

Imp. Lemerrier & C^{ie} Paris

Vue générale des installations faites à l'île St Paul pour l'observation du passage de Vénus.

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

RECUEIL DE MÉMOIRES, RAPPORTS ET DOCUMENTS

RELATIFS A L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL.

EXTRAIT DU TOME II, 2^e PARTIE.

ACADÉMIE DES SCIENCES
N. 828
GÉOLOGIE

MISSION

DE

L'ILE SAINT-PAUL

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

FAITES

A ADEN, A LA RÉUNION, AUX ILES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM,
AUX SEYCHELLES;

PAR M. CH. VÉLAIN,

Maître de conférences à la Sorbonne.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1879

1510

4^o AP
VEL

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

FAITES

A ADEN, A LA RÉUNION, AUX ILES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM,
AUX SEYCHELLES.

II. — 2^e Part. N^o 2.

7*

Moy Or.
VEL

Extrait du *Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs à l'observation
du Passage de Vénus sur le Soleil*, tome II, 2^e Partie, n^o 2.

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

FAITES

A ADEN, LA RÉUNION, AMSTERDAM ET SAINT-PAUL,

PAR M. CH. VÉLAIN,

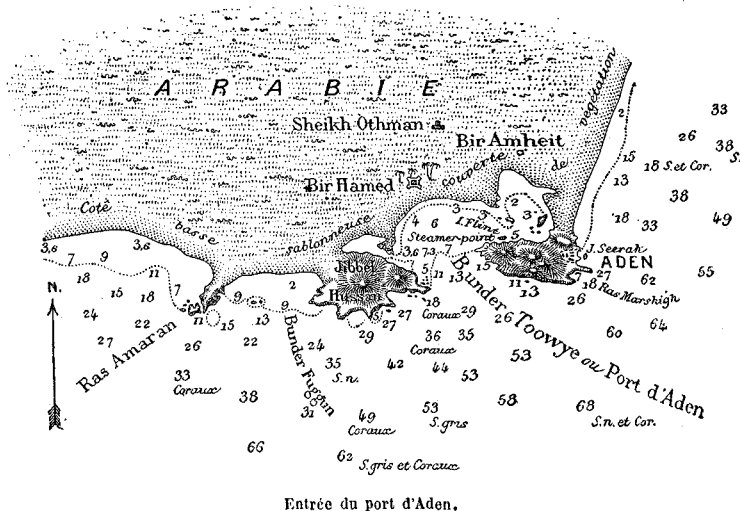
MAITRE DE CONFÉRENCES A LA SORBONNE.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA PRESQU'ILE D'ADEN.

Quand on arrive de l'est pour s'engager dans la mer Rouge, après avoir doublé l'île Socotora, la côte d'Arabie, vers Aden, présente trois pointes saillantes, qui de loin se détachent comme des îles élevées. Ces pointes sont dues à trois presqu'îles peu distantes, reliées entre elles par des côtes basses couvertes de sable, et délimitent deux grandes baies bien abritées, dont l'une, celle située le plus à l'ouest, est seule fréquentée. Elles sont entièrement constituées par des roches volcaniques et se relient dans le nord à cette grande chaîne de volcans qui longe le bord oriental de la mer Rouge, laissant entre elle et le littoral de grandes plaines sablonneuses qui ne sont autre chose que des plages soulevées. On ne possède encore sur tous ces massifs importants que bien peu de renseignements; les rares voyageurs qui ont pu traverser ces régions inhospitalières se sont, en effet, bornés à mentionner d'une façon générale la présence d'une longue suite

de volcans, aujourd'hui éteints, dont l'activité a dû être considérable, si l'on en juge par les immenses surfaces que recouvrent leurs produits épanchés, mais sans indiquer la nature de ces produits. On sait seulement que les roches du groupe des trachytes y sont fréquentes.

Fig. 1.



La première de ces trois presqu'îles, à l'ouest, *Ràs Amaran* (1), montre une série de pics aigus qui semblent comme autant d'îlots; la suivante, plus élevée, *Djebel Hussan*, est formée d'un premier massif assez peu découpé, *Djebel Gonow*, flanqué de deux autres, situés en contre-bas : elles sont séparées par une large baie, très-ouverte, *Bunder Feikam* ou *Fuggun*, au fond de laquelle on aperçoit bientôt, en s'approchant, des terres basses et sablonneuses. La troisième enfin, de beaucoup la plus impor-

(1) Quelques mots employés sur la Carte et dans le texte : *Ràs*, cap; *Jibbel* ou *Djebel*, montagne; *Bunder*, golfe ou baie; *Jezirat* ou *Djeziret*, île; *Bar*, côte; *Bahr*, mer.

tante, se compose d'une longue suite de hautes montagnes arides, profondément découpées, dont les formes bizarres et les colorations vives attirent bien vite l'attention. Cette dernière supporte la ville d'Aden; un espace d'abord assez étroit, *Bunder Toowye*, mais qui s'élargit bientôt en un golfe profond, où par tous les temps les navires de fort tonnage peuvent trouver un excellent abri, la sépare du Djebel Hussan.

C'était là, avant 1835, le siège d'une petite principauté indépendante. Les Anglais, comprenant toute l'importance de ce port naturel à l'entrée de la mer Rouge, obtinrent d'y faire provisoirement un dépôt de charbon, puis s'emparèrent bientôt (1838) de tout le territoire, sur les Wahhabites qui l'habitaient. Ils occupent militairement la presque île depuis cette époque, et les travaux de défense qu'ils y ont entrepris, surtout depuis le percement du canal, sont considérables. Entre leurs mains, Aden est devenue un véritable musée d'artillerie : ce ne sont partout que casernes et postes de soldats; des batteries, des fortins placés de distance en distance, de longues et hautes murailles crénelées, courant dans toutes les sinuosités des montagnes, creusées, minées elles-mêmes dans tous les sens, des canons de fort calibre, cachés dans le creux des rochers jusqu'au sommet des pics les plus inaccessibles, témoignent maintenant du prix qu'ils attachent à la possession de ce poste important, dont ils ont fait le *Gibraltar de l'Orient*.

Dès 1840, c'est-à-dire à une époque où l'accès de la presque île n'était guère facile, puisqu'il fallait contourner toute l'Afrique pour y aborder, on la savait formée de volcans; quelques roches basaltiques en avaient été rapportées par des voyageurs, qui avaient signalé, en même temps, l'aspect cratériforme de ses montagnes. F. Burr, par exemple, dans une Lettre publiée dans

les *Transactions de la Société géologique de Londres* (1), décrit la ville d'Aden comme située au centre d'un cratère presque circulaire de $1\frac{1}{2}$ mille de diamètre, et plus tard M. Buist (2) compare cet ancien volcan à l'Étna.

Dans sa description géologique des côtes de l'Arabie, J. Carter (3) donne de nouveaux détails sur la forme de ce prétendu cratère, sur les pics et les cônes surbaissés qui l'accompagnent, et mentionne une grande variété de basaltes parmi ses principaux produits éruptifs.

Les Mémoires plus anciens ou même plus récents qu'il convient ensuite de citer ont tous trait à des collections rapportées de cette presque île ou des régions avoisinantes par différents voyageurs. C'est ainsi que Dufrenoy et Élie de Beaumont, désignés par l'Académie des Sciences (4) pour examiner les matériaux nombreux recueillis par M. Rochet d'Héricourt dans ses deux voyages en Abyssinie, de 1839 à 1840 et de 1842 à 1845, remarquent et signalent, parmi ceux provenant d'Aden, des trachytes particuliers, des basaltes et des laves. Plus récemment, Charles Sainte-Claire Deville, ayant eu à étudier les roches prises sur le littoral de la mer Rouge par M. Courbon, médecin de première classe de la marine, attaché à l'expédition du commandant Russel (1859-1860), y reconnaît (5), entre autres, des dolérites compactes et mentionne surtout le facies éminemment trachytique des roches d'Aden.

(1) *Sketch of the Geology of Aden on the coast of Arabia*, by F. Burr, communicated by John Taylor (*Trans. Geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 499 et suiv. ; 1842).

