

LE VOLCAN ACTIF DE LA GRANDE COMORE

par R. BATTISTINI

Généralités sur l'archipel des Comores.

Les Comores sont un archipel de quatre îles volcaniques (Mayotte, Anjouan, Mohéli, et la Grande Comore) situé dans la partie septentrionale du canal de Mozambique, à peu près à mi-chemin de la côte nord-ouest de Madagascar et de la côte africaine. Les quatre îles sont entièrement constituées par des roches volcaniques, et aucun socle prévolcanique n'est connu. Les roches de beaucoup les plus courantes appartiennent au groupe des laves à faciès basaltique, plus ou moins mélanocrates, généralement à olivine. Mais des roches volcaniques acides ou neutres (trachytes, phonolites, ordanchites) ont aussi participé à la construction de l'archipel où elles jouent un rôle important à Mayotte, située à l'extrémité sud-est de l'archipel, un rôle minime dans les deux îles du milieu, Anjouan et Mohéli; la Grande Comore, au Nord-Ouest, est par contre entièrement basaltique.

Il est probable que le banc corallien du Geysier, à 150 km au Nord-Est de Mayotte, et les deux petites îles coralliennes des Glorieuses, à 275 km dans la même direction, ont pour substratum des volcans sous-marins appartenant au même ensemble, mais qui ne sont pas parvenus à émerger.

Grands volcans posés sur des fonds sous-marins de 3 500 à 4 000 mètres, les quatre Comores sont reliées par des profondeurs moindres, quoique mal connues. Leur morphologie indique qu'elles ne se sont pas formées en même temps, mais que le volcanisme a migré du Sud-Est vers le Nord-Ouest, de telle sorte que l'ancienneté est, dans l'ensemble, croissante de l'Ouest vers l'Est.

Mayotte, l'île la plus orientale, mesure 374 km² et culmine à 660 mètres. Son état d'extrême dissection, et l'existence de sols rouges profonds d'altération, montrent que des quatre îles c'est la plus ancienne. Faute de repères, il est impossible de fixer avec précision son âge, mais celui-ci pourrait être miocène. L'ensemble du soubassement est formé de laves mésocrates à faciès basaltique, ayant donné lieu à la formation de sols

Nous remercions M. le Président Mohamed CHEIK, et M. le Haut Commissaire BERNARD, qui nous ont conseillé et aidé lors de notre voyage à la Grande Comore (Noël 1965).

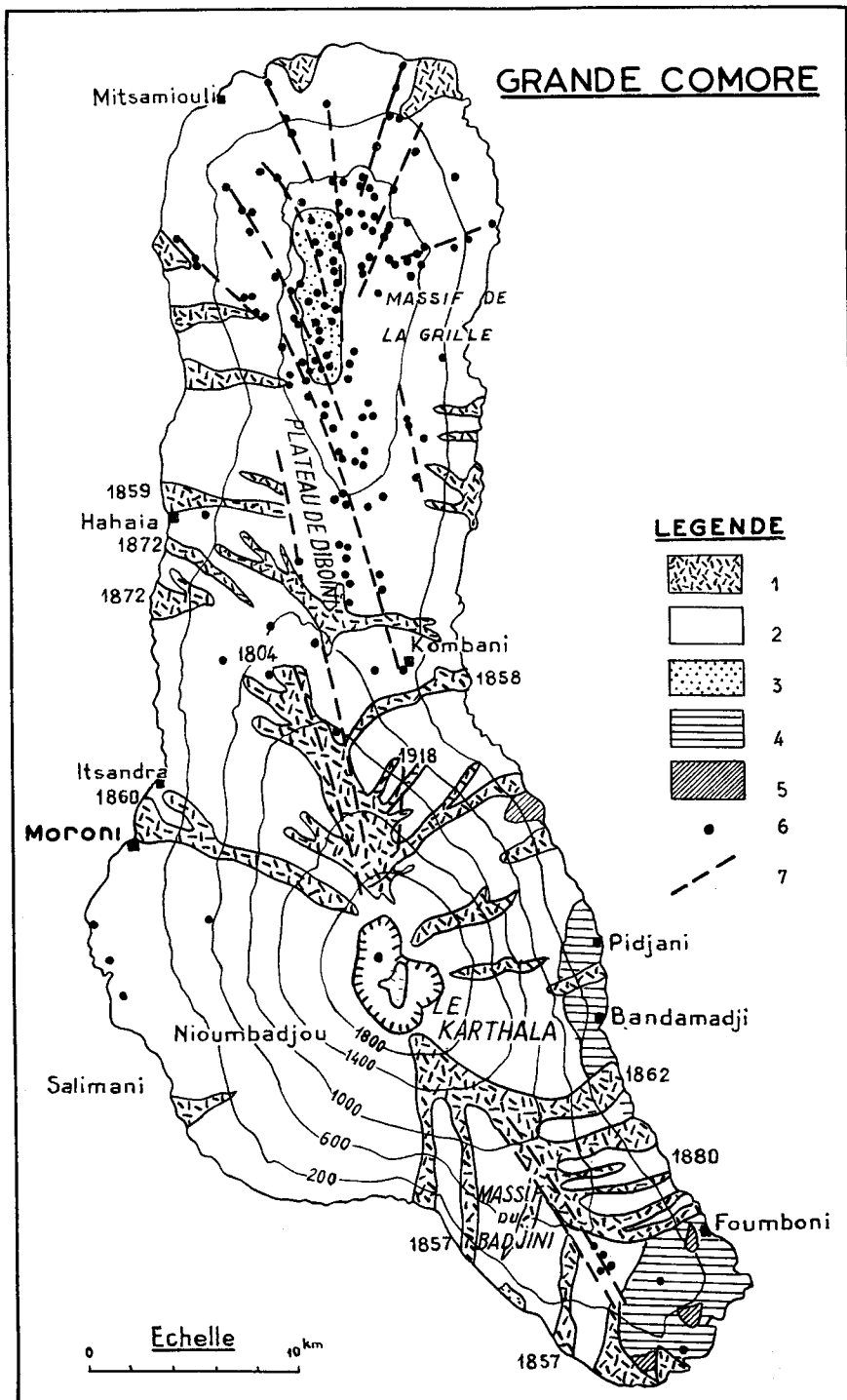


FIG. 1. — Croquis général de la Grande Comore en partie d'après J. DE SAINT-DURS.

1. Coulées très récentes reconnaissables sur les photographies aériennes verticales.
2. Coulées de la phase récente.
3. Pouzzolanes (projections stromboliennes) dominantes.
4. Laves à faciès basaltique de la phase ancienne.
5. Laves porphyriques mélanocrates (ankaramites, ankaratrites, basanites) de la phase ancienne.
6. Principaux édifices stromboliens de scories.
7. Lignes de fracturation.

profonds d'altération rouges. Ce soubassement a été traversé par des venues de phonolites et d'ordanchites qui, par érosion différentielle, donnent les points hauts du relief de l'île: Massif de la Convalescence, culminant au Mont Sapéré (572 m); Mont Lima Combani (481 m) au centre; Mont Benara (578 et 660 m) dans le Centre Sud; piton Choungui (594 m) à aspect de suc phonolitique, au Sud.

Mayotte est la seule des quatre îles à posséder un récif barrière, qui entoure complètement l'île. La largeur du lagon varie entre 5 et 10 km. Il existe même, dans le Sud, une double barrière, cas extrêmement rare, signalé seulement aux Fiji, sur la côte Nord-Est de la Nouvelle Géorgie (îles Salomons), et à Truk (îles Carolines). L'existence de ces barrières, ainsi que le rivage de submersion très découpé de l'île, témoignent d'une subsidence prononcée et sans doute assez ancienne (Anjouan, Mohéli et la Grande Comore possèdent seulement un récif frangeant, tendant toutefois à se détacher notablement de la ligne de rivage dans l'Ouest d'Anjouan).

Une troisième phase volcanique, la plus récente (probablement quaternaire moyen), mais très localisée, a été caractérisée à Mayotte par l'émission de tufs et de cendres trachytiques. La petite île adjacente de Pamanzi est une construction volcanique de cette période qui a poussé sur le récif barrière (des blocs de corail ont été repris et englobés dans les émissions volcaniques); on y trouve des formes originelles encore bien reconnaissables, comme le cratère-lac de Dziani-Dzaha. La partie voisine de la Grande Terre (région de Mamoutzou) a été aussi concernée par ce volcanisme récent, auquel appartient le beau cratère de Kaweni, envahi par la mer et occupé par une belle vasière à palétuviers.

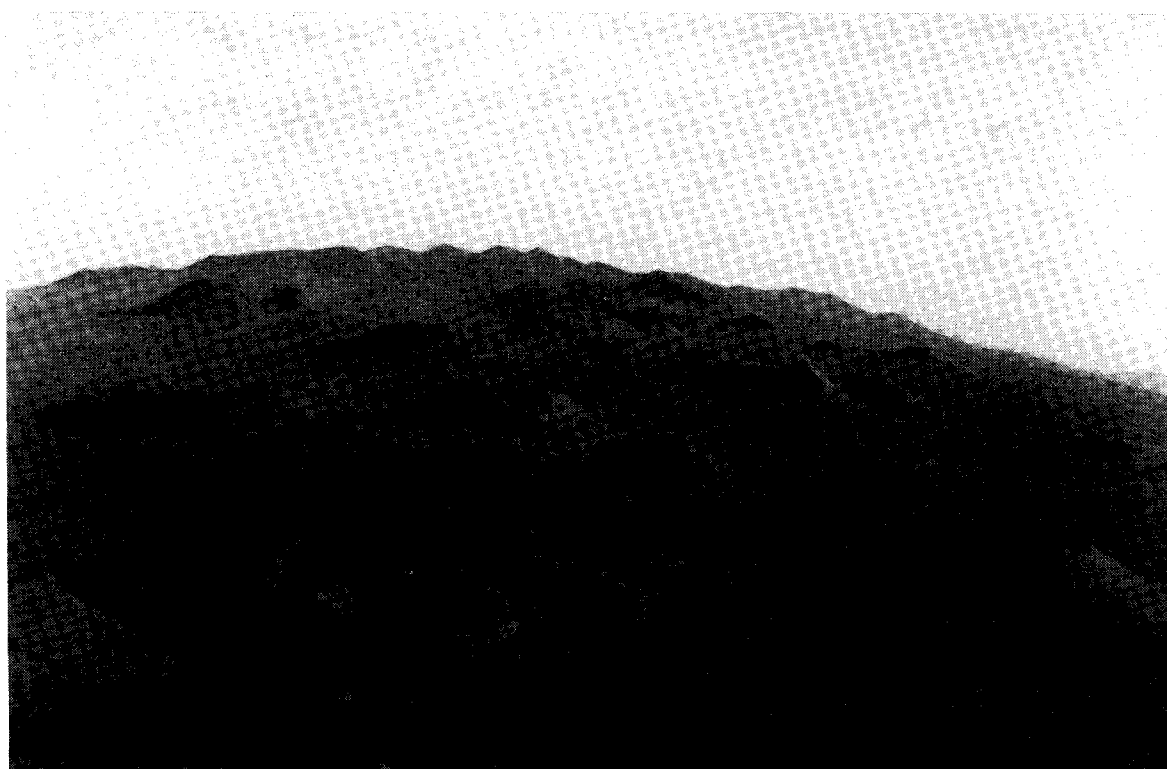
Comme Mayotte, les deux îles centrales, Mohéli (superficie 290 km²; altitude 790 mètres) et Anjouan (424 km²; 1 595 mètres) n'ont pas non plus de volcan en activité. Ici aussi les formes volcaniques primitives ont en général disparu, et l'érosion a développé de grandes reculées à parois raides, comme celle de la rivière d'Ajao à Anjouan, identique morphologiquement aux reculées réunionnaises. Localement, certains appareils volcaniques demeurent cependant encore reconnaissables, quoique toujours très démantelés par l'érosion.

De beaucoup la plus vaste (1 148 km²) et la plus élevée (2 361 m), la Grande Comore est aussi la plus récente des quatre îles. Son point culminant, le Kartala, est un grand volcan actif: il y aurait eu 11 éruptions entre 1857 et 1965. Ces éruptions donnent naissance à des coulées de basaltes qui sortent soit du cratère sommital, situé dans une caldeira complexe à formes emboîtées, soit, le plus souvent, de fissures latérales jalonnées par un très grand nombre de petits cônes stromboliens adventices.



1. La chaudière du Choungou-Chagnoumeni (photographie aérienne oblique de l'auteur, 22 décembre 1965).

2. La partie septentrionale du massif de la Grille, vue depuis le col de Diboni (photographie aérienne oblique de l'auteur, 22 décembre 1965).



Généralités sur la Grande Comore.

