L'éruption 1957-1958 et la tectonique de Faial (Açores). *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. et Hydrol.*, t. LXVII, p. 13-49, 2 + 3 fig. 7 + 10 fot. Bruxelles.
- (1959) — L'éruption sous-marine de Faial (1957-1958). *Nature, Fr.*, n.º 3288, 145-151, 8 fig.
- VEIGA FERREIRA, O. DA (1957) — A erupção do vulcão dos Capelinhos. (Faial-Açores). *Bol. Soc. de Geografia de Lisboa*, Sér. 75, p. 355-359, 1 fig., 6 est. Lisboa.