(2) *Journal of the Bombay Roy. Asiat. Soc.*, n° 6, octobre 1843.

(3) *Geolog. Papers on Western India*, p. 551. Bombay, 1857.

(4) DUFRENOY et ÉLIE DE BEAUMONT, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XII, p. 923, et t. XXII, p. 806.

(5) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LII, p. 426.

Tout dernièrement, M. le professeur Weiss, un des astronomes de l'expédition autrichienne chargée d'aller, en janvier 1868, observer une éclipse totale de Soleil, profita de son séjour dans la presque île pour en rapporter quelques échantillons de roches, qui furent examinés au retour par le professeur Niedzwieski. Les résultats de cette étude ont été publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de Vienne en 1870 (1); on y trouve la description minutieuse d'une obsidienne (perlite), d'une lave trachytique et d'un basalte; mais ces roches ne présentent rien de particulier, ainsi que l'auteur le déclare lui-même, et se rapportent à des types connus.

Là se bornaient nos connaissances; elles étaient insuffisantes et même contradictoires, puisque parmi les produits volcaniques de ce massif éruptif la prédominance était accordée tantôt aux roches du groupe des basaltes, tantôt, et avec plus de raison, à celles du groupe des trachytes. Ces dernières sont, en effet, de beaucoup les plus importantes, non-seulement par suite de leur grande extension et du rôle qu'elles jouent dans la constitution des hautes montagnes de l'intérieur, mais surtout à cause de l'intérêt que présentent leurs variétés nombreuses, comme je vais essayer de le montrer dans le présent Mémoire.

Nous avons fait, dans notre traversée d'aller et de retour, deux escales à Aden : la première en 1874, du 14 au 17 août, et la seconde en 1875, du 15 au 18 février. Ces deux séjours, malheureusement trop courts, ne m'ont assurément pas permis de faire de la presque île une exploration complète; j'ai cependant pu recueillir, en la traversant à deux reprises différentes dans ses deux sens, des collections assez importantes pour donner dès

(1) T. LXIII, I Abth., 126, 549-560.

à présent un premier aperçu de sa constitution géologique. La Carte (*Pl. XXIII*) qui accompagne ces descriptions résume les observations faites dans mes diverses excursions, en précisant les points d'où proviennent les échantillons de roches qui font l'objet de cette étude ⁽¹⁾, ainsi que les limites approximatives des espaces occupés par chaque groupe; elle est encore bien incomplète, puisque je n'ai pas pu parcourir la presque île dans toute son étendue, et ne doit être considérée que comme une première esquisse destinée à faciliter la lecture du texte qui va suivre.

Considérations générales.

Dans sa plus grande dimension, c'est-à-dire de l'ouest à l'est, la presque île peut avoir 6650 mètres, et la moitié seulement, soit 3400 mètres, du nord au sud. Sa forme est tout à fait irrégulière, et de toute sa surface un tiers à peine peut être habité, tout le reste se trouvant occupé par de hautes montagnes, presque inaccessibles, absolument arides et dénudées. Ce massif montagneux n'est relié à la côte, dans le nord-est, que par une langue de sable, étroite et basse, n'ayant parfois que 1 mille de largeur, sur une longueur de 5 à 6000 mètres. Dans le sud, les terres s'élèvent brusquement de la mer jusqu'à la hauteur de 250 à 300 mètres, et les grands fonds sont encore très-rapprochés de la côte, car les bateaux, pour atterrir, la contournent d'assez près. Dans le nord, au contraire, règne une grande plage basse, dont les sables se prolongent assez loin dans l'intérieur, et de-

(1) Voici les indications des signes employés sur la Carte : *, laves basaltiques récentes; †, laves basaltiques anciennes; +, trachytes; ⊕, phonolithes.

vant laquelle les grandes marées laissent à découvert un espace de plus de 2000 mètres. Il semble que la presqu'île tout entière ait subi un mouvement de bascule et que la côte nord se soit exhaussée, tandis que celle du sud s'est enfoncée sous les eaux.

Les traces de ce mouvement d'oscillation, qui doit encore se continuer maintenant d'une façon lente et insensible, sont des plus évidentes dans le nord-ouest, sur tout le littoral de *Steamerpoint*. Là, en effet, on remarque à marée basse un calcaire de formation actuelle qui s'étend sur la terre ferme, jusqu'à une certaine distance de la mer, et se reconnaît encore, à droite de la route qui conduit à Aden, entre les docks de charbon et les distilleries, à une altitude de 2 ou 3 mètres au-dessus du niveau moyen du balancement des marées. Ce sédiment moderne, dans lequel on retrouve, souvent avec leurs couleurs, mais presque toujours brisées, les coquilles des nombreux mollusques qui vivent dans le golfe, se relie, sans aucun doute, avec celui dont on a signalé depuis longtemps la présence sur toute la rive orientale de la mer Rouge et jusque dans le fond du golfe de Suez, où il atteint une altitude de 20 mètres (1).

Son épaisseur est très-variable à Aden, et ce n'est pas le seul indice d'un exhaussement de la côte qu'on y puisse signaler, car dans la grande baie du nord, au pied du Djebel Shamsan, en face des récifs de Sawayih, et de même vers ces murailles, aujour-

(1) Parmi les mollusques qui se trouvent le plus souvent empâtés dans ces calcaires, je citerai :

Circe intermedia, Rev.; *Tellina* (*Tellinella*) *Pharaonis*, Hanl.; *Nassa arcularia*, Lam.; *N. pulla*, Linn.; *Purpura hippocastanum*, Lam.; *Planaxis Menkeanus*, Dunk.; *Conus tesellatus*, Brug.; *C. acuminatus*, Brug.; *Mitra Pharaonis*, Gén.; *Turbinella nitidissima*, Issel.; *Tridacna elongata*, Lam.; *Cardium magnum*, Chem., etc.

Toutes ces espèces vivent actuellement dans la baie; nous les y avons recueillies

d'hui en ruine, qui limitent dans le sud-est le territoire, on voit encore les traces de plusieurs cordons littoraux successifs; tout l'espace compris entre la route qui conduit à la mer et la ville représente une grande plage soulevée, de telle sorte qu'on est fondé à dire que ce massif entièrement volcanique, qui doit son origine à une longue suite d'éruptions trachytiques et basaltiques, relié aujourd'hui à la côte d'Arabie par une étroite langue de sable, n'était autrefois qu'une île élevée très-rapprochée de terre.

avec les formes suivantes, dont je donne également la liste, la faune de la baie occidentale d'Aden étant encore peu connue, malgré son exceptionnelle richesse.

* *Strombus lentiginosus*, Linn. — I. Flint; de petite taille.

Murex (?) . . . — Littoral de Steamer-point; sur les roches.

Ranella granifera, Lam. — Littoral de Steamer-point; sur le sable.

Fasciolaria trapezium, Lam. — I. Flint.

* *Turbinella rhinoceros*, Linn. — I. Flint; dans le sable.

Buccinum (?) . . . — I. Flint; littoral de Steamer-point; sur les roches.

Eburna (?) (sp. ind.) — Cet échantillon incomplet était roulé sur la plage.

Nassa afra, Phil. — Assez rare; littoral de Steamer-point.

* *Nassa semistriata*, Adams. — Très-rare; littoral de Steamer-point (*espèce méditerranéenne*).

* *Purpura persica*, Lam. — I. Flint (un seul individu).

Purpura hippocastanum, Lam. — Très-abondant; entre le niveau de la haute et basse mer; de partout.

Planaxis griseum, Broch. (*Planaxis Savignyi*, Desh.). — Très-abondant; de partout.

Planaxis Menkeanus, Dunk. — Moins abondant que les deux espèces précédentes; mêmes gisements.

Magilus antiquus, Monf. — Dans un madrépore roulé sur la plage.

Magilus (sp. ind.) . — Id.

Conus arenatus, Brug. — A la basse mer; I. Flint.

Conus nemocanus, Brug. — Id.

Conus quercinus, Brug. — Id.

Conus textile, Linn. — Id.