De 62 km de longueur, du Nord au Sud, et 24 km dans sa plus grande largeur, l'île présente une partie centrale renflée, de forme subcirculaire, qui correspond au cône du volcan actif Kartala; à cette partie centrale, qui porte le point culminant (2 361 m), s'appuie vers le Nord un appendice long de 30 km et large de 15 : c'est le massif de la Grille, constitué par un très grand nombre de cônes de scories, soudé au Kartala par le plateau du Diboni; vers le Sud-Est, le massif du Badjini forme un second appendice de plus petite taille (de 12 km sur 10), constitué aussi par une accumulation de petits cônes de scories et de coulées qui ont dévalé vers la mer.

Les coulées anciennes et récentes, qui forment la masse principale du relief, sont de composition uniquement basaltique. A. Lacroix classe ces basaltes dans les basaltes labradoritiques et andésitiques (basaltes à silice faiblement déficitaire). Il s'agit de laves compactes ou finement vacuolaires, souvent à cristaux d'olivine craquelés de 1 à 3 mm. Si le cône du Kartala proprement dit est fait surtout de basaltes compacts de coulées, les deux péninsules de la Grille au Nord (point culminant 1 087 m), et du Badjini au Sud-Est (zone axiale entre 600 et 800 m), comportent aussi une forte proportion de scories, liées à un volcanisme de caractère strombolien prédominant.

L'archipel des Comores, à l'abri de Madagascar, ne connaît pas le régime franc d'alizé qui caractérise la Côte Est de la Grande Ile. En saison chaude, par contre, les Comores sont baignées par les vents du Nord-Nord-Ouest à Nord-Nord-Est (mousson) correspondant à des masses d'air sursaturées, qui donnent au contact des reliefs des précipitations abondantes. Les vents dominants sont les vents de Nord-Ouest et de Sud-Est. A Moroni, la moyenne pluviométrique annuelle (observations depuis 34 ans) est de 2 586,3 mm, répartis en 165 jours de pluie: janvier, 334,2 mm; février, 276,7; mars, 271,9; avril, 287,5; mai, 228,1; juin, 221,6; juillet, 271,4; août, 145,7; septembre, 130; octobre, 87,1; novembre, 107,1; décembre, 232,4. Il existe donc une saison nettement plus pluvieuse, correspondant à la saison chaude et au début de la saison fraîche, de décembre à juillet, mais même durant les autres mois, les précipitations restent notables. La pluviosité varie de manière importante selon les parties de l'île. Les extrémités de l'île sont moins arrosées (1 817,5 mm à Mitsamiouli), les nuages tendant à se former surtout sur les reliefs centraux. D'autre part, la pluviosité augmente notablement avec l'altitude: ainsi, alors que Salimani, sur la côte sud-ouest et au niveau de la mer, reçoit une moyenne annuelle de 2 627 mm, Niombadjou, à 4 km à l'intérieur et à 500 m d'altitude, a reçu 7 572 mm en 1960, 5 727 mm en 1961 et 4 035 mm en 1962. Selon les météorologues de la station de Moroni, la pluviosité serait sur les hautes pentes du Kartala

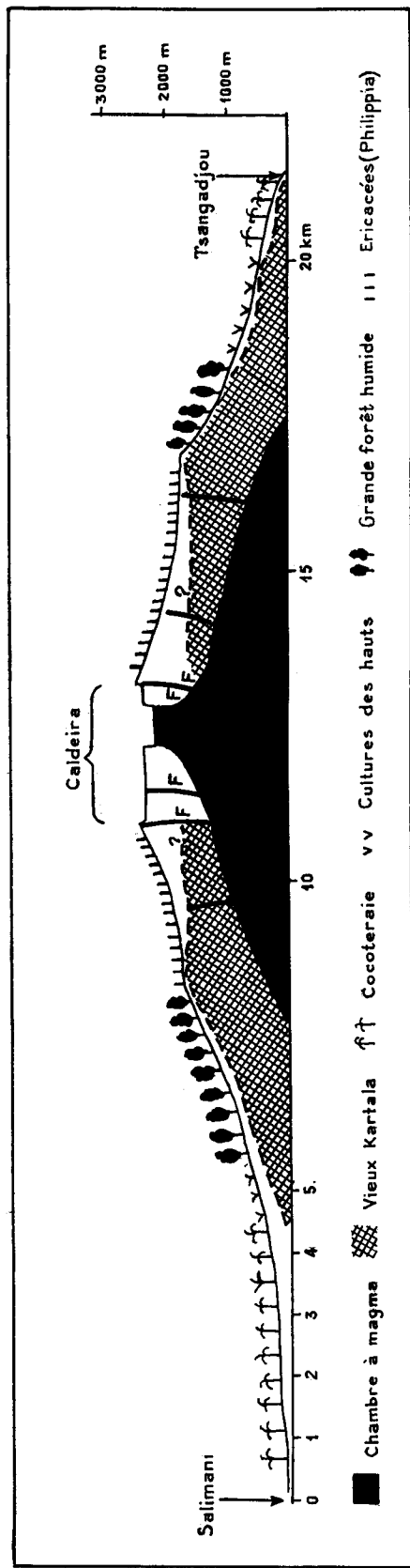


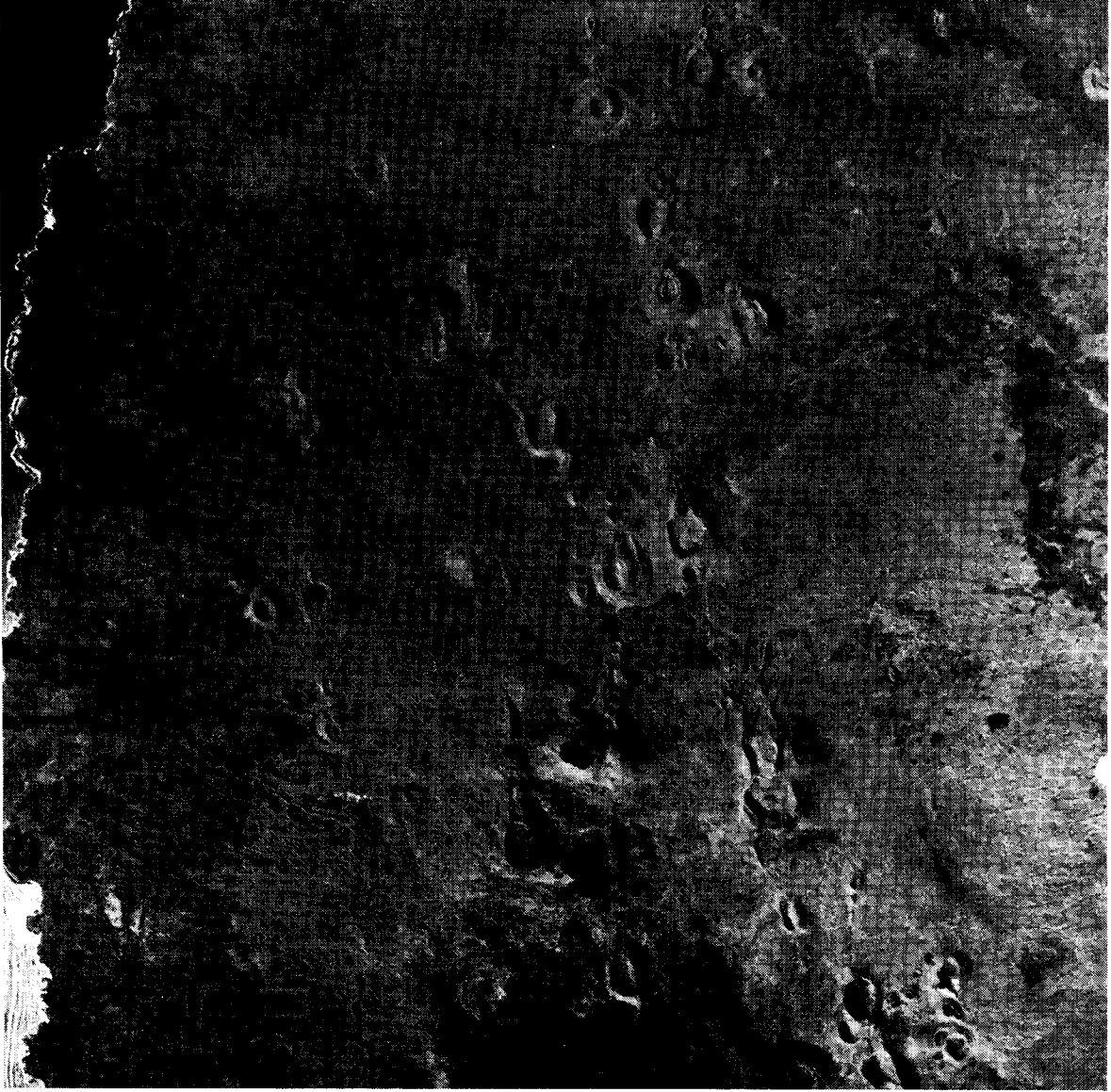
FIG. 2. — Coupe schématique Sud-Ouest-Nord-Est à travers le Kartala. La représentation de la chambre à magma est tout à fait problématique : peut-être n'existe-t-elle, en effet, que de simples conduits, la chambre à magma proprement dite se trouvant à plus grande profondeur.

trois à quatre fois supérieure à celle constatée au niveau de la mer (1). La pluviosité varie notablement d'une année sur l'autre: Moroni a reçu en 1935 4 398 mm, et seulement 1 446 en 1962. Le record de pluies exceptionnelles en 24 heures, liées à des précipitations cycloniques, est de 445,3 mm (le 29 juillet 1931) à Moroni.

Malgré ces chiffres de précipitations importants, l'un des problèmes essentiels de la Grande Comore est le problème de l'eau. Sauf dans le massif du Badjini et sur les basses pentes sud-est du Kartala, où il existe, comme nous le verrons, des sols argileux de décomposition des basaltes, il n'y a de ruissellement superficiel qu'exceptionnellement, lors de très forts orages ou de cyclones. Les basaltes de coulées sont d'une perméabilité totale, et l'eau s'infiltré immédiatement à travers les blocs, les fissures, et les tunnels de lave, alimentant une nappe profonde qui se situe au voisinage de la côte à un niveau proche du niveau moyen de la mer, donnant des résurgences sous-marines comme le Trou du Prophète, à 4 km à l'Est de Mitsamiouli. Aussi l'un des éléments essentiels du paysage des villages réside-t-il dans l'abondance des citernes, bâties en moellons de basalte liés par un mortier à la chaux de corail, accompagnées de surfaces de récupération qui sont souvent le toit des maisons voisines : citernes coûteuses à construire, et aussi souvent fissurées par les séismes liés à l'activité du volcan (les chroniques locales sont riches en souvenirs de secousses, jamais vraiment catastrophiques semble-t-il; l'une des dernières fut celle du 20 janvier 1953, qui aurait atteint l'intensité VII, et dont l'hypocentre se serait situé à 3 km au Sud du Chalet de la Convalescence et à 3 km de profondeur).

Peuplée d'une centaine de milliers d'habitants (91 800 en 1958, avec une densité moyenne de 80 habitants au km²), la Grande Comore garde peu de chose de sa végétation originelle. Les basses pentes du Kartala, du côté occidental, portent une cocoteraie à peu près continue jusqu'à 300 ou 400 m d'altitude, puis jusqu'à 600 ou 700 mètres des cultures variées (maïs, taros, ambrévade, manioc, bananiers, etc.), souvent terrassées sur des pentes fortes, sous couvert discontinu de Sagoutiers et d'Albizzia. Au-dessus, on passe, après une frange de forêt secondaire dégradée, à la grande forêt humide à acajou *Khaya comoriensis* (takamaka) et *Weinmania* (m'rikoudi), mais, même au cœur de cette dernière, on trouve encore un peu partout des brûlis mis en bananiers, en maïs et en taros. Au-dessus de 1 900 m commencent les formations à *Philippia* (Ericacées), d'abord en

(1) L'analyse de la pluviosité présente un intérêt certain dans l'étude d'un grand volcan hawaïen : l'importance de l'activité fumerollienne et la possibilité d'éruptions phréatiques sont liées, en effet, à la quantité d'eau reçue par la caldeira sommitale. Il serait intéressant de comparer à ce sujet l'activité des volcans de ce type dans des régions très arrosées d'une part, dans des régions subarides ou arides d'autre part.



3. La partie septentrionale du massif de la Grille (photographie aérienne oblique du Service Géographique, mission 020, n° 320, août 1950).



mélange avec divers buissons à feuilles épaisses, et clairières à *Imperata*, puis en peuplements purs de plus en plus rabougris vers les hautes pentes.

Sur les pentes orientales du Kartala, on trouve au-dessous de la zone supérieure à bruyères une forêt de tendance plus sèche avec souvent en peuplement pur *Nutex pseudodentata* (moanga), grand arbre de 25 à 30 mètres de hauteur.

Les basses pentes du massif de la Grille portent, dans la région plus sèche de Mitsamiouli, une brousse à baobabs. Mais, au sommet du massif, il demeure un assez grand lambeau de forêt humide à *Weinmania*, *Ficus*, *Dombeya* et *Camphora*; dans les zones les moins attaquées on trouve encore de superbes *Dracoena* de grande taille (Araliacées), divers palmiers, et des Orchidées.

Les coulées assez anciennes portent un bush à *Tamarindus*, *Vitex*, et *Pignon d'Inde*. Sur les coulées plus récentes, ce sont les lichens qui s'installent en premier, et de petites fougères (scolopendres).

L'hypothèse d'une origine polygénique du Kartala.

Dans sa thèse (1958), J. de Saint-Ours a mis en évidence l'originalité, tant dans la lithologie que dans l'évolution des sols, du massif de Badjini et des basses pentes sud-orientales du Kartala par rapport au reste de l'île. On trouve, en effet, le long du littoral sud-est des ankaramites, avec l'augite en gros cristaux automorphes, et de l'olivine, la pâte étant constituée par de petits microlites de labrador, ainsi que des basaltes porphyriques à plagioclases en plaquettes atteignant 1 cm, olivine et gros cristaux d'augite. Ces roches sont considérées par J. de Saint-Ours comme caractéristiques d'une phase ancienne dans la construction volcanique, par opposition aux basaltes labradoritiques et andésitiques de la phase récente. La péninsule du Badjini, et les basses pentes sud-est du Kartala, sont d'autre part les seuls endroits de la Grande Comore où l'on rencontre une importante altération des roches volcaniques en épais sols rouges argileux : c'est d'ailleurs la raison pour laquelle la région de Fombouni est la seule de la Grande Comore riche en sources.

J. de Saint-Ours a recueilli, parmi les blocs projetés dans la caldeira sommitale du Kartala, une ankaramite typique, altérée mais identique à celles trouvées à Badjini. Il en conclut que « cette roche a dû être arrachée aux parois de la cheminée et montre l'existence certaine, sous les coulées actuelles, d'un soubassement correspondant à la phase éruptive antérieure » (ouvrage cité p. 73).

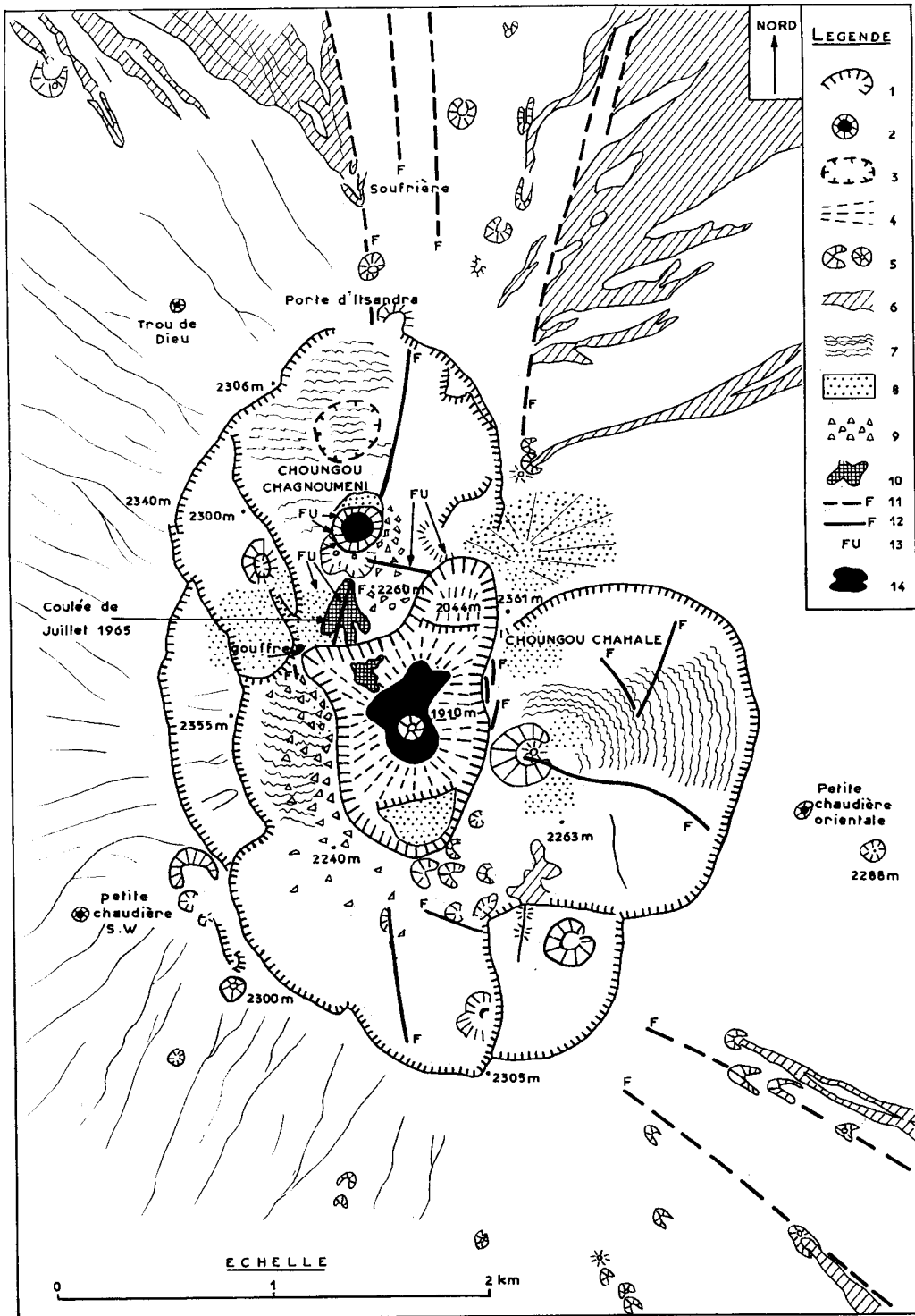
Un autre argument, à notre avis aussi important, de l'existence, sous les épanchements récents, d'un vieux Kartala, réside dans la forme même du grand volcan. Le Kartala a la forme générale d'un grand cône, mais avec des particularités de détail qu'il importe d'analyser. Du côté occidental, la pente est dans l'en-



Légende de la figure 3 ci-contre —▶

FIG. 3. — La caldeira sommitale du Karthala, croquis établi d'après la couverture au 1/10 000^e du Service Géographique et complété par l'étude du terrain.

1. Remparts formant les rebords de la caldeira, suivant un système de fractures courbes.
2. Chaudières.
3. Chaudière colmatée (?) visible dans la partie septentrionale de la caldeira.
4. Eboulis du fond du grand cratère.
5. Edifices stromboliens de scories.
6. Coulées très récentes.
7. Coulées récentes à surface chaotique du fond de la caldeira.
8. Projections de cendres ou de scories fines.
9. Projections ultravulcaniennes de gros quartiers de basaltes.
10. Coulée de juillet 1965.
11. Système des fissures radiales des pentes externes.
12. Principales lignes de fracturation intra-caldeira.
13. Fumerolles (fin décembre 1965).
14. Lacs de lave figés au fond des deux cratères principaux.



semble concave entre la zone littorale et les courbes de 1 700-1 900 mètres. Ainsi, selon une transversale allant d'Iconi, au bord de la mer, à la Convalescence, on trouve tout d'abord une zone littorale de pente moyenne faible, de moins de 10 degrés, sur 1,5 km de largeur, donnant l'impression d'une plaine littorale (il ne s'agit pas d'une plaine d'accumulation, car ces basses pentes du volcan sont façonnées dans des basaltes de coulées souvent récentes). Aux environs des courbes de 50 ou 100 mètres, la pente devient plus forte (de 15 à 20 %), puis passe rapidement à des valeurs encore supérieures. Entre les courbes de 500 et de 1 800 mètres, ce sont les grandes pentes couvertes par la forêt, présentant des valeurs comprises entre 25 et 40 degrés.

Une rupture de pente brutale termine vers le haut ces grandes pentes; entre 1 700 et 1 900 mètres, selon les endroits, on atteint une sorte de replat, extrêmement net sur les pentes orientales, mais bien caractérisé aussi sur les pentes occidentales au-dessus de M'Vouni et à la Convalescence (bien que la carte au 50 000^e en courbe de niveau n'en donne de ce côté aucune idée). C'est par une pente de l'ordre de 10 à 15 degrés, allant en augmentant vers le haut jusqu'à une trentaine de degrés, que l'on gravit ensuite les 400 derniers mètres du cône terminal.

Ainsi le Kartala ne peut se définir comme un cône simple. Il est constitué en réalité de deux parties : un cône terminal régulier, de 400 m de hauteur relative, posé sur un socle ayant l'apparence d'un cône tronqué dans lequel sont au moins partiellement les grandes pentes externes couvertes par la forêt, le contact étant marqué par la rupture de pente avec replat plus ou moins bien marqué située entre 1 700 et 1 900 mètres.

Vers le Nord, cette rupture de pente n'existe pas; ou bien elle a été voilée sous les coulées récentes : on descend en effet par une pente assez régulière et continue, dans l'ensemble concave, du sommet du cône terminal au col du Diboni, vers 800 mètres.

Une différence dans l'individualisation du réseau hydrographique, et dans l'intensité de l'érosion linéaire, doit être remarquée entre les pentes orientales du Kartala et les pentes occidentales, différence que n'explique aucune raison climatique. Du côté oriental, les basses pentes de la montagne possèdent un réseau de talwegs bien dessiné, avec ravinement intense dans le matériel volcanique ancien. Au-dessus de Pidjani et de Tsangadjou, des reculées assez importantes marquent la tête des principales rivières et remontent à travers la zone forestière jusqu'aux environs de 1 700 m. Rien de comparable n'existe sur les pentes occidentales, au-dessus de Moroni : le ravinement et l'individualisation de talwegs n'a en général pas encore eu le temps de se déclencher dans la couverture de coulées plus récentes particulièrement perméables.

Les observations de caractères lithologique, pédologique et morphologique qui précèdent, portent à admettre une construc-

tion du Kartala en deux phases. Une première période a vu se construire le massif du Badjini, et un vieux Kartala dont l'aspect final a dû être celui d'un cône tronqué, avec probablement un plateau sommital, ou une vaste caldeira (?). Le cône terminal récent s'est superposé à ce vieux bâti, les pentes externes de ce dernier se trouvant inégalement voilées, selon les endroits, sous les nombreuses coulées issues soit de la partie sommitale, soit de fissures radiales et de cônes adventices latéraux. Vers le Nord, le vieux bâti a été complètement recouvert, mais vers l'Est et le Sud-Est le recouvrement a été très incomplet, et la rupture de pente liée au caractère polygénique de la construction demeure encore bien visible dans la topographie. Le massif du Badjini lui-même a été contourné des deux côtés par les coulées descendues du nouveau Kartala; la continuation du volcanisme jusqu'à l'époque actuelle dans la zone axiale de Badjini a entraîné le recouvrement partiel, par les coulées récentes, du vieux massif volcanique profondément altéré.

L'examen du relief de détail aboutit à des conclusions semblables: un survol des pentes est et sud-est montre, de ce côté, l'existence d'un relief ancien assez diversifié à moitié recouvert par les coulées plus récentes qui ont rempli les paléo-vallées. Seules dépassent de place en place les parties les plus en saillie des anciens interfluves.

Il serait intéressant d'analyser plus en détail, dans cette partie sud-est de l'île, le paléo-relief et son recouvrement par les coulées récentes. Les roches volcaniques du vieux Kartala, profondément altérées en argiles rouges, doivent en effet jouer le rôle de couche imperméable, alors que les coulées récentes sont au contraire très perméables. La présence d'une nappe captable dans la région de Foubouni est attestée par le jaillissement de plusieurs sources. Mais cette nappe doit aussi exister en d'autres endroits, probablement canalisée dans les parties basses du paléo-relief enfoui sous les coulées récentes. L'étude de ce paléo-relief pourrait présenter un réel intérêt pour l'alimentation en eau de cette partie de l'île.

La caldeira.

Le Kartala possède une caldeira sommitale complexe de 3 500 m de grande dimension du Nord au Sud, et 2 750 m d'Est en Ouest. Contrairement à J. de Saint-Ours qui parle de « caldeira d'explosion » (ouvrage cité, tome II, p. 81), nous pensons qu'elle résulte d'effondrements successifs emboîtés, dans l'axe de la colonne de magma, comme cela est classique dans la plupart des grands volcans hawaïens. La caldeira du Kartala est seulement originale par la complexité peu commune des emboitements (voir la figure n° 3), donnant toute une série de gradins intermédiaires et étagés, limités par des failles plus ou moins courbes, qui dominent le fond général, situé entre

2 240 m et 2 270 m (les rebords sont entre 2 300 et 2 361 m, point culminant du volcan). Dans le fond lui-même sont creusés des cratères : un très grand, de forme irrégulière, le Choungou-Chahalé, de 1 250 m de longueur du Nord au Sud, 750 m de largeur dans le sens Est-Ouest, et 350 m de profondeur, d'après la carte au 1/50 000^e; un plus petit, le Choungou-Chagnoumeni, dans la partie septentrionale de la caldeira, de 200 m de diamètre seulement, parfaitement circulaire, et d'une trentaine de mètres de profondeur.