* *Conus gubernator*, Brug. — Id.

Conus lividus, Brug. — Entre le niveau de la haute et basse mer; I. Flint et littoral de Steamer-point.

Si l'on en croit la description de la presqu'île par Buist, que j'ai déjà cité ⁽¹⁾, on trouverait des preuves d'un exhaussement beaucoup plus considérable, mais aussi plus ancien, dans des amas de projections sous-marines remplies de coquilles fossiles, qui seraient maintenant portés à une grande hauteur sur les flancs du Djebel Shamsan. M. Malcolson ⁽²⁾ cite de même à Steamer-point, à plus de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer, un dépôt coquillier très-étendu; mais je dois dire que je n'ai rien observé de semblable.

Conus litteratus, Linn. — Jeunes et adultes; I. Flint.

* *Conus achatinus*, Schem. — Avec un Bernard-l'Ermite; littoral de Steamer-point.

Conus abbreviatus, Nutt. — Ràs Marbât.

Conus Hebræus, Linn. — Id.

* *Mitra ambigua*, Sw. — Littoral de Steamer-point.

Mitra mosaica, Issel. — I. Flint; dans le sable. Cette espèce n'était encore connue qu'à l'état fossile (*un seul individu*).

Cypræa arabica, Linn. — I. Flint; dans le sable.

Cerithium (?). . . — Littoral de Steamer-point.

Nerita albicilla, Linn. — Sur les roches; littoral de Steamer-point.

* *Nerita Longi*, Recl. — Sur les roches; littoral de Steamer-point; I. Flint.

Turbo Hemprichi, Trosch. — Très-abondant; littoral de Steamer-point.

Trochus noduliferus, Lam. — I. Flint et littoral de Steamer-point.

Clanculus Pharaonis, Linn. — Sur les algues; littoral de Steamer-point.

Bulla ampulla, Linn. — Sur le sable; I. Flint; à la basse mer.

* *Bulla* (*Athys*) *naucum*, Linn. — Sur le sable; I. Flint; à la basse mer.

Arca (?). . . — Fixée par son byssus aux rochers sous les algues; I. Flint.

Chama (?). . . — Adhère aux rochers; I. Flint.

Cytherea Savignyi, Jonas (*Circe pectinata*, Linn.). — Dans le sable; littoral de Steamer-point.

* *Tellina spectabilis*, Hanl. — I. Flint. Cette espèce n'est pas complètement identique à l'espèce d'Hanley; ses côtes sont beaucoup plus flexueuses.

(Les espèces dont le nom est précédé d'un astérisque n'avaient pas encore été signalées dans le golfe d'Aden.)

⁽¹⁾ *Journal of Bombay Roy. Asiat. Soc.*, n° 6; 1843.

⁽²⁾ Chronique du journal *l'Institut*, 18 décembre 1844.

Le calcaire de formation actuelle a déjà acquis assez de solidité pour pouvoir servir de pierre de construction; on l'utilise encore, avec les gros madrépores roulés de la plage, pour fabriquer une chaux d'assez mauvaise qualité, que les indigènes emploient pour blanchir leurs maisons. Il se divise en gros bancs compactes, très-coquilliers, et repose sur les roches volcaniques, dont il empâte également de nombreux débris.

C'est la seule roche sédimentaire de la presqu'île, qui se trouve être ainsi presque uniquement constituée par des roches éruptives récentes. Nulle contrée, je crois, n'en montre, réunie sur un petit espace, une pareille diversité; les trachytes et les phonolithes, avec leur cortège habituel de conglomérats, de ponces et d'obsidiennes, les basaltes et les laves basiques se montrent là dans leur ordre régulier de succession et comportent un nombre infini de variétés. C'est un cycle éruptif des plus complets.

Les hautes montagnes du Djebel Shamsan sont des plus intéressantes à parcourir sous ce rapport; les traces des phénomènes éruptifs s'y étalent dans toute leur puissance, le roc y est partout à vif; pas d'altérations sensibles à la surface, pas le moindre sol, pas la moindre végétation, partout l'image de la stérilité et la désolation absolue. Ce sont là les effets d'un soleil implacable et d'une sécheresse presque continuelle (¹). On suit de l'œil à travers tous les massifs, aussi loin que la vue peut aller, toutes les coulées qui se sont étagées pour leur donner leur relief actuel;

(¹) Il ne pleut jamais ou presque jamais à Aden. Pendant notre premier séjour, les nuages bas et épais que chaque matin nous voyions venir du large, poussés par les vents, et qui semblaient vouloir nous apporter une pluie bienfaisante, arrivaient à peine au-dessus de nos têtes en rade de Steamer-point: dès qu'ils s'approchaient de la terre, ils étaient immédiatement volatilisés, par suite du rayonnement, et disparaissaient comme par enchantement. Il paraît qu'en décembre la pluie peut quelquefois s'éta-

les dykes et les filons qui les ont traversés s'y distinguent facilement à leurs colorations vives, souvent rutilantes, toujours nettement accusées. La surface des laves noires qui s'étalent sur leurs pentes paraît aussi nette et aussi fraîche que si les coulées s'étaient consolidées de la veille.

De toutes les roches qui se trouvent là, les plus anciennes sont de nature trachytique. J'ai déjà dit qu'elles y jouaient le rôle important; ce sont elles, en effet, qui donnent à la presque île son relief si accidenté et si souvent décrit. Elles s'y présentent d'abord sous forme de masses ou de dykes volumineux, qui paraissent être venus au jour à l'état pâteux à travers de larges fentes, dégagées de l'appareil des volcans modernes. D'autres se sont ensuite étendues en nappes, et leur émission a dû être accompagnée de projections violentes, ainsi que l'attestent les conglomérats qui s'y trouvent maintenant intercalés. Dans une seconde période, des phonolithes sont apparues, traversant de part en part les massifs déjà consolidés; puis de véritables laves trachytiques se sont épanchées, et leur sortie a été précédée par de nouvelles projections de nature ponceuse, que des obsidiennes recouvrent par place.

A ces dernières ont succédé des laves basaltiques noires, plus ou moins compactes, disposées en dykes ou en nappes plutôt qu'en coulées proprement dites; enfin les dernières éruptions ont donné lieu à de véritables laves très-fluides, dont les coulées se sont étendues jusqu'à la mer.

blir pendant plusieurs jours. Toute l'eau qui tombe, glissant rapidement sur les pentes, est alors soigneusement recueillie. Les ravins profonds, très-encaissés, qui drainent les hautes montagnes circulaires au centre desquelles se trouve la ville d'Aden, ont été aménagés dans ce but et divisés en une suite de grands bassins ou de citernes qui peuvent contenir des millions de mètres cubes d'eau.

Maintenant qu'à l'aide des procédés d'analyse microscopique on peut arriver à une connaissance parfaite de la structure intime des roches, et qu'on a reconnu de la sorte les relations qui existent entre cette structure (1) et leur âge, il devenait intéressant de suivre les modifications qui se sont faites dans des produits éruptifs si divers, venus au jour pour ainsi dire les uns au-dessus des autres dans un espace restreint, de rechercher s'ils étaient absolument distincts ou s'ils se liaient au contraire entre eux par une suite, non interrompue, de transitions ménagées. C'est à ce point de vue surtout que je les ai étudiés; je vais les décrire successivement en suivant l'ordre naturel, c'est-à-dire en commençant par les plus anciens.

Massif trachytique.

Les roches du massif trachytique d'Aden appartiennent soit aux trachytes quartzifères, tels que les a définis le professeur Zirkel (2), soit à des trachytes éminemment feldspathiques, dans lesquels la sanidine se trouve associée à une ou plusieurs espèces de feldspaths tricliniques. Les unes sont franchement cristallines; les autres prennent une structure porphyroïde, deviennent parfois euritiques et passent alors à des variétés argiloïdes dans lesquelles on ne distingue à l'œil nu aucun élément cristallisé; toutes se distinguent par leur coloration claire, rougeâtre ou violacée. Elles sont largement développées sur le flanc nord du Djebel Shamsan, et la route en lacet qui monte du littoral vers le

(1) MICHEL LÉVY, *Mémoire sur les divers modes de structure des roches éruptives* (*Annales des Mines*, t. VIII, p. 337-438; 1875).

(2) *Lehr. der Petrog.*, 1866.

col où se trouvent établies les portes de la ville les traverse dans presque toute son étendue.

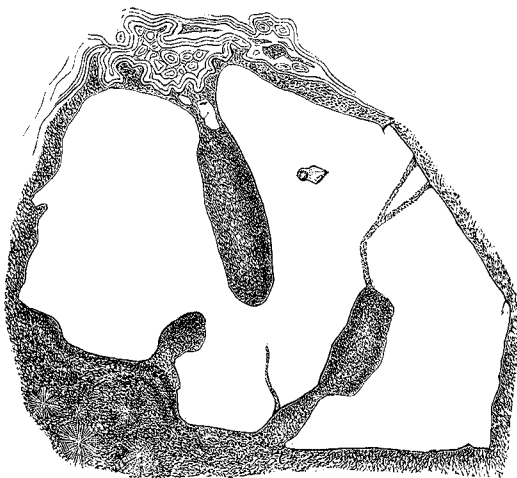
La plus ancienne se rapporte à un trachyte quartzifère typique, formé d'une pâte rougeâtre compacte, au milieu de laquelle on distingue, en proportions presque égales, des grains de quartz vitreux et des cristaux de sanidine très-aplatis, simples ou maclés, dont les faces de clivage paraissent fendillées et miroitantes. Fréquemment cette roche se montre traversée par de petites veinules de calcédoine, dues à des infiltrations secondaires. Au delà des portes, vers Aden, ce même trachyte perd son apparence porphyroïde, devient plus cristallin, et les fissures de la roche, au lieu d'être remplies de calcédoine, sont alors tapissées de cristaux lamelleux de gypse, qui forment sur leurs parois comme un vernis brillant.

Dans les lames minces, sous le microscope, ces cristaux de quartz, nombreux et très-distincts, se montrent comme étant d'origine ancienne ; ils portent tous la trace d'actions chimiques et mécaniques intenses, subies sans doute pendant l'épanchement de la roche, qui les a amenés tout consolidés. Leurs bords usés, profondément corrodés, ne présentent plus que des traces d'arêtes rectilignes ; leurs contours semblent déchiquetés, et dans les dépressions ainsi produites la pâte de la roche est venue se loger, pénétrant parfois bien avant dans l'intérieur du cristal. Parfois ces cavités ne communiquent au dehors que par un étroit canal, large de $0^{\text{mm}},005$ à peine ; quand ce petit pédoncule a été enlevé dans la coupe, par le fait même de l'usure de la plaque, et c'est le cas le plus fréquent, le quartz semble contenir de véritables inclusions de pâte : on serait alors tenté de croire qu'il est contemporain de la consolidation de la roche, tandis qu'il est, au contraire, beaucoup plus ancien. La roche présente, en effet, une

structure fluidale très-marquée, et les fines granulations de la pâte, qui marquent son mouvement d'écoulement, contournent ces cristaux de telle façon, qu'il est facile de voir que déjà leurs cavités avaient été remplies avant qu'ils aient obéi à l'entraînement général.

Des inclusions vitreuses peu abondantes, mais parfaitement nettes, limpides et souvent à contours, polyédriques, se voient à côté des précédentes et témoignent de la nature bien différente du milieu dans lequel ce quartz a pris naissance.

Fig. 2.



Quartz corrodé dans le trachyte d'Aden.
Grossissement : 120 fois.

Les cristaux de sanidine, assez allongés, tantôt simples, tantôt groupés suivant la loi de Carlsbad, sont de même fortement altérés et presque toujours corrodés sur une de leurs faces. Leurs contours sont nettement accusés par des oxydes de fer, notamment par de l'hématite, qui dessine autour d'eux une bordure d'un rouge brun très-foncé et qui s'est encore infiltrée dans les

cristaux, à travers les plans de clivage, où elle a cristallisé en belles paillettes hexagonales, d'un beau rouge foncé, non dichroïques. Ils renferment des inclusions vitreuses identiques à celles signalées dans le quartz, et par conséquent ont dû prendre naissance dans le même milieu; nous venons déjà de voir qu'ils avaient été soumis aux mêmes corrosions. Leur action sur la lumière polarisée est extrêmement affaiblie; aussi n'est-il pas étonnant de trouver dans leur composition chimique des modifications importantes qui viennent nous éclairer sur la nature des altérations qu'ils ont subies. Ces cristaux, extraits à l'aide d'une forte loupe du sein de la roche pulvérisée, examinés ensuite au microscope polarisant, afin d'en supprimer les parties trop ferrugineuses ainsi que les petites particules de quartz qui avaient pu se glisser parmi eux, ont présenté la composition suivante :

Silice.....	63,40
Alumine.....	17,73
Oxyde de fer.....	1,55
Chaux.....	0,78
Soude et potasse (par différence).....	16,16
	<hr/>
	99,62

qui donne, comme rapports atomiques, 1 : 3 : 11, au lieu de 1 : 3 : 12, formule habituelle de l'orthose. L'oxyde de fer en excès provient évidemment de l'hématite; mais une grande proportion de silice en a été enlevée.

Ce sont là les seuls éléments cristallins de la roche, car on ne peut y noter la présence de l'amphibole (hornblende) que d'une façon tout à fait accidentelle; ils paraissent noyés dans une pâte pétrosiliceuse rougie par les oxydations, entremêlée de petites bandes fluidales limpides, à contours indécis, qui se résout par places, sous les nicols croisés, en sphérolithes à structure radiée,

s'éteignant quatre fois pour une rotation totale de la plaque. Il apparaît alors de la façon la plus nette que la matière qui imprègne les sphérolithes n'est autre que celle des petites traînées limpides, qui s'illuminent elles-mêmes faiblement, car leurs extinctions sont simultanées. En suivant attentivement ces dernières, on les voit passer par une suite de transitions ménagées à de petites concrétions hyalithiques des plus nettes, dont le centre est souvent occupé par un cristal de tridymite. La figure reproduite plus haut (*fig. 2*) montre précisément, à sa partie inférieure, une de ces bandes hyalithiques contournant le cristal de quartz. D'autres fois, la tridymite s'isole au milieu d'une matière absolument amorphe (*fig. 3*); sans action sur la lumière polarisée,

Fig. 3.



Grossissement : 220 diamètres.

chargée de petits granules irréguliers, et qui n'est encore qu'une variété d'opale. Ces faits nous éclairent sur les phénomènes qui se sont passés au moment de la consolidation de la roche, en nous indiquant que de l'opale s'est alors séparée du magma qui constituait la pâte.

Cette roche présente de grandes analogies avec un trachyte quartzifère du district de Schemnitz (Hongrie), connu sous le nom de *roche de la Clotilde-Kluft*, dont le gisement a été étudié et décrit par MM. Zeiller et Henry, ingénieurs des Mines (¹).

(¹) H. ZEILLER et A. HENRY, *Mémoire sur les roches éruptives et les filons métallifères du district de Schemnitz* (*Annales des Mines*, t. III, p. 74; 1873).

Cette dernière possède, en effet, la même composition minéralogique et la même texture, avec cette différence que les globules à extinction y sont beaucoup plus nets; la substance cristallisée qui les imprègne forme, en outre, autour des cristaux de quartz anciens, des bordures régulières qui s'illuminent et s'éteignent en même temps qu'eux (¹). Ces auréoles autour des quartz manquent complètement dans le trachyte d'Aden.