Les rebords de la caldeira, de même que les parois des cratères, entaillent une succession de couches sub-horizontales de basaltes compacts souvent prismés et de couches de scories, qui sont les formations de remplissage du fond plat de la caldeira à différentes phases de son évolution.

Le petit cratère, ou Choungou-Chagnoumeni, est un cratère-chaudière classique à parois verticales, rempli par un lac de lave (photographies n° 1 et n° 4). Il se serait formé lors de l'éruption de 1918. Ses parois, dans des basaltes massifs prismés sub-horizontaux, recourent aussi au Sud-Ouest les couches de scories de plusieurs petites accumulations stromboliennes; au Nord, il existe un bourrelet moins important de projections stromboliennes qui semblent provenir de la chaudière elle-même; ont été projetés aussi hors de la chaudière de gros blocs de basalte massif prismé, certains dépassant le m³, nombreux surtout sur la lèvre est et sud-est. D'après Rasp, qui le décrit dans un rapport d'inspection du Service Météorologique de 1936, sa profondeur aurait été de l'ordre de 150 m (la mesure aurait été faite par la méthode du jet de pierre, les fumerolles blanchâtres épaisses empêchant généralement de voir le fond). J. de Saint-Ours (ouvrage cité page 82) lui donne une profondeur de 50 à 60 m. En décembre 1965, nous avons constaté que la profondeur avait encore diminué, et ne dépassait plus une trentaine de mètres. Cela s'explique par de nouveaux épanchements de lave survenus semble-t-il très récemment (voir la figure n° 4).

L'examen des photographies aériennes de 1961 permet en effet de déceler d'importantes transformations de son fond depuis cette date. Il existait alors un évent profond contre la paroi septentrionale du cratère, et on peut supposer que c'est par ce dernier qu'ont été projetées les scories grossières et les bombes qui forment le bourrelet bordant le cratère de ce côté (il n'y a pas eu de transformations de ce bourrelet entre 1961 et 1965). Plusieurs amas de scories existaient dans la moitié nord du cratère, et dans la moitié sud des éboulis de gros blocs couvraient une surface notable du fond. En décembre 1965, tous ces détails du relief du fond du cratère avaient disparu sous de la lave fraîche (voir la photographie n° 4), ce qui suppose une remontée du niveau du lac de lave de l'ordre d'une dizaine de mètres. La surface du nouveau lac figé de laves était parfaitement

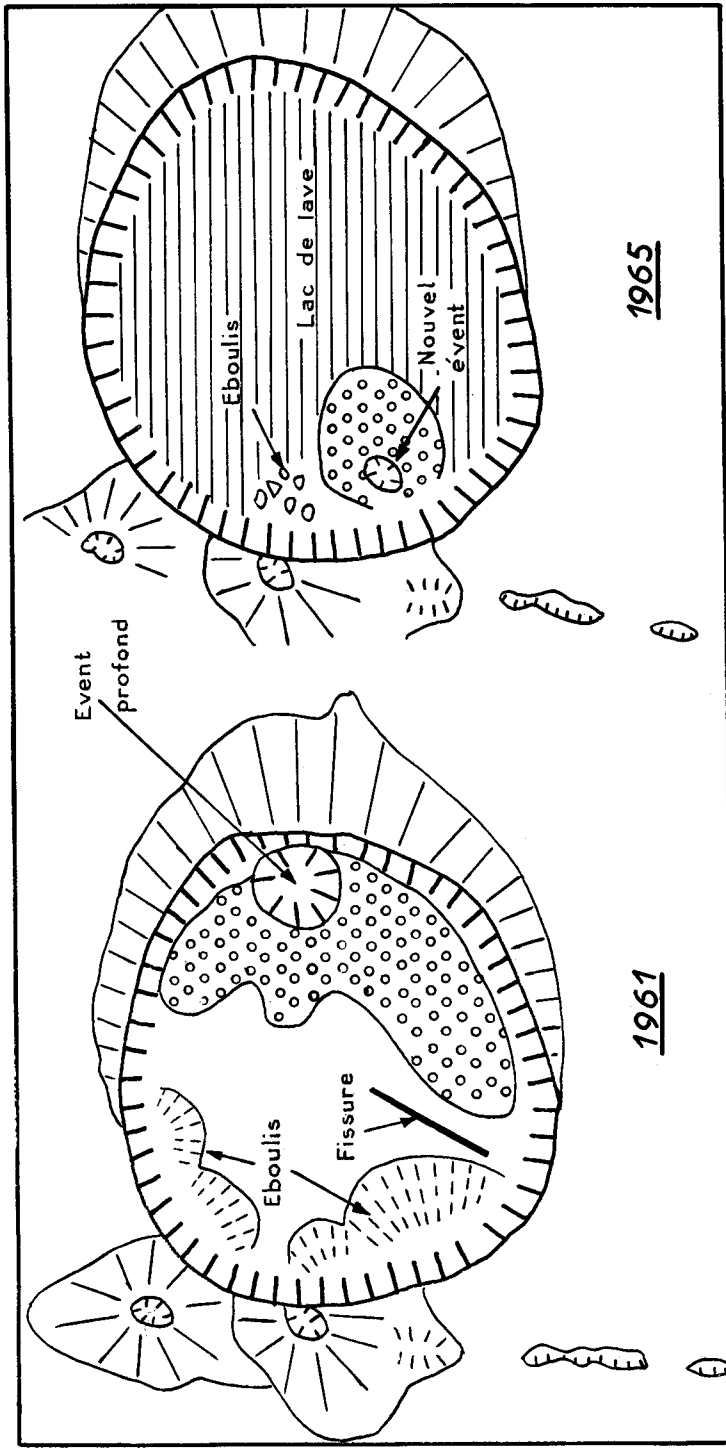


FIG. 4. — Comparaison de la chaudière du Choungou-Chagnoumeni en 1961 (couverture aérienne verticale au 1/10 000^e) et lors de notre visite fin décembre 1965.

horizontale, sauf contre la paroi méridionale où était apparu un nouvel événement, au centre d'un monticule de projections scoriacées. Il semble donc que, depuis sa formation en 1918, le cratère-chaudière du Choungou-Chagnoumeni évolue vers un comblement progressif, par remontée du niveau de son lac de lave.

Lors de notre visite du 24 décembre 1965, d'abondantes fumerolles blanches s'échappaient de la base de la paroi du cratère du côté ouest et sud-ouest, montant jusqu'à une soixantaine de mètres de hauteur.

Le grand cratère a une morphologie beaucoup plus complexe. Ses parois verticales dans d'anciennes coulées sub-horizontales ont alimenté à leur pied un impressionnant talus d'éboullis de gros blocs. Mais le trait le plus caractéristique est l'emboîtement du fond actuel en contrebas de deux témoins, formant terrasses, d'un ancien remplissage : l'un au Nord (à 2 044 m d'après la carte topographique au 1/50 000), l'autre au Sud (voir la photographie n° 8). La disposition est comparable à celle du Velain par rapport au fond du Brûlant, au Piton de la Fournaise à la Réunion. L'entaille à travers ce témoin en terrasse du Sud montre à la base d'anciens éboullis, recouverts par des basaltes en couches horizontales (ancien remplissage par un lac de lave), puis par des couches de scories et de cendres.

Le fond du cratère contient un lac de lave (voir les photographies n° 8 et n° 9) qui a recouvert la base du talus d'éboullis. Dans la partie sud il existe un cône de scories qui a été presque entièrement recouvert par la montée du niveau de la lave, et dont seul émerge le sommet. Or, si l'on se réfère aux photographies aériennes verticales du Service Géographique prises en août 1950 (mission 020), on constate qu'alors il n'existait pas encore d'épanchement de lave au fond du grand cratère. Les éboullis occupaient tout le fond du cratère, mais le cône de scories était déjà là, ayant alors toute sa hauteur. Les photographies aériennes prises par le Service Géographique en 1961 (couverture au 1/10 000 de la mission Comores 001/100) montrent qu'à cette date le lac de lave était déjà apparu; mais la comparaison de ces photographies de 1961 avec l'état actuel, révèle que plusieurs bosses, qui émergeaient, ont été depuis recouvertes; la lave a noyé aussi plusieurs avancées d'éboullis à l'Ouest et au Sud du cône, dont la hauteur relative a encore diminué.

De ces observations, on peut conclure que le grand cratère a été rempli à moitié, à un certain moment, par un lac de lave qui a recouvert d'anciens éboullis et dont il ne demeure plus que le témoin en terrasse du Sud. Ultérieurement, il y a eu effondrement de la partie centrale, créant un nouveau cratère, emboîté dans les restes du précédent, et développement d'un nouveau grand talus d'éboullis. Un petit cône de scories a poussé

au fond du cratère, probablement lors de l'éruption de 1918 (Mondain, 1932; rapport Poisson, 1948), recouvrant partiellement le bas du talus d'éboulis. Postérieurement à 1950 s'est amorcé un nouveau remplissage du cratère par des laves fraîches; ce remplissage s'est poursuivi après 1961, recouvrant presque complètement le cône de scories dont seul émerge encore la partie sommitale. Il semble donc que l'on ait une évolution caractérisée par une alternance de périodes de remplissage du cratère, et de périodes d'effondrement, tout à fait classique. Le cratère, d'autre part, ne cesse de s'agrandir par éboulements latéraux.

Lors de notre visite, le grand cratère ne contenait aucun lac. J. Mondain, en 1932, avait seulement vu des traces de ruissellement, mais, jusqu'en 1946, sans qu'il y ait de lac. C'est en 1947 que des aviateurs aperçurent pour la première fois une petite nappe d'eau, qui existait encore le 14 juillet 1948 lorsque Ch. Poisson fit l'ascension du volcan; ce dernier la décrit comme de forme circulaire et de quelques dizaines de mètres de diamètre. J. de Saint-Ours, dix ans plus tard, parle de deux petits lacs de 10 et 20 mètres de diamètre, à eaux verdâtres minéralisées, de goût désagréable, à la température de 35°C. Il est probable que le remplissage du fond du cratère par de la lave nouvelle est responsable de leur disparition depuis la visite de J. de Saint-Ours.

Vu d'avion, le fond de la caldeira apparaît comme une plaine, seulement entaillée par les deux profondes cavités du petit et du grand cratère. L'étude sur le terrain montre que ce fond est occupé en majeure partie par des coulées fissurales à surface très irrégulière, constituées par un amoncellement chaotique de blocs et de dalles, qui se sont étalées à plat, la dernière en date étant celle de juillet 1965, dont nous reparlerons. Tel est l'aspect des coulées qui couvrent la partie nord de la caldeira entre la petite chaudière et la porte d'Itsandra. Sur des coulées plus anciennes, entre le petit cratère et le grand par exemple, des matériaux fins, cendres et scories, ont été accumulés par le ruissellement dans les parties basses, formant des étendues plates où la circulation est plus facile, malgré un certain danger d'enlèvement.

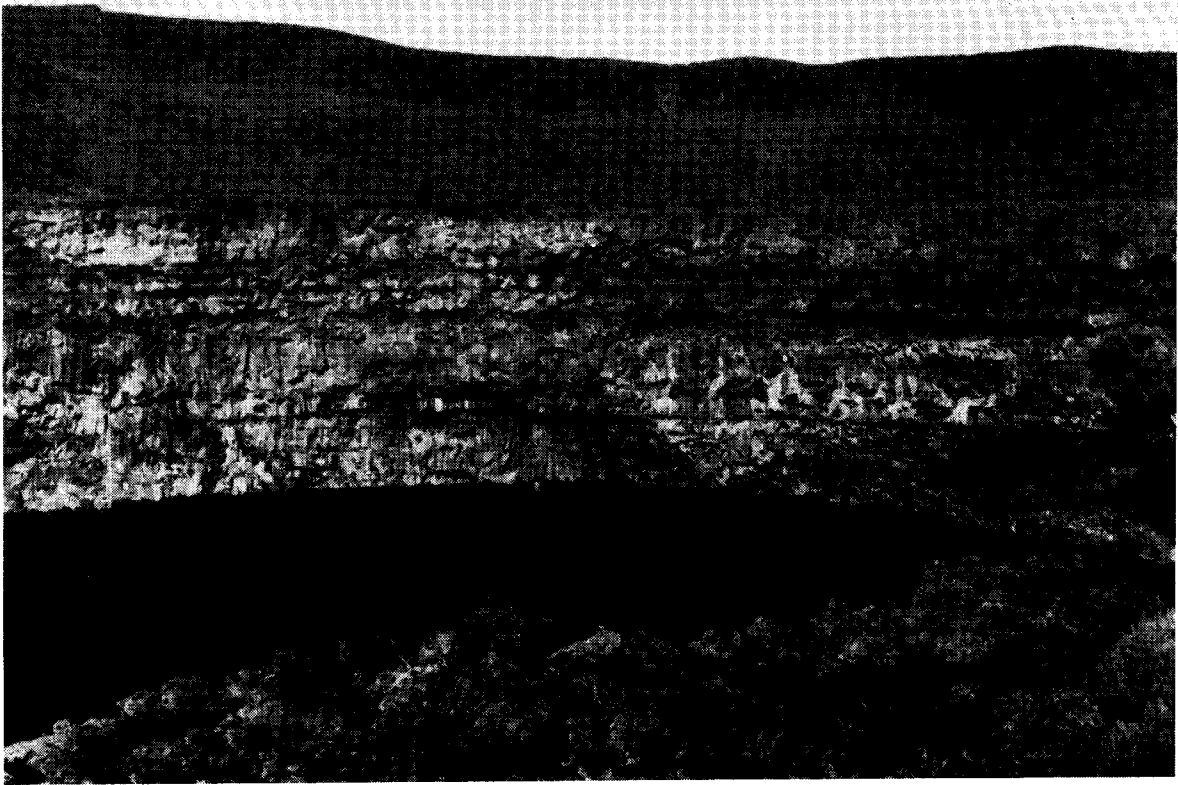
Un certain nombre de fractures sillonnent le fond de la caldeira. Nous avons reporté les principales sur la figure n° 3. L'une des plus nettes est celle, presque méridienne, qui traverse de part en part le fond de la caldeira au Nord du grand cratère; c'est dans son prolongement méridional qu'a pris naissance la coulée de juillet 1965. Au Sud et à l'Est du grand cratère existent des fractures de directions variées, bien visibles sur la couverture aérienne au 1/10 000.