Les analyses chimiques de ces deux roches concordent également de la façon la plus frappante :

	Analyse de la Clotilde-Kluft, par M. Zeiller.	Analyse du trachyte quartzifère d'Aden (C. V.).
Silice.....	74,25	76,17
Alumine.....	13,87	11,95
Oxyde de fer.....	0,87	2,78
Chaux.....	0,75	1,09
Magnésie.....	»	traces
Potasse.....	5,37	4,60
Sonde.....	3,02	3,00
Perte au feu.....	0,75	0,63
	<u>98,88</u>	<u>100,22</u>

Ces analogies entre deux roches dont les gisements sont si éloignés sont d'autant plus remarquables qu'elles ne constituent pas un fait isolé. Toutes celles que je vais maintenant décrire ont de même leurs équivalents dans certaines roches de la Hongrie, cette terre classique des éruptions trachytiques, ainsi que j'ai pu le reconnaître en examinant, comparativement avec elles, deux belles séries de ces roches mises obligeamment à ma disposition

(¹) Les cristaux de quartz sont généralement moins corrodés dans la roche de la Clotilde-Kluft, dans laquelle on trouve encore des petits cristaux de pyrite cubique qui n'existent pas dans celle d'Aden.

par MM. Fouqué et Michel Lévy, et provenant, les unes de la collection Beudant, déposée dans les galeries de Minéralogie du Collège de France (¹), les autres des collections recueillies dans le district de Schemnitz par M. Zeiller. Je ne puis m'empêcher de faire remarquer à ce propos combien ces faits sont instructifs et tendent à prouver que les modifications apportées successivement dans la composition et même dans la structure des roches éruptives sont dues à des causes générales dont le résultat a été uniforme sur toutes les roches contemporaines, et non à de pures influences locales, produites soit pendant l'épanchement, soit postérieurement, par suite d'actions secondaires. S'il en était autrement, on s'expliquerait difficilement les relations qui existent si intimes dans ces roches, entre leur structure et leur âge.

Au sortir des gorges, vers Aden, j'ai recueilli dans un talus d'éboulement, à gauche de la route, une variété très-intéressante du même trachyte quartzifère, présentant une belle structure rubanée et se décomposant en zones rectilignes, rosées ou brunâtres, entremêlées de petites bandes incolores, de nature exclusivement siliceuse. La pâte ne contient que fort peu d'éléments discernables à l'œil nu : quelques petits cristaux plats d'orthose vitreux et de très-petits granules quartzeux ; mais elle paraît se décomposer en globules arrondis très-distincts, surtout dans les bandes colorées. Au microscope, cette pâte, de nature essentiellement pétrosiliceuse, se résout en petits sphérolithes qui s'éteignent totalement dans la lumière polarisée comme les précédents, et qui paraissent s'être formés alors que la roche était encore douée d'une certaine mobilité, car ils sont manifestement influencés par la fluidalité, qui les a orientés suivant des directions

(¹) *Voyage minéralogique en Hongrie.*

déterminées. La substance pétrosiliceuse y apparaît disposée en longues traînées sinueuses, assez larges, diversement colorées, et séparées par de petites bandes incolores, en apparence vitreuses, mais qui exercent en réalité une action notable sur la lumière polarisée. Ce sont là les petites bandes hyalines qui sont si distinctes à l'œil nu.

En suivant attentivement les traînées pétrosiliceuses, on les voit présenter par places d'assez forts renflements dont le centre est alors occupé par une sorte de boutonnière, au milieu de laquelle s'isole une substance limpide, affectant une disposition zonée, ou le plus souvent se décomposant en globules très-nets, à contours parfaitement limités. Ces globules se distinguent surtout bien nettement dans la lumière polarisée, car ils s'illuminent brillamment, s'éteignent quatre fois pour une rotation totale de la plaque et se comportent ainsi comme une substance entièrement cristallisée. Leur diamètre varie de $0^{\text{mm}},02$ à $0^{\text{mm}},15$. Ils appartiennent à cet état globulaire particulier du quartz signalé pour la première fois par M. Michel Lévy dans certains porphyres euritiques du Morvan⁽¹⁾ (porphyres euritiques roses des Settons et de Cussy, en Morvan). Les sphérolithes pétrosiliceux sont en relation constante avec les globules de quartz, et la substance qui les imprègne est la même que celle qui, en excès, s'est isolée ainsi à l'état sphéroïdal. Les sphérolithes et les globules voisins possèdent, en effet, presque toujours la même orientation cristallographique, et leur extinction a lieu simultanément⁽²⁾.

(1) *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, séance du 27 décembre 1876; *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. V, p. 141.

(2) J'ai déjà signalé ces faits intéressants dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, tome V, page 146, afin de montrer leur parfaite concordance avec les théories précédemment émises par M. Michel Lévy sur l'individualisation de la silice dans les

Les trachytes quartzifères, au delà des portes d'Aden, viennent s'adosser à une roche à peu près semblable, mais d'apparence plus euritique, et dans laquelle les cristaux de quartz sont très-

sphérolithes. Je crois qu'il ne sera pas inutile de rappeler ici que ces sphérolithes, si fréquents dans les roches acides à pâte pétrosiliceuse, sont dus à une condensation de la silice qui s'est isolée de la pâte même de la roche en prenant la forme globulaire ; les fines granulations de la substance pétrosiliceuse ont été entraînées dans ce mouvement, et souvent orientées de telle sorte qu'elles dessinent dans les globules une structure radiée ou plus rarement des zones concentriques d'accroissement. L'opale possède une grande tendance à se condenser ainsi en globules, qui sont doués d'une inégale tension du centre à la périphérie, et par suite présente dans la lumière polarisée le phénomène de la croix noire, c'est-à-dire que sous les nicols croisés le globule paraît traversé par une croix noire, de la forme dite *croix de Malte*, dont les deux branches sont situées dans les plans principaux des nicols, et qui reste immobile quand on fait tourner la préparation ou semble se déplacer, au contraire, quand on met en mouvement l'un des prismes. Tout porte à croire que les sphérolithes qui présentent ce phénomène de la croix sont alors imprégnés d'opale. Mais d'autres fois, dans les mêmes circonstances, les sphérolithes se comportent tout autrement : leur structure radiée, au lieu de disparaître, s'accuse au contraire davantage ; ils paraissent traversés par de fines aiguilles alternativement noires, brillantes, disposées comme autant de rayons ; ce sont là les caractères optiques de la calcédoine (mélange intime de quartz amorphe et de quartz cristallisé). Enfin, d'autres encore s'éteignent quatre fois, à angles droits, pour une rotation complète de la plaque, comme les substances cristallisées qui possèdent une orientation cristallographique unique. On est forcé d'en conclure qu'ils sont formés de silice entièrement cristallisée (quartz globulaire).

Dans les roches acides anciennes, cette structure sphérolithique est le propre des porphyres ; M. Michel Lévy a montré que l'état de la silice dans ces sphérolithes est en relation intime avec l'âge de ces diverses roches et se présente ainsi successivement : quartz cristallisé, calcédoine, opale. De la sorte les sphérolithes à extinction totale sont un indice d'ancienneté par rapport aux sphérolithes à croix noire. Les premiers se rencontrent surtout dans les porphyres houillers, tandis que les seconds caractérisent les porphyres permien et triasiques.

Dans les roches acides récentes, qui forment par rapport aux précédentes une série récurrente, les trachytes quartzifères (rhyolithes, porphyres trachytiques de Beudant) présentent de même cette structure sphérolithique et correspondent aux porphyres de la série ancienne. Nous allons voir plus haut que la silice isolée dans la pâte s'y montre, de même, de moins en moins cristallisée.

peu nombreux; elle paraît plus récente. A la lumière transmise, les plaques minces ne montrent d'autres différences qu'une diminution sensible dans les dimensions des éléments constituants, qui sont les mêmes que précédemment, et disséminés dans une pâte granuleuse rougeâtre très-développée. Mais à la lumière polarisée ces différences deviennent grandes, la pâte s'éteint presque complètement, ne se résout plus que par places en sphérolithes, ou même en globules qui, au lieu de s'illuminer et de s'éteindre alternativement quand on fait tourner la préparation, présentent au contraire le phénomène de la croix noire. L'opale est abondante dans toute la roche (1).

Ces trachytes, qui ne doivent être considérés que comme deux variétés de la même roche, correspondant à deux phases successives d'épanchement, sont traversés, surtout au milieu des gorges, par un certain nombre de filons plus ou moins épais (de 2^m, 10 à 3 mètres), formés d'une nouvelle roche trachytique dont l'aspect n'est pas très-différent, mais dont la composition minéralogique n'est plus la même.

Le premier de ces filons, en venant d'Aden, a 2^m, 20 de puissance; la roche qui le remplit est compacte, d'un gris clair, mouchetée de petits points jaunâtres qui se transforment en véritables taches ou s'allongent en petits filets vers les salbandes; le centre du filon présente des parties moins serrées, d'un grain moins fin, qui deviennent même un peu bulleuses. Toutes ces petites vacuoles

(1) Cette nouvelle roche est de son côté identique avec certaines variétés de trachytes quartzifères de la vallée d'Eisenbach (district de Schemnitz), qui présentent de même ce phénomène de la croix. L'analogie est si grande qu'elle se poursuit jusque dans les moindres détails de la texture de la roche. Dans les quartz, les inclusions sont absolument les mêmes; celles qui sont vitreuses semblent formées de la même substance amorphe: c'est encore là un fait qu'il importe de signaler.

clair-semées sont alors remplies par une matière jaune qui doit être rapportée, de même que celle des taches, à une variété de chlorite. On n'y distingue plus de quartz, mais seulement deux sortes de cristaux de feldspath, les uns irréguliers, très-brillants, mais peu développés, les autres beaucoup plus nets, à éclat gras, très-allongés et solidement soudés à la roche.

Au microscope, les premiers se reconnaissent pour de la sanidine; ils se présentent en belles sections rectangulaires, souvent maclées suivant la loi de Carlsbad; leur aspect craquelé et les fines granulations qui, par places, troublent leur transparence, indiquent un commencement de décomposition. Les seconds appartiennent au système triclinique et se composent d'un grand nombre de lamelles hémitropes, accolées parallèlement à g^1 , qui s'éteignent entre les nicols croisés sous un angle de 2 à 3 degrés, par rapport à leurs arêtes longitudinales. Ce sont là les caractères qu'on sait appartenir à l'oligoclase, depuis les belles recherches de M. Des Cloizeaux sur les propriétés optiques des principaux feldspaths tricliniques (¹).

Cette détermination, pour être établie plus sûrement, avait besoin d'être contrôlée par une analyse chimique. Après avoir fait passer sur la platine du microscope polarisant, à un faible grossissement, une certaine quantité de roche pulvérisée et réduite en petits fragments d'égale grosseur par un tamisage, j'obtins 2 grammes de petits cristaux tricliniques parfaitement purs, dont la composition fut exactement celle de l'oligoclase, ainsi qu'on peut en juger par les résultats suivants.

(¹) DES CLOIZEAUX, *Mémoire sur les propriétés optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques, et sur un procédé pour les distinguer immédiatement les uns des autres* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, t. IV, 1875).

Silice.....	61,44
Alumine	21,53
Oxyde de fer.....	3,25
Chaux.....	5,32
Magnésic.....	0,26
Soude.....	6,71
Potasse.....	1,36
	<hr/>
	99,87

Rapport de l'oxygène de la silice et des bases monoxydes.....	1:3,9
Densité.....	2,75

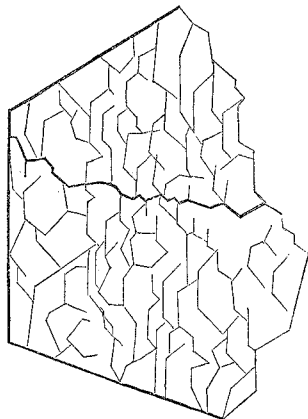
La sanidine, bien moins abondante que l'oligoclase, est toujours corrodée, entourée et comme pénétrée d'une chlorite fibreuse, qui se colore, entre les nicols croisés, des nuances les plus vives. On retrouve ce même produit d'altération dans toute la roche, où il se trouve disséminé, tantôt en granulations fines, tantôt en plages assez étendues, sans contours bien définis, d'où part comme un réseau de filets minces qui s'entre-croisent dans toutes les directions; c'est à lui que sont dues les teintes jaunâtres signalées précédemment.

La pâte de la roche est presque entièrement cristallisée; elle se compose d'un grand nombre de microlithes feldspathiques alignés et disposés en petites traînées fluidales au milieu d'une matière vitreuse incolore, du sein de laquelle se détache en noir velouté tout un semis de petits granules de magnétite, dont on voit aussi quelques sections rectangulaires ou losangiques très-nettes. Ces microlithes allongés ont une épaisseur moyenne de $0^{\text{mm}},002$ sur une longueur de $0^{\text{mm}},03$. Ils sont très-brillants, ce qui indique un indice de réfraction élevé, et s'éteignent dans la lumière polarisée quand leurs arêtes longitudinales font avec la section principale de l'un des nicols un angle de 7 à 8 degrés;

tout porte à croire qu'ils se rapportent à l'espèce albite (¹). Ils représentent une seconde phase de cristallisation, produite dans la roche au moment de son épanchement, et provoquée sans doute par les dégagements gazeux, par les mouvements subis, qui ont apporté dans le magma fluide une rupture d'équilibre et, par suite, la séparation des éléments chimiques.

Parmi les éléments de consolidation secondaire, le microscope révèle encore l'extrême abondance de la tridymite. Mais ce minéral n'est pas distribué uniformément dans la pâte comme les microlithes précédents; il forme de petits amas ou des traînées, très-développées dans les parties centrales du filon, où ses lamelles imbriquées si caractéristiques (*fig. 4*) atteignent parfois de grandes dimensions.

Fig. 4.



Tridymite dans un dyke trachytique d'Adon (grossissement : 120 fois).

Dans les salbandes, cette tridymite n'est plus aussi distincte,

(¹) Il eût été impossible de songer à isoler, pour en faire une analyse, des cristaux de cette dimension; en soumettant les plaques minces à une ébullition prolongée dans l'acide chlorhydrique, on constate qu'ils ne s'altèrent en aucune façon.

mais là on peut surprendre son mode de formation; on voit qu'elle fait suite à de petites veinules d'opale et se relie à cette variété de silice par une série de transitions ménagées. Cette séparation de la silice s'est faite au sein de la roche avant sa consolidation définitive; elle doit être attribuée aux dégagements de vapeur d'eau qui se sont faits surtout dans les parties centrales du dyke, restées fluides alors que les parties extérieures étaient déjà refroidies. On ne saurait, en effet, attribuer ces phénomènes sili- ceux à des infiltrations venues du dehors, car les canaux qui auraient servi à la circulation des eaux chargées de silice se retrouveraient et ces dépôts auraient naturellement envahi de prime abord les nombreuses fissures qui traversent les salbandes, tandis que ce fait n'a pas lieu.

Les filons qui suivent sont beaucoup moins épais (0^m,40 à 0^m,60). La roche qui les remplit paraît de même nature, avec cette différence qu'elle est généralement rougeâtre, plus compacte, presque jaspoïde, et que les taches chloriteuses y sont moins distinctes. Au microscope, elle apparaît entièrement cristallisée et se montre composée des mêmes microlithes albitiques; mais ils sont alors enchevêtrés confusément sans matière amorphe, intercalée, sans le moindre indice de fluidalité, ce qui dénote une prise en masse, pour ainsi dire subite, après le mouvement d'ascension. Les grands cristaux de consolidation ancienne, fer oxydulé, oligoclase et sanidine, se montrent avec des formes beaucoup plus nettes et ne portent pas de traces d'altération; les cristaux de sanidine surtout, qui sont si corrodés dans le filon précédent, sont ici très-nombreux, parfaitement terminés et d'une grande pureté. La tridymite y fait absolument défaut. Ce fait s'accorde avec ce que je viens de dire précédemment de la solidification subite de cette roche aussitôt son épanchement; elle a

ainsi échappé aux actions oxydantes qui ont agi si énergiquement sur le précédent filon.

A l'extrémité opposée des gorges, on remarque un nouveau dyke, presque aussi épais que le premier, qui devient tout à fait analogue. La chlorite y est seulement beaucoup plus abondante et se trouve associée à du carbonate de chaux.