Certaines accumulations de scories semblent liées à ce système de fractures. C'est le cas de celle qui flanque au Sud-Ouest le

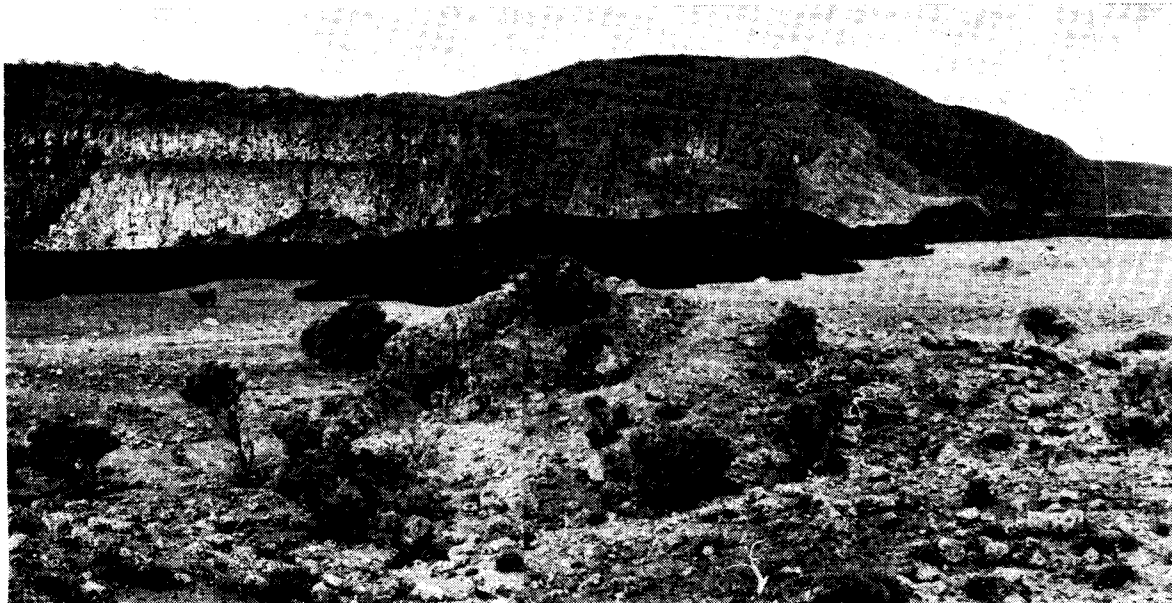


4. La chaudière du Choungou-Chagnoumeni (photographie de l'auteur,
24 décembre 1965)





5. La coulée de juillet 1965. A gauche, le grand cratère
(photographie de l'auteur, 24 décembre 1965)



petit cratère, à l'intersection de la grande fracture subméri-dienne et d'une autre moins importante de direction Est-Sud-Est-Ouest-Nord-Ouest. Le grand cône strombolien à formes emboîtées, situé sur le bord oriental du grand cratère, est aussi dans le prolongement de l'une des fissures les plus importantes. Il existe de nombreuses autres petites accumulations stromboliennes plus au Sud. Par contre, de larges parties du fond de la caldeira sont totalement indemnes de traces de volcanisme strombolien : ainsi au Nord du petit cratère, et au Sud-Ouest du grand cratère; dans ce dernier secteur, par contre, les coulées à surface chaotique qui couvrent toute la surface sont parsemées d'un véritable tapis de gros blocs de basalte qui ont été projetés du grand cratère lors d'une phase très explosive (probablement pendant l'éruption de 1918).

Les cratères-chaudières du type du Choungou-Chagnoumeni sont probablement éphémères, et peuvent disparaître par remplissage par la lave. Il semble que la forme presque parfaitement circulaire, d'environ 150 m de diamètre, et encore faiblement en creux, existant à 200 m au Nord-Ouest du Choungou-Chagnoumeni, corresponde à un ancien cratère aujourd'hui complètement obturé. De même, une ancienne chaudière, de taille comparable, serait visible, cette fois en coupe, dans la muraille méridionale du grand cratère (voir la photographie n° 8) : son remplissage de lave est nettement discordant par rapport à la série des strates basaltiques encaissantes.

Les fumerolles constituent un autre sujet d'étude intéressant. J. de Saint-Ours signale dans sa thèse des fumerolles dans le fond du grand cratère. Lors de notre visite, les fumerolles avaient complètement disparu en cet endroit. Par contre, le petit cratère demeurait un lieu d'émission très actif, spécialement sur son bord occidental et méridional. Au Sud du petit cratère, J. de Saint-Ours note des fumerolles importantes, le long de la fissure qui devait donner naissance, en juillet 1965, à la coulée dont nous avons déjà parlé. Deux autres points d'émissions existaient à l'Ouest au pied du premier rempart sur le chemin menant à la Convalescence, et à l'Est sur les pentes du promontoire dominant au Nord le grand cratère. Tous ces points d'émission demeuraient actifs en décembre 1965, mais un nouveau point était apparu un peu en contrebas du dernier (voir la figure n° 3). Il s'agit de fumerolles blanches de température voisine de 100°C, sans odeur appréciable, et probablement constituées surtout de vapeur d'eau. En aucun point, nous n'avons constaté de dépôt de soufre.

Le volcanisme des pentes externes.

Trois catégories de formes attirent l'attention : les lignes de fracturation; les coulées, pour la plupart issues de ces fractures; enfin les édifications stromboliennes de scories.



6. La coulée de juillet 1965. A droite, le grand cratère. Au premier plan, projections de cendres et de scories fines (photographie aérienne oblique de l'auteur, 22 décembre 1965).

7. La coulée de juillet 1965, sur sa face orientale (photographie de l'auteur, 24 décembre 1965).



La construction volcanique est affectée du Nord au Sud par un réseau complexe de fissures radiales, à dominante sub-méridienne, dont certaines se suivent sur 15 à 20 kilomètres : ainsi la grande fissure, constituée en réalité par un faisceau de fissures rapprochées parallèles, qui va depuis la caldeira, au Sud, jusqu'au-delà de la coulée de Hahaïa, qui en est issue, au Nord. Un autre important faisceau suit, au Sud, l'axe du massif du Badjini : en sont issues les nombreuses coulées qui atteignent la mer entre Foubouni et Bandamaji.

Les coulées récentes, cartographiées d'après la couverture photographique aérienne verticale au 1/50 000, proviennent de ces fissures affectant les flancs du volcan, même la coulée d'Itsandra (1860) que de Saint-Ours considère, à tort, comme issue de la caldeira (ouvrage cité p. 84) : cette coulée est sortie en réalité d'une zone très fracturée parsemée de petits édifices stromboliens égueulés en croissants étirés dans le sens de la pente, à une centaine de mètres en contrebas des bords septentrionaux de la caldeira proprement dite.

Le Kartala entre donc dans la catégorie des grands volcans à laves très fluides où la pression hydrostatique du magma se manifeste par des ruptures latérales, d'où sortent les coulées. C'est à cette importante activité latérale que le Kartala doit d'être parsemé d'un grand nombre de cônes stromboliens adventices.

Constituées par une lave extrêmement fluide (il s'agit de basaltes à olivine classés par A. Lacroix dans les basaltes labradoritiques et andésitiques), ces coulées s'étirent en minces filets, se ramifient souvent en plusieurs langues parallèles en fonction de la topographie de détail, et descendent jusqu'à la ligne de rivage où la lave s'étale en larges accumulations de piedmont. Lorsque l'on a, comme au Nord de Foubouni, plusieurs coulées parallèles séparées par quelques centaines de mètres, voire plus d'un kilomètre, ces accumulations de piedmont peuvent devenir coalescentes, formant le long du rivage une banquette de lave subhorizontale ou en pente faible, large de quelques centaines de mètres. La très belle banquette littorale qui forme la pointe méridionale de l'île, entre Ifoundihé-Chamboini et Oouveni, avec une largeur qui atteint 2,5 km, a la même origine.

Les coulées récentes apparaissent en noir foncé sur les photographies aériennes verticales, tout au moins sur les basses pentes. En altitude, elles passent souvent à une teinte claire due, ainsi que nous l'avons constaté, à une colonisation des blocs par des lichens et des scolopendres. Leur topographie est en général chaotique, avec accumulation de grandes dalles redressées correspondant à la consolidation de croûtes superficielles brisées et charriées par le mouvement de la lave : c'est cette formation, à travers laquelle on ne circule qu'avec d'extrêmes difficultés, que les Comoriens appellent « tsaho ».

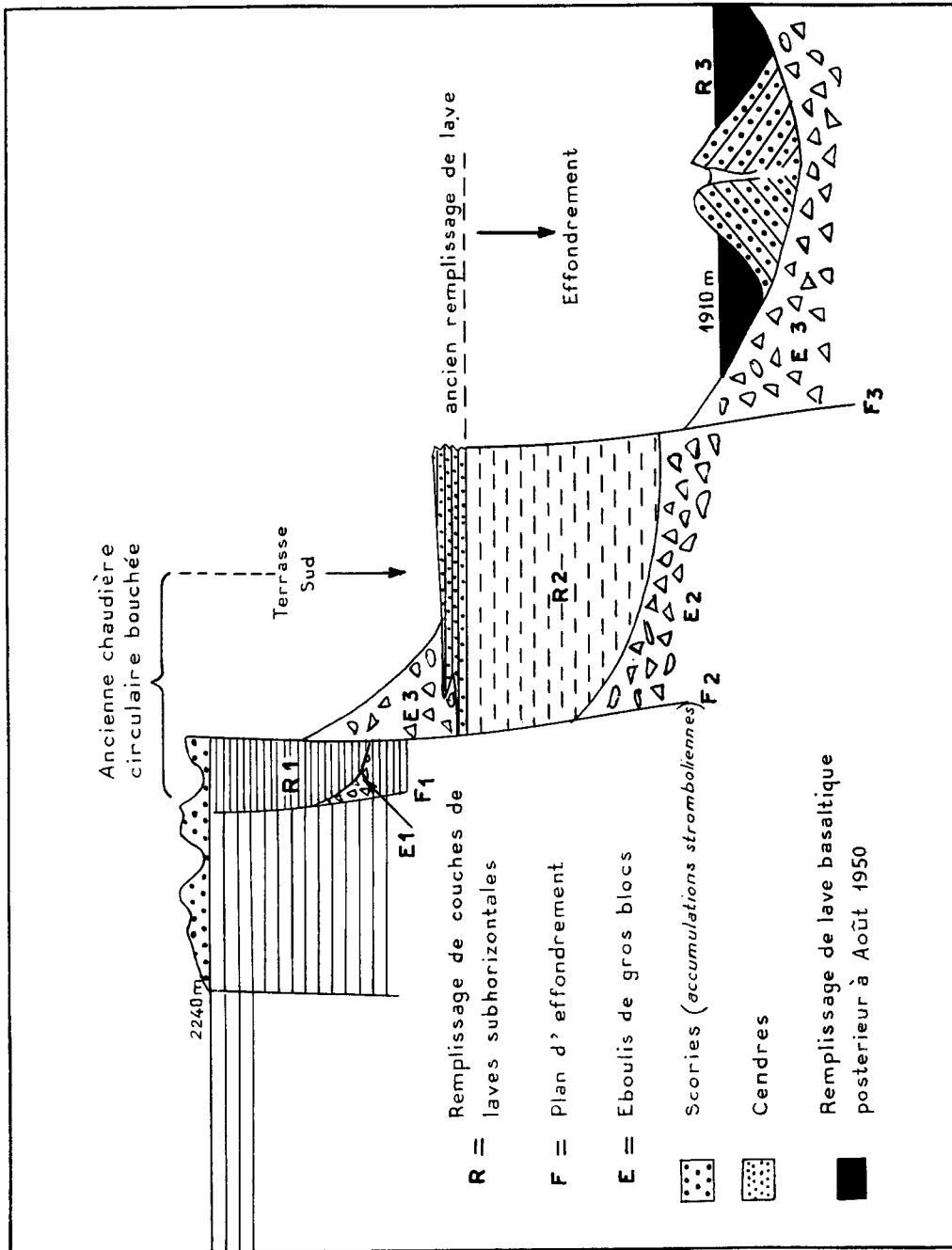


FIG. 5. — Coupe schématique à travers la paroi méridionale du Choungou-Chahalé.