La substance magnésienne et hydratée que je désigne ici sous le nom de *chlorite* se présente en petites masses onctueuses, d'un jaune de soufre, qui se montrent au microscope comme un produit de décomposition du feldspath (1). Ses contours sont toujours limités par les cristaux qu'elle enchâsse : elle est fibreuse et se résout, sous les prismes de Nicol croisés, en un certain nombre de sphérolithes, polarisant vivement la lumière, et présentant le phénomène de la croix noire, quand les groupements étoilés sont complets.

Il importe de faire remarquer la nature exclusivement feldspathique de ces roches filoniennes, en même temps que cette association curieuse d'un feldspath monoclinique à deux feldspaths tricliniques parfaitement distincts. L'analyse d'un échantillon d'un de ces dykes, choisi parmi les moins altérés, m'a fourni les résultats suivants :

(1) Ce mode de décomposition du feldspath en une matière stéatiteuse a déjà été signalé par beaucoup de micrographes (NAUMANN, *Lehrbuch der Geognosie*, p. 729; 1858).

Silice.....	72,52
Alumine.....	9,47
Oxyde de fer.....	4,33
Chaux.....	1,60
Magnésie.....	0,95
Potasse.....	2,19
Soude.....	8,83
	<hr/>
	99,89
Perte au feu.....	0,96
Densité.....	2,61

La grande proportion de soude dénotée par cette analyse tend encore à prouver que le feldspath microlithique, si abondant dans la pâte, appartient bien à l'albite.

Immédiatement au sortir des gorges on rencontre de nouvelles roches trachytiques, tantôt compactes et rougeâtres, tantôt légèrement vacuolaires et nuancées de bandes alternativement grises et violacées, tantôt enfin presque terreuses et passant, par suite d'une décomposition due aux agents atmosphériques, à une sorte d'argile qui se laisse entamer au couteau. De nombreuses fissures, remplies de carbonate de chaux ou de gypse, les traversent dans tous les sens. Ces roches, adossées aux précédentes, paraissent plus récentes qu'elles et ne présentent pas de parties cristallines à l'œil nu. Il est difficile d'en obtenir des coupes minces, bien transparentes, à cause des oxydes de fer qui les pénètrent et masquent tous les détails de leur structure; on n'y distingue guère de cette façon que des produits d'altération, des zéolithes, et surtout de nombreuses concrétions calcaires. Quelquefois, dans des parties moins opaques, on discerne une pâte pétrosiliceuse, non cristalline avec quelques cristaux allongés de feldspath, mal définis; mais pour arriver à des notions plus exactes sur leur structure, aussi bien que sur la nature des élé-

ments qui les constituent, il faut soumettre les plaques minces à une ébullition prolongée dans l'acide chlorhydrique étendu; tous les produits d'altération, oxydes de fer, zéolithes, carbonate de chaux, facilement attaquables, disparaissent et laissent la roche primitive à peu près intacte. On la voit alors constituée par une pâte finement granuleuse, complètement amorphe, au milieu de laquelle s'isolent des microlithes très clair-semés d'un feldspath triclinique qui paraît encore être de l'albite; elle présente, en outre, comme éléments de consolidation ancienne, quelques rares cristaux à sections et à clivages rectangulaires qui doivent se rapporter à la sanidine. Tous les éléments ferrugineux de la roche ont été enlevés.

Plus loin, un peu après le premier poste de police, la route entame un monticule peu élevé, où l'on reconnaît cette même roche moins altérée. Elle se fait remarquer là par une grande ténacité; son grain fin et homogène lui donne une apparence euritique. De grands cristaux de sanidine, fréquemment maclés suivant la loi de Baveno, y sont particulièrement nets et abondants. Dans le magma de consolidation récente, aux microlithes albitiques viennent s'ajouter des petits prismes aiguillés d'actinote, d'un beau vert pâle, et quelques octaèdres de fer oxydulé. Enfin la tridymite, dont on pouvait déjà soupçonner la présence dans les plaques minces de la roche précédente après leur traitement par l'acide, y est fréquente.

Cette même tridymite se remarque encore dans une nouvelle roche trachytique des plus intéressantes, que je n'ai pu voir en place, mais qui se trouve à l'état de fragments plus ou moins volumineux (depuis la grosseur du poing jusqu'à celle de la tête) dans des conglomérats volcaniques épais, disposés en lits presque horizontaux, au milieu des escarpements contre lesquels se

trouvent adossées les distilleries et les fabriques de glaces, sur le littoral, en face de l'îlot Flint. Cette roche, d'une belle coloration brune et d'apparence zonée, mériterait à plus d'un titre l'appellation de *rhyolithe*, dans le sens même que lui a attribué von Richthofen ; elle possède, en effet, une belle structure fluidale, qui ne le cède en rien à celle de certaines roches vitreuses. Sa cassure est nette, conchoïde, comme celle de toutes les roches riches en silice. Il est facile d'en obtenir des plaques d'une minceur extrême, à cause de sa grande ténacité.

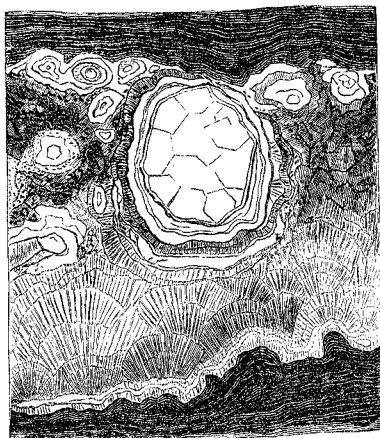
Au microscope, elle apparaît composée de bandes rubanées, alternativement foncées et claires, les unes et les autres bien homogènes, n'ayant qu'une action faible sur la lumière polarisée. Les bandes claires surtout restent complètement éteintes entre les nicols croisés, tandis que les parties plus foncées, d'une belle coloration jaune à la lumière simple, s'illuminent encore faiblement et paraissent comme parsemées de petits points brillants. Quelques parties calcédonieuses jettent une vive lueur dans cet ensemble, d'où se détachent encore des parties cristallines, composées d'un amas de minéraux, plus ou moins enchevêtrés, entraînés dans les bandes fluidales. Des cristaux d'orthose cassés et corrodés dans tous les sens, des silicates ferrugineux, pyroxène, amphibole, de la magnétite, profondément altérés eux-mêmes, entourés et pénétrés par des oxydes de fer à divers degrés d'oxydation et d'hydratation forment ces amas, qui se trouvent cimentés par de l'opale (*Pl. I, fig. 2*).

Soit dans les bandes hyalines dont je viens de parler (*fig. 5*), soit surtout autour des amas de cristaux d'orthose, l'opale présente les deux modes d'individualisation suivants :

1° Au sein d'une masse gélatineuse, absolument amorphe, on remarque de petits globules qui prennent naissance les uns à côté

des autres et finissent par se grouper en s'entourant de petites bandes concentriques, qui simulent des zones d'accroissement : c'est la forme bien connue et bien caractéristique de l'*hyalite*.

Fig. 5.



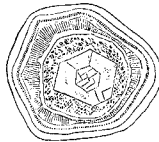
Opale, tridymite et calcédoine dans le trachyte rhyolithique d'Aden. (Grossissement 170 d.)

L'action sur la lumière polarisée est encore nulle, ou du moins à peine sensible. Mais bientôt, par suite d'une compression réciproque, les globules se déforment et prennent des contours polyédriques ; chacune des bandes dont ils se composent se montre alors, sous les nicols croisés, avec une nuance particulière, par suite de différences d'élasticité, et devient ainsi distincte. A un degré d'individualisation plus avancé, le centre du globule (*fig. 6*), dont les contours sont devenus hexagonaux, est occupé par un cristal de tridymite. C'est ce passage de l'opale à la tridymite que j'avais déjà signalé tout à l'heure dans les dykes trachytiques latéraux des portes d'Aden.