Ainsi que l'a constaté J. de Saint-Ours, les coulées présentent habituellement une augmentation d'épaisseur vers les bords. Dans l'axe des coulées, il demeure des sillons suivant la plus grande pente, le long desquels la lave fluide continuait à s'écouler entre deux bourrelets latéraux de blocs de croûte déjà consolidée. Mais cet écoulement a pu se continuer aussi sous la croûte solidifiée, dans des tunnels qui portent le nom de « pahanga » en Comorien. Lorsque la voûte de ces tunnels s'effondre, des sortes de ravins à bords parallèles et verticaux apparaissent, que, toujours selon la terminologie recueillie par J. de Saint-Ours, les Comoriens appellent « troho ». Toutes ces formes ont déjà été amplement décrites dans la littérature, en particulier aux îles Hawai.

Le troisième élément essentiel de la morphologie des pentes externes est constitué par les cônes stromboliens, au nombre de plusieurs centaines. Une différence importante doit être notée entre ces accumulations telles qu'elles se présentent sur les pentes du Kartala proprement dit, d'une part, et dans les massifs de la Grille et du Badjini, d'autre part.

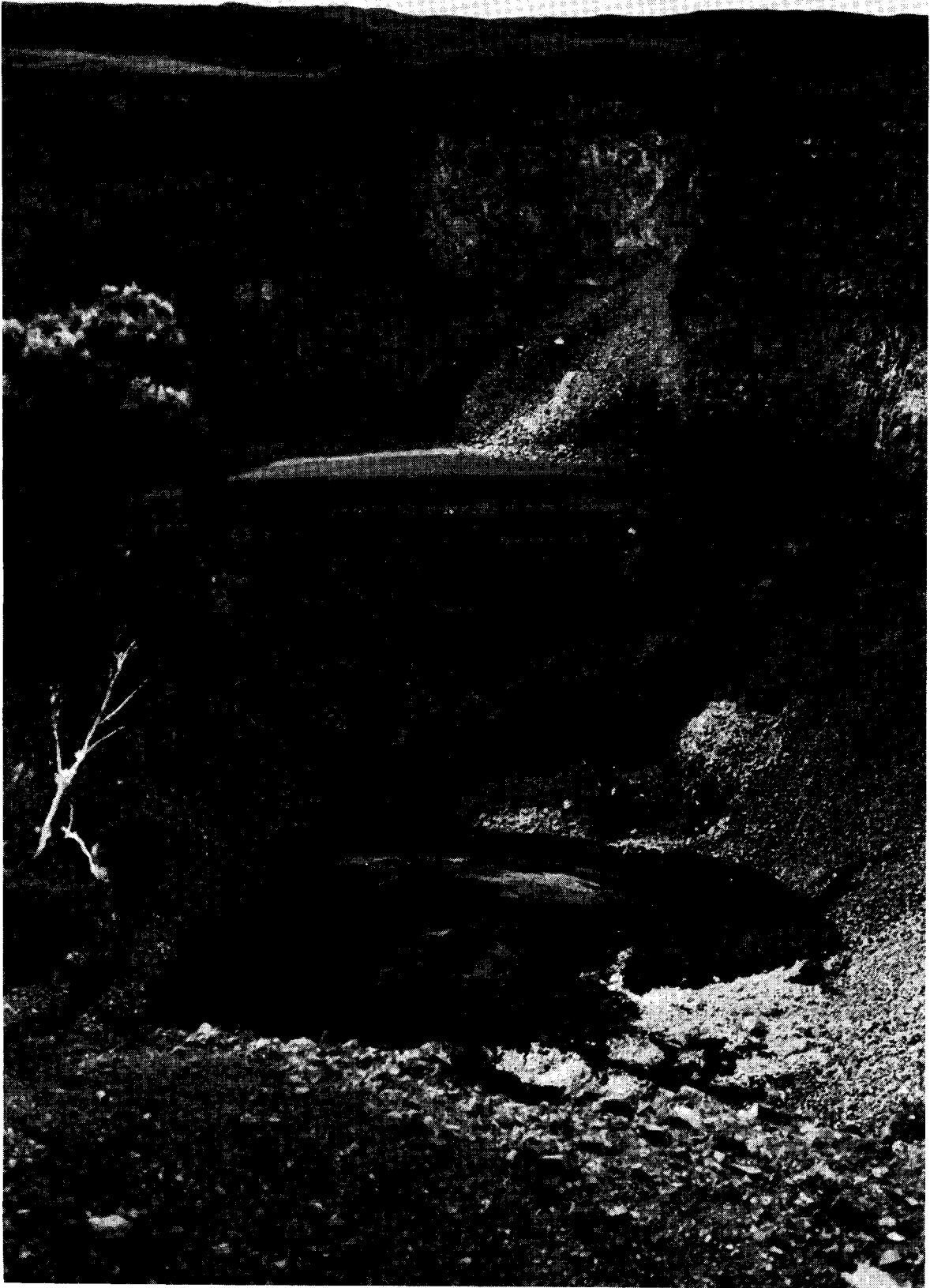
Le massif de la Grille est formé presque entièrement par une superposition d'édifices de ce type, souvent de grande taille (beaucoup dépassent 100 mètres de hauteur), qui s'alignent plus ou moins sur quelques grandes fissures. C'est là la preuve d'un volcanisme explosif de type strombolien prédominant, avec secondairement émission de coulées basaltiques qui se sont étalées sur les basses pentes du massif jusqu'à la mer. Certains cônes, tel le Mirontsi juste au Nord de la coulée de Hahaïa, sont profondément ravinés par l'érosion, mais la plupart montrent une morphologie très fraîche.

Le massif du Badjini possède, de même, quelques accumulations stromboliennes de grande taille, comme le Lima-Kori, l'Ahibambo et le Didjoni.

Sur les pentes externes du Kartala proprement dit, les accumulations stromboliennes sont morphologiquement très différentes et, généralement, de petite taille. Il s'agit de croissants très étirés égueulés du côté aval, souvent en séries le long des fissures hawaïennes, et de 20, 30, parfois 50 mètres de hauteur, rarement davantage. L'accumulation peut se limiter à un étroit rempart de scories soudées le long de la partie active de la fissure. Ici, l'activité explosive apparaît tout à fait secondaire, et ne donne que des cônes de scories lilliputiens.

Deux importantes accumulations stromboliennes existent toutefois, mais au pied du volcan, en bordure de mer, au Sud

8. Le Choungou-Chahalé, vu du Nord. Remarquer la banquette couverte de scories, l'ancienne chaudière colmatée apparaissant en coupe dans la paroi Sud, et au fond le cône de scories et le lac de lave (photographie de l'auteur, 24 décembre 1965).



de Moroni: le N'Gouni (151 m) qui domine Iconi, et le Moindzaza (217 m), comparables aux plus beaux cônes stromboliens du massif de la Grille.

Sans doute cette localisation latérale des grands cônes stromboliens est-elle liée à l'éloignement de la chambre à magma. Le cheminement du magma est réduit au minimum dans le cas des grandes fissures hawaïennes radiales des grandes pentes du Kartala, qui donnent sans doute directement sur la chambre à magma. Il est plus long, par contre, dans le massif de la Grille, ou à la base des pentes du Kartala (volcan d'Iconi), et la longueur des conduits doit permettre dans ce cas un certain dégazage (individualisation des gaz), avec augmentation de la tension de vapeur et de l'activité explosive.

Outre les nombreux édifices stromboliens, il faut signaler l'existence de trois petites chaudières circulaires à parois verticales localisées sur les hautes pentes du cône terminal du Kartala (voir la figure n° 3). La plus grande, d'environ 70 m de diamètre, est située à 250 m environ du rempart oriental de la caldeira. Les deux autres sont un peu plus petites, et d'une cinquantaine de mètres de diamètre: l'une est située à 800 m environ au Sud-Ouest du bord de la caldeira, l'autre à la même distance à l'Ouest de la porte d'Itsandra. Cette dernière, que nous avons visitée, et que les Comoriens appellent « Trou de Dieu », présente des parois verticales dans des coulées stratifiées homogènes sub-horizontales, et un fond plat colonisé par la végétation. Toutes ont une certaine ancienneté, la plus récente des trois paraissant être celle des pentes orientales.

Il faut signaler, enfin, les fumerolles sulfureuses très actives produites dans l'axe de l'une des grandes fissures subméridiennes à 1 km environ au Nord de la porte d'Itsandra (ouverture septentrionale de la caldeira), sur les pentes septentrionales du Kartala. De cette solfatara, très active lors de notre survol en décembre 1965, montait une colonne de fumée blanche d'une cinquantaine de mètres de hauteur, à forte odeur de soufre (contrairement aux fumerolles intracratériennes). Des dépôts de soufre, d'une couleur jaune vif, couvraient le sol autour du lieu d'exhalaison des fumerolles, et saupoudraient la végétation de bruyères dans un rayon d'une cinquantaine de mètres.

Les modes d'activité volcanique : les éruptions historiques.

Jusqu'à ce jour, le Kartala n'a fait l'objet d'aucune surveillance régulière, aussi la documentation que l'on peut réunir sur son activité est-elle extrêmement disparate. On ne connaît pratiquement rien de précis sur les éruptions de la seconde moitié du siècle dernier, qui durent être cependant spectaculaires si l'on en juge par le nombre et l'importance des coulées datées par la tradition de la période comprise entre 1853 et 1880. Le compte rendu de l'éruption de 1918 par A. Lacroix n'est qu'un

document de seconde main, établi surtout à partir d'observations faites par un planteur, M. Ch. Legros, habitant alors Niombajou, sur le flanc sud-ouest du Kartala. Lors de l'éruption de 1948, qui a débuté le 22 avril, l'Administrateur Supérieur de l'Archipel des Comores a dû faire appel au Père Poisson, directeur de l'Observatoire de Tananarive, qui n'est arrivé sur les lieux que

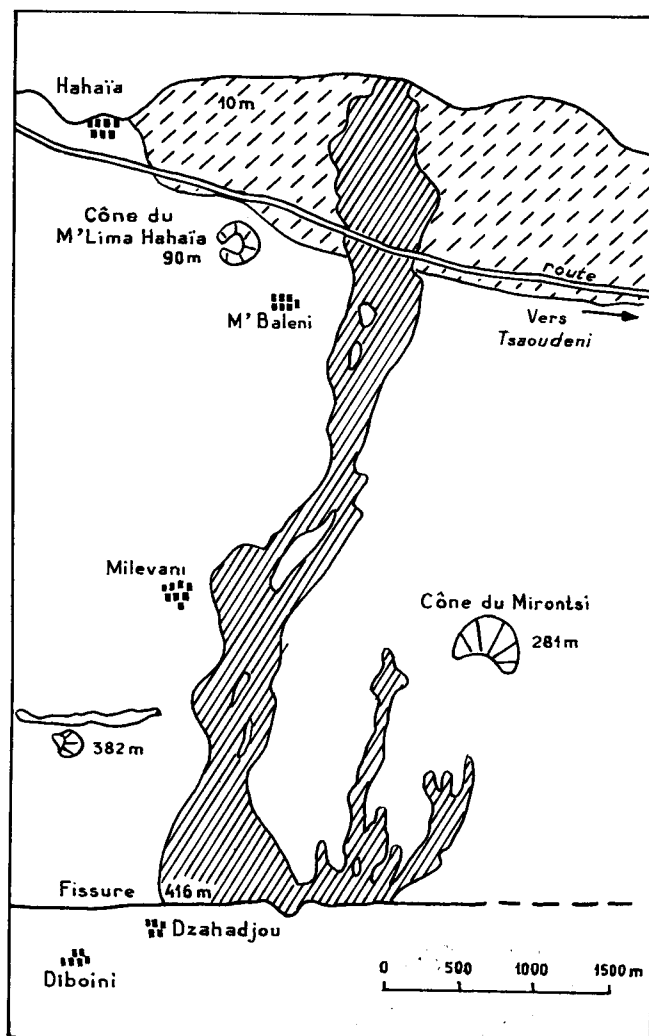


FIG. 6. — La grande coulée hawaïenne de Hahaïa (1859). En grisé, la coulée; en tirété, banquette littorale en pente faible (accumulation de piedmont de coulées plus anciennes).

le 10 mai, alors que l'éruption était pratiquement terminée. Comme A. Lacroix, ce dernier dut se contenter de recueillir les témoignages de rares témoins, certains d'ailleurs de réelle valeur. En utilisant les Archives de la Grande Comore, et la bibliographie, la succession des éruptions depuis le milieu du siècle dernier s'établit ainsi : 1857, 1858, 1859, 1862, 1872, 1880, 1904, 1918, 1948, 1952 et 1965.

Les manifestations de caractère hawaïen.

Les éruptions à partir de fissures radiales ou excentriques sont les plus fréquentes. Le magma s'épanche à l'état très fluide, et parfois sans phénomènes explosifs violents. Les éruptions de 1857 et 1859 semblent avoir été tout à fait caractéristiques de ce type de volcanisme. La coulée de Hahaïa (1859) est sortie d'une grande fissure Sud-Sud-Est - Nord-Nord-Ouest, vers 400 m d'altitude (voir la figure n° 6), active sur une longueur d'environ 1 400 m. L'absence de constructions stromboliennes laisse supposer que cette émission s'est faite de manière fort calme. La coulée de Dzahadjou (1857), dans l'extrême Sud de l'île, présente les mêmes caractères : elle est sortie d'une fissure Sud-Est - Nord-Ouest entre 465 et 480 mètres d'altitude, active sur une longueur de 550 mètres, sans qu'il y ait de traces de manifestations stromboliennes.

De la même manière, lors de l'éruption de 1918, la lave s'est épanchée calmement pendant trois jours (11 au 13 août) d'une fissure du flanc nord du Kartala, vers 1 980 mètres, au-dessus d'Idjikonadzi (Lacroix, 1920) ; la fente d'émission, d'une largeur de 80 centimètres, était jalonnée de trois connelets de lave d'une dizaine de mètres de hauteur, au voisinage desquels le sol était parsemé de quelques scories irisées très légères, et de larmes de verre fragiles et sonores s'accrochant aux branches des bruyères.

Ce sont là toutefois, semble-t-il, des cas extrêmes. Souvent, en effet, il se construit des petits cônes de scories en alignement le long de la zone d'émission ; ces cônes sont nombreux sur les hautes pentes septentrionales du Kartala, et témoignent de manifestations stromboliennes d'ampleur réduite accompagnant l'émission des coulées.

A ces manifestations hawaïennes des pentes externes il faut ajouter celles de l'intérieur de la caldeira. Le fonctionnement des chaudières, leur remplissage par de la lave fluide, les phénomènes d'effondrements concentriques successifs (voir précédemment) sont, en effet bien caractéristiques des grands volcans hawaïens.

La coulée de juillet 1965, à l'intérieur de la caldeira, fournit un exemple de coulée hawaïenne intracratérienne. L'émission de lave s'est faite le long d'une fissure Nord-Nord-Est - Sud-Sud-

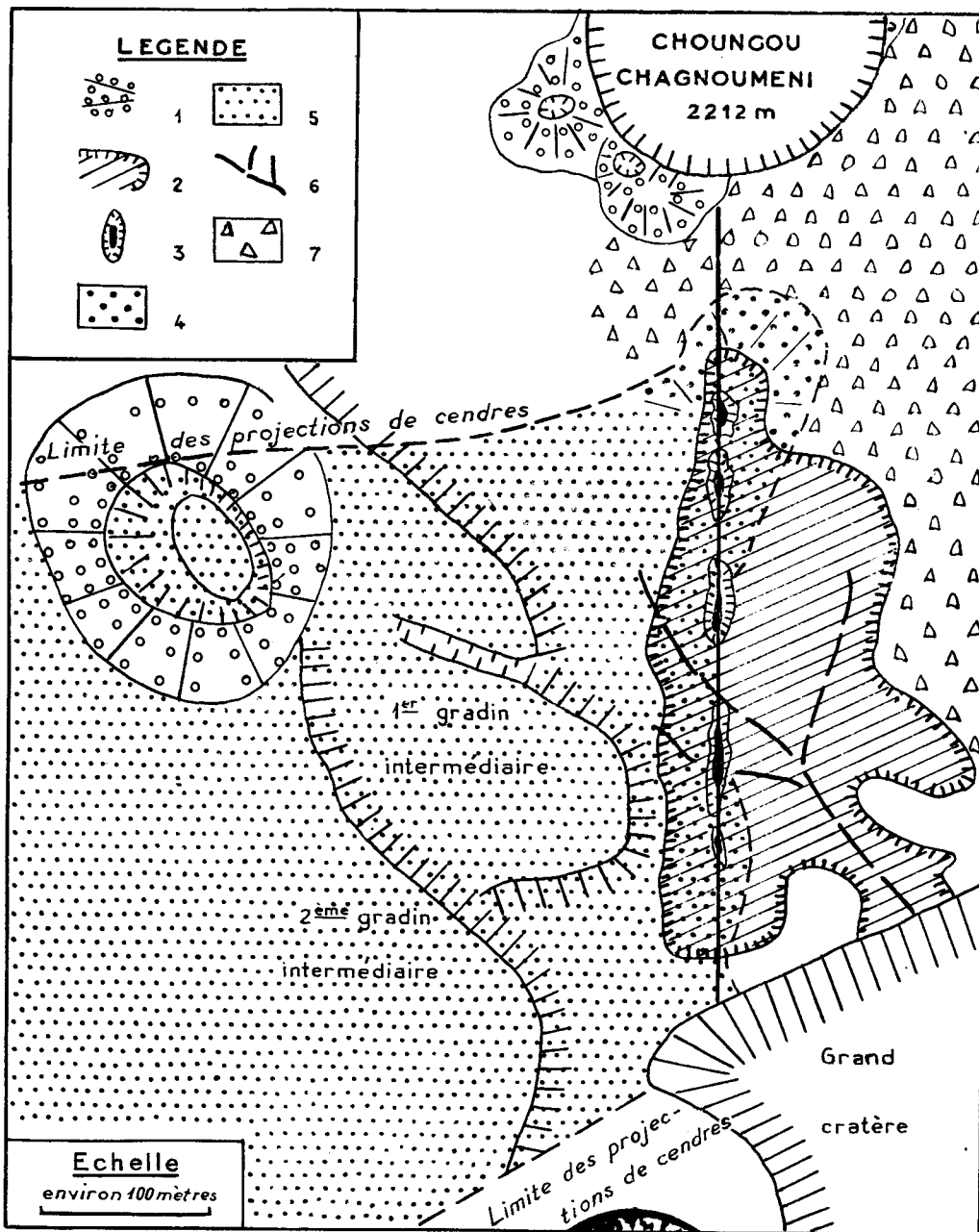


FIG. 7. — La coulée de juillet 1965.

1. Accumulations stromboliennes de scories.
2. Coulée de juillet 1965.
3. Boursouffures de lave, alignées le long de la fissure, autour des points d'émission.
4. Projections de scories grossières.
5. Zone couverte par les chutes de cendres et de scories fines.
6. Tracé des lignes de talweg peu marquées (d'après la couverture aérienne verticale au 1/10 000^e antérieure à l'éruption) ayant guidé la coulée.
7. Espace couvert par de gros quartiers de basaltes projetés probablement lors de l'éruption ultra-vulcanienne de 1918.



Ouest joignant le Choungou-Chagnoumeni et le bord nord-ouest du Choungou-Chahalé, dans le prolongement de la grande fissure qui traverse de part en part la partie septentrionale de la caldeira. La lave s'est épanchée vers le Sud sur une surface presque plane, guidée toutefois par un léger petit talweg visible sur les photographies aériennes au 1/10 000 antérieures à l'éruption; elle a atteint le grand cratère et s'y est déversée en cascade (voir la figure n° 7). La fissure est jalonnée par des intumescences de quelques mètres de hauteur, à aspect de petits connelets de lave, dont l'un au moins a projeté des scories de petite dimension dans un rayon d'une cinquantaine de mètres. L'éruption s'est faite par un vent dominant d'Est, qui a répandu des scories fines jusqu'à une assez grande distance vers l'Ouest, sur les gradins intermédiaires de la caldeira. Lorsque nous l'avons vue le 24 décembre 1965, la coulée fumait encore dans ses parties. Le front, d'une hauteur de 2 mètres en moyenne, était constitué par une accumulation de grosses dalles enchevêtrées dans toutes les positions. L'aspect chaotique de la coulée était identique à celui des coulées plus anciennes, déjà colonisées par les lichens, qui occupent la partie septentrionale de la caldeira. Toutes ces coulées sont issues de grandes fissures qui zèbrent le fond de la caldeira : nous avons représenté seulement les principales sur la figure n° 3.

Les manifestations typiquement stromboliennes.

L'éruption de 1872, qui a donné la coulée de N'Hadoli à 4 km au Sud de Hahaïa, fournit un bon exemple de dynamisme strombolien sur les pentes externes. Cette coulée est issue d'un cône de scories égéulé de 70 m de hauteur construit à 1,5 km de la mer aux environs de 190 m d'altitude.

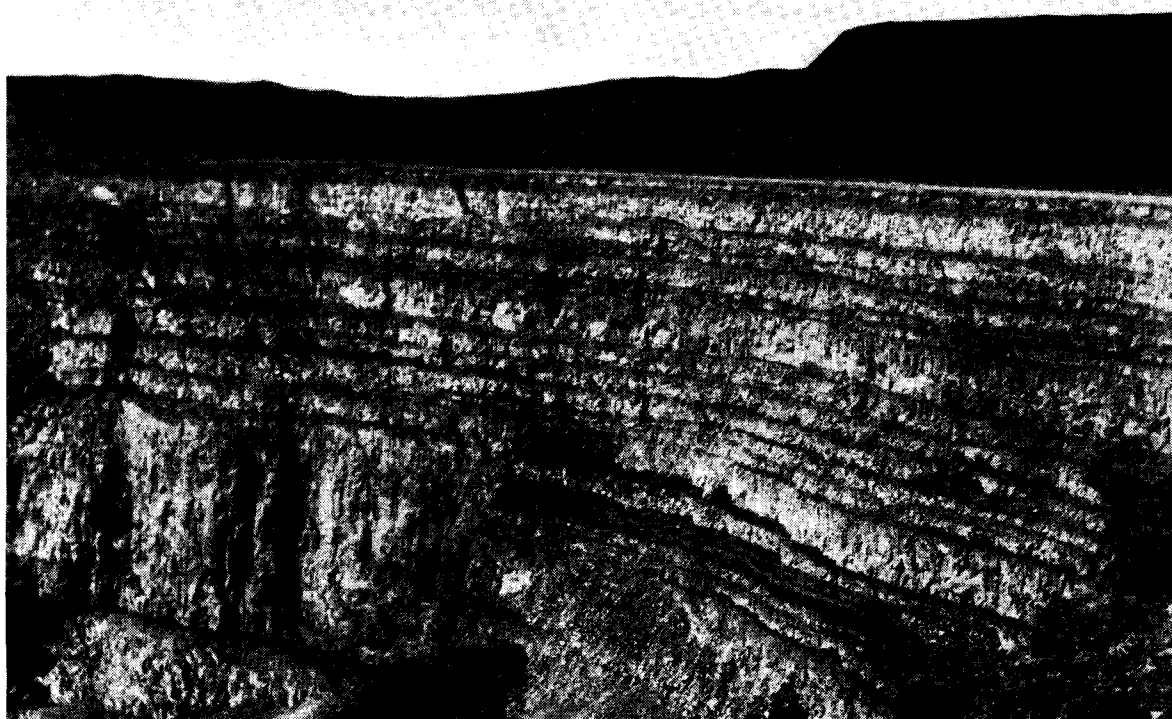
Le N'Gouni et le Moindzaza, au Sud de Moroni, ainsi que les nombreux grands cônes de scories du massif de la Grille, témoignent de l'importance du volcanisme strombolien dans certaines parties, généralement excentriques, de l'île.

Mais le dynamisme strombolien se manifeste aussi à l'intérieur de la caldeira sommitale, qui contient plusieurs cônes de scories de belles dimensions (voir la figure n° 3). L'éruption de 1948 semble avoir présenté des explosions rythmiques répétées caractéristiques de ce dynamisme. Suivant le rapport du secrétaire du Chef de Subdivision, repris par le Père Poisson (inédit), le volcan émettait « par bouffées intermittentes une colonne de fumée noirâtre. La colonne devait s'élever à 300-400 mètres au-dessus du cratère ... Le soir du 1^{er} mai, les lueurs émises par le cratère étaient assez vives pour illuminer le paysage à la Convalescence, et pour rendre inutile l'éclairage artificiel du logement. Les observateurs notaient au cours de la nuit quelques trépidations rythmées, correspondant à la phase explosive des émissions gazeuses, mais pas de secousses



9. Vue plongeante, depuis le bord nord-ouest, dans le Choungou-Chahalé.

10. Couches horizontales de basalte prismé séparées par de fines inter-stratifications de scories, dans la paroi occidentale du Choungou-Chahalé.



sismiques proprement dites ». La visite de la caldeira devait montrer, le lendemain, que cette activité provenait du cratère nord-ouest (le Choungou-Chagnoumeni). Toujours selon le rapport du Père Poisson, « les gaz sortaient sous forme explosive à travers la lave chaude, lançant dans l'espace par bouffées de la fumée ou plutôt de la cendre vitreuse fine, entraînant également des blocs assez gros (de la grosseur du poing à celle de la tête et un peu plus) qui étaient projetés verticalement jusqu'à une centaine de mètres... ». Sans doute l'accumulation de scories qui borde au Nord la chaudière date-t-elle de cette éruption ? L'éruption de février 1952, caractérisée par l'émission de fumées sombres et des explosions rythmiques, a dû être aussi de caractère strombolien.

Les manifestations très explosives ultravulcaniennes.

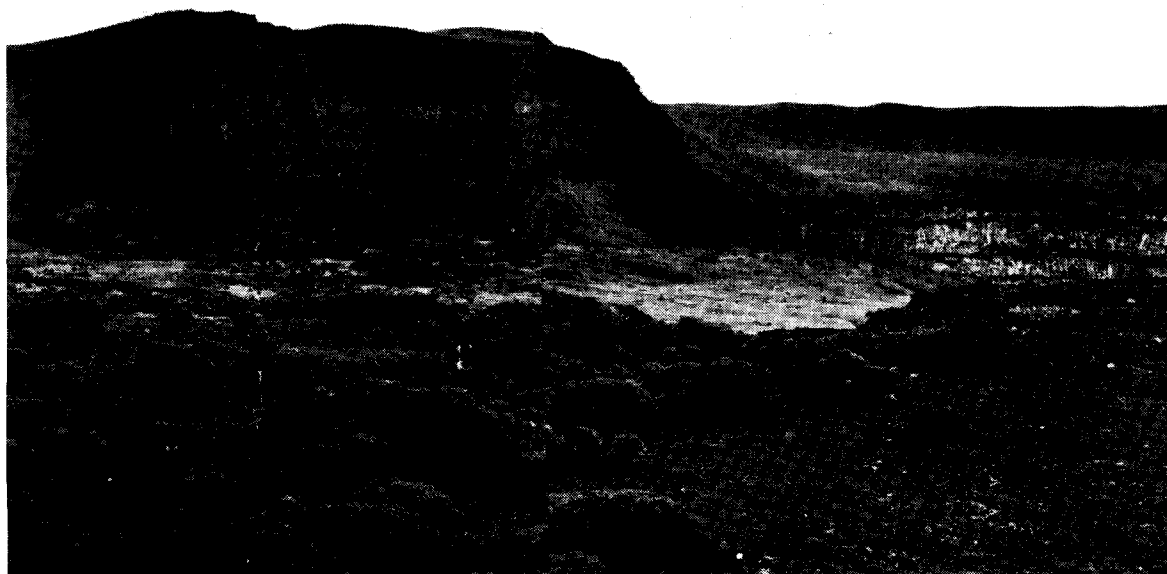
L'éruption de 1918, qui avait commencé par l'émission d'une coulée hawaïenne typique sur le versant septentrional (voir précédemment), s'est poursuivie par une phase très explosive relatée par A. Lacroix, qui a utilisé le témoignage de M. Legros. A. Lacroix (ouvrage cité p. 45) rapporte que le 23 août, « à 9 h 15, une secousse violente a été ressentie dans toute l'île et même au-delà, jusque dans l'île voisine de Mohéli. Le 25, même phénomène, sous forme de secousses plus prolongées, puis, à 7 h 30, une énorme colonne de vapeurs chargée de cendres, d'un noir bleuâtre, aux volutes épaisses et rapides, s'élève au-dessus de la caldeira, pendant dix minutes, et prend bientôt

11. Vue panoramique du fond de la caldeira, prise depuis l'un des gradins occidentaux, montrant à gauche le Choungou-Chagnoumeni (fumerolles) et à droite le Choungou-Chahalé.



une ampleur de plus en plus grande. Une chute de poussière noire, très fine, ne tarde pas à saupoudrer un large secteur, limité à l'Est-Nord-Ouest du volcan (Boboni, M'vouni, Moroni). Le 26, à 16 h 25, même phénomène. La dimension verticale de la colonne de cendre a été estimée à deux fois la hauteur du volcan, c'est-à-dire à plus de 5 000 mètres; de mémoire d'homme pareil spectacle n'avait été vu dans l'île. A 18 h 30, des éclairs, accompagnés de violentes détonations, sillonnaient la nuée. Le phénomène cesse à 20 heures; une heure et demie plus tard, le sommet de la montagne est dégagé et, au clair d'une lune très brillante, on peut voir la nuée volcanique quitter la montagne, entraînée vers le Nord-Ouest. L'éruption était terminée, sauf quelques secousses de tremblement de terre qui se répétèrent jusqu'à la fin du mois ».

En octobre, M. Legros entreprit l'ascension du sommet et put constater que les phénomènes explosifs avaient eu pour origine le cratère central de la caldeira, qui seul existait avant l'éruption. Ce cratère « avait subi une modification topographique importante: ses dimensions avaient été au moins sextuplées; de circulaire, il était devenu grossièrement elliptique, avec son grand axe dirigé du Nord au Sud. Son bord oriental touchait la falaise de la caldeira, son fond était encombré de débris. En outre, une nouvelle bouche s'était ouverte dans la caldeira, un peu plus au Nord, dans la direction de la porte d'Itsandra; elle était circulaire, avec 300 m de diamètre, et de même structure que le cratère citerne principal. La végétation des bords de la caldeira et celle, peu importante (bruyères arborescentes), développée sur les coulées suffisamment anciennes, étaient intactes, sauf dans un secteur compris entre le Nord et le Sud-Ouest. Dans cette région, les bords extérieurs de la



caldeira étaient creusés d'un nombre considérable d'entonnoirs, au fond desquels se trouvaient de gros blocs anguleux lancés par le volcan. Là où la végétation était intacte, ces blocs étaient absents, aussi bien que la poussière volcanique. En ce qui concerne les blocs, leur localisation ne peut s'expliquer que par l'orientation de l'orifice de sortie des gaz auxquels était due l'explosion, position qui entraînait non pas une projection verticale, mais une projection oblique ».

L'éruption de 1918 serait donc, en résumé, à l'origine de transformations importantes du Choungou-Chahalé; ce serait elle aussi qui aurait créé le Choungou-Chagnoumeni, mais avec des dimensions qui semblent légèrement surestimées dans le rapport de M. Legros. Les gros blocs, certains de plusieurs m³, projetés par la phase explosive, sont encore aujourd'hui visibles entre le bord occidental du grand cratère et le rempart de la caldeira (nous avons délimité la zone qu'ils recouvrent sur la figure n° 3). Des projections de gros blocs de basalte massif de même aspect couvrent un autre secteur important entre le grand cratère et le Choungou-Chagnoumeni, et semblent issus de ce dernier. Toujours selon A. Lacroix (p. 47), l'examen des blocs projetés et de la poussière les accompagnant permet d'affirmer « qu'il n'a été rejeté aucune portion de magma neuf. La description donnée des colonnes cendreuse s'élevant du volcan indique nettement qu'elles n'étaient pas incandescentes. Ces explosions avaient donc un caractère nettement ultravulcanien que confirme d'ailleurs l'énorme agrandissement du cratère citerne. Le magma neuf qui s'est épanché par la fente n'est donc pas monté jusque dans la caldeira. Par contre, il est vraisemblable qu'il a dû rencontrer à une distance plus ou moins grande de celle-ci l'eau d'imbibition d'origine pluviale qui, sous le régime tropical, doit s'accumuler en grande quantité dans les fissures sous-jacentes à la caldeira; il en est donc résulté une intense volatilisation et par suite des phénomènes explosifs, ayant en quelque sorte un caractère semi-volcanique. Ce phénomène se produit au début, aussi bien qu'à la fin de beaucoup d'éruptions ».



12. Coulées de la fin du siècle dernier, se réunissant en une banquette littorale de piedmont, au Nord de Fouboni sur la côte Sud-Est (photographie aérienne verticale du Service Géographique, mission 020 au 1/50 000^e, n° 351, août 1950).

Conclusion

Le Kartala est un bel exemple de volcan hawaïen actif. Sa forme générale est celle d'un grand cône culminant à 2 361 m, flanqué au Nord et au Sud par deux massifs moins élevés, les massifs de la Grille et de Badjini, riches en formes stromboliennes. Des arguments d'ordre lithologique, pédologique et morphologique, permettent d'établir que le Kartala s'est construit en deux phases : à la première appartiennent une partie du massif du Badjini et un vieux Kartala qui devait avoir l'aspect d'un grand cône tronqué; le cône terminal actuel s'est superposé à ce vieux bâti, les pentes externes se trouvant inégalement recouvertes par les nombreuses coulées issues soit de la partie sommitale, soit de fissures radiales et de cônes adventices latéraux.

Le volcan possède une très belle caldeira sommitale complexe, de 3 500 mètres de grande dimension, creusée dans sa partie centrale par deux cratères citernes spectaculaires.

Les éruptions de caractère hawaïen sont les plus nombreuses; celles de la seconde moitié du siècle dernier ont donné de grandes coulées de basalte très fluides dont la plupart ont atteint la mer. Si certaines de ces éruptions se font, à partir de fissures radiales ou excentriques, sans phénomènes explosifs notables, d'autres entraînent par contre la formation d'accumulations stromboliennes plus ou moins importantes. Enfin certaines éruptions ont un caractère très explosif, ultravulcanien, comme l'éruption de 1918 au cours de laquelle est apparu le plus petit des deux cratères citernes de la caldeira sommitale.

L'activité du Kartala présente de nombreuses analogies avec celle du massif de la Fournaise à la Réunion, où l'on a observé aussi ces trois types de dynamisme volcanique, avec cette différence que les éruptions du Kartala sont plus irrégulièrement espacées et plus rares que celles du Piton de la Fournaise. Les deux caldeira montrent aussi des points communs dans leur morphologie; toutefois celle du Kartala présente un emboîtement plus complexe de formes; et surtout, alors que celle de la Fournaise porte en son centre le cône de lave surbaissé du Piton de la Fournaise, celle du Kartala est restée vide.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT DE LA RUE (E.), 1950. — Brève note sur l'état actuel du Karthala, volcan de la Grande Comore. C.R. Soc Géol. de France, n^{os} 3-4, p. 54, Paris.
- BOULANGER (J.), 1953 — Le tremblement de terre de 1953 à la Grande Comore. Doc. Serv. Géol., n^o 70, Tananarive.
- GACHET (C.), 1964. — Etude des problèmes forestiers de l'Archipel des Comores. Public. du Centre Technique Forestier Tropical, section de Madagascar, ronéoté, 186 p.
- LACROIX (A.), 1916. — La constitution des roches volcaniques de l'Archipel des Comores. C.R. Ac. Sc., t. 163.
- LACROIX (A.), 1922. — La constitution lithologique de l'Archipel des Comores. C.R. XIII^e Congrès Int. Géol., fasc. 2, pp. 949-979, Bruxelles.
- LACROIX (A.), 1920. — Une éruption du volcan Karttala à la Grande Comore en août 1918. C.R. Ac. Sc., t. 171.
- LACROIX (A.), 1938. — Le volcan actif de l'île de la Réunion (supplément) et celui de la Grande Comore. Paris, Gauthier-Villars, 57 p., dont pp. 41-51 sur le Karthala.
- LEGROS (Ch.), 1937. — Une ascension du volcan Karthala à la Grande Comore. *Ann. Phys. Globe de la FOM*, décembre 1937, pp. 161-168, Paris.
- MONDAIN (J.-R.), 1934. — Note sur une exploration du volcan Karthala. *Bull. Ac. Malgache*, t. 17, pp. 13-24, Tananarive.
- MONDAIN (J.-R.), 1934. — Le volcan Karthala. *Ann. Phys. Globe France d'Outre-Mer*, 1^{re} année, pp. 157-158.
- PAVLOWSKY (R.) et DE SAINT-OURS (J.), 1953. — Etude géologique de l'Archipel des Comores. Travaux Bureau Géol., n^o 51, Service Géol., Tananarive.
- POISSON (Ch.), 1949. — Mission scientifique au volcan Karthala. *Le Naturaliste Malgache*, Tananarive.
- RASP (M.), 1937. — Sur les climats de la Grande Comore et l'existence de galeries souterraines dans la lave. Arch. Serv. Géol. A.76, Tananarive.
- SAINT-OURS (J. DE), 1958. — Etudes géologiques dans l'extrême Nord de Madagascar et l'archipel des Comores, tome II. *Thèse sciences*, ronéotée.
- VOELTZKOW (A.), 1906. — Die Comoren. *Zeitschr. d. Gesells. f. Erdkunde zu Berlin*, pp. 623-629, 4 fig.