2° D'autres fois, l'opale gélatineuse perd sa transparence et se charge peu à peu de fines granulations, qui, d'abord isolées,

finissent par se réunir et dessinent soit de longues bandes concentriques, mamelonnées, soit de petites masses sphéroïdales, soit des amas irréguliers qui se découpent vaguement en hexagones, ainsi qu'on peut le voir à l'angle supérieur de la *fig.* 5. Les bandes concentriques et les sphéroïdes prennent ensuite une structure radiée; leurs granules s'allongent et se transforment en fines aiguilles, qui se mélangent de cristaux de quartz élémentaires et s'illuminent faiblement dans la lumière polarisée. Nous sommes alors bien loin du type primitif de l'opale; il devient même difficile de la séparer, à ce nouvel état, de certaines parties franchement calcédonieuses qui se voient dans les mêmes préparations.

Fig. 6.



Grossissement 220 d.

Ces deux transformations particulières de l'opale s'accompagnent constamment et ne vont pas l'une sans l'autre, c'est-à-dire que, le plus souvent, les bandes d'une concrétion hyalitique se chargent de granules ou de petites aiguilles radiées, ainsi qu'on peut le voir dans les *fig.* 5 et 6.

M. Fouqué, soit dans ses leçons professées au Collège de France, soit dans ses belles et importantes recherches sur les laves de Santorin, a montré que l'opale abandonne souvent son état amorphe originel, pour montrer une tendance à la cristallisation. Il a distingué, de ce fait, trois états principaux, intimement liés les uns aux autres, qu'il a dénommés *opale gélatinoïde*, *opale hyalitique*, *opale sphérolithique*. Les phénomènes siliceux

qui s'observent dans la roche d'Aden viennent fournir à ces théories une nouvelle confirmation.

Phonolithes. — Les conglomérats trachytiques qui précèdent sont traversés et recouverts par une phonolithe rougeâtre qui s'est épanchée à travers deux larges fissures, larges de 10 à 15 mètres, très-rapprochées l'une de l'autre. Cette nouvelle roche, généralement très-compacte, se délite en longues dalles sonores et donne lieu, à l'extrémité de chacun de ses filons, à une succession de pics aiguillés; elle paraît avoir exercé une action assez énergique sur les roches encaissantes, qui sont profondément modifiées au contact.

Au microscope, cette phonolithe montre parmi ses éléments anciens, en débris, de belles sections de sanidine (2 à 3 millimètres sur 1 millimètre), présentant des inclusions vitreuses, quelques lamelles hémitropes très-larges et d'une grande réfringence, dont les angles d'extinction, assez variables, se rapprochent de ceux du labrador, avec des cristaux d'augite beaucoup plus rares. Ces minéraux, très-disséminés, s'espacent au milieu d'une substance incolore, parsemée de petites taches brunâtres dues à des oxydes ferrugineux, qui semble bien homogène et même amorphe à la lumière naturelle, mais s'illumine entre les nicols croisés et se décompose alors en une multitude de petites sections rectangulaires, soigneusement enchevêtrées, qui appartiennent à de la néphéline. La pâte de la roche est ainsi entièrement cristallisée; elle contient en outre de la néphéline, des microlithes de sanidine, dont la présence peut se vérifier par un examen chimique des plaques.

Dans les gorges profondes, où sont établies les citernes, on remarque une phonolithe toute différente, qui ne possède plus la

même structuré lamellaire, mais se présente en masses compactes, sans délit apparent; ses nuances sont grisâtres, avec des taches violacées ou verdâtres. Ces différences s'accroissent encore sous le microscope : la sanidine très-altérée ne présente pas d'inclusions vitreuses; elle s'accompagne de cristaux globuleux de noséane, riches en inclusions; le labrador est remplacé par de l'oligoclase; enfin l'augite et le fer oxydulé sont plus abondants. La pâte qui relie tous ces cristaux n'est plus entièrement cristallisée; elle se compose d'une substance amorphe transparente ou chargée par places de granulations opaques, au milieu de laquelle s'isolent des sections rectangulaires ou surtout hexagonales de néphéline, dont les contours sont souvent peu distincts et seulement accusés par les fines granulations qui se disposent en couronne autour d'elles.

Cette roche est, en outre, pénétrée par une chlorite verdâtre et par de la limonite, qui, par places, masquent complètement tous les détails de sa structure; elle renferme fréquemment, à l'état de petits débris anguleux et profondément altérés, des fragments d'un trachyte, éminemment feldspathique, à sanidine, avec albite, analogue à ceux précédemment décrits.

La phonolithe rouge des distilleries se poursuit, au delà du littoral, dans les montagnes qui forment les contre-forts du Djebel Shamsan : ses pointements singuliers sont alors entourés et même recouverts par de puissantes coulées d'une lave trachytique verdâtre, qu'on retrouve plus loin formant saillie sous les laves noires basiques, dont les moraines frontales ont été entaillées plus ou moins profondément sur le littoral, pour faire passer la route. Au fond de la petite baie qui fait face au mouillage habituel des paquebots, cette nouvelle roche recouvre des amas de ponces et des nappes d'obsidiennes, qui se voient principalement sur tout le revers ouest et sud du monticule situé derrière le Post-Office.

Cette lave trachytique, d'aspect terreux, d'un blanc mat ou légèrement verdâtre, présente une certaine rudesse au toucher. Son grain est très-fin, et ce n'est qu'à la loupe qu'on peut y discerner quelques petites parties cristallines brillantes, de nature feldspathique. Au microscope, elle se montre entièrement cristallisée et se compose exclusivement de microlithes feldspathiques rectangulaires assez allongés, appartenant au système monoclinique et par conséquent à la sanidine, qui se reconnaît encore en grands cristaux, assez purs, simples, exempts d'inclusions. De nombreux prismes aiguillés d'actinote d'un beau vert sont disséminés par toute la roche, dans laquelle on remarque encore quelques rares sections de néphéline. Entre ces cristaux se développe une matière verte, de nature serpentineuse, transparente, qui forme parfois des plages assez étendues, peu dichroïques; c'est là un produit secondaire d'altération, formé aux dépens de l'amphibole; il en est de même d'un oxyde de fer hydraté qui, par places, dans les préparations, trouble la belle transparence de la roche.

Les obsidiennes de Steamer-point ne sont pas franchement vitreuses. M. le professeur Niedzwiedzki les a étudiées avec un soin minutieux, et je n'ai rien à ajouter à la description qu'il en a donnée, si ce n'est que, dans ces roches, les fissures perlitiques m'ont toujours paru beaucoup plus manifestes qu'il ne les a indiquées.

Dans des échantillons qui se trouvent sous forme de boules plus ou moins arrondies à la partie supérieure d'un des amas ponceux dont je vais parler tout à l'heure, ces fissures sont particulièrement nettes, élargies, et d'autant plus visibles, qu'elles se trouvent remplies par une chlorite et par des oxydes de fer très-colorés. La photographie n° 3 de la *Pl. I* montre, à

un grossissement de 80 fois ces globules perlitiques inscrits entre de grandes lignes droites qui traversent la préparation de part en part; ces lignes, qui ne coupent jamais les fissures perlitiques, leur sont antérieures et semblent indiquer que les premières fentes de retrait, dans cette roche, se sont produites suivant des directions rectilignes. Cette obsidienne est entièrement pénétrée par de la calcédoine, qui s'y dispose tantôt en traînées irrégulières, tantôt en concrétions plus ou moins volumineuses, comme celles dont la *fig. 4* de la *Pl. I* reproduit un exemple.

Les ponces blanches et soyeuses qui se voient en amas irréguliers dans la partie basse des escarpements au sud du Post-Office ne présentent en elles-mêmes rien de particulier; elles sont disposées en petits fragments, dont la grosseur ne dépasse pas celle du poing, soudés et pénétrés par du gypse qui leur donne un aspect chatoyant; leur pâte vitreuse, parfaitement transparente et criblée de vacuoles allongées, ne possède pas d'éléments cristallins; mais, parmi ces projections, on remarque de place en place des débris d'une roche qui, par contre, paraît uniquement composée d'un beau feldspath strié, associé à de larges cristaux d'hornblende.

Au microscope, ce feldspath se montre composé de belles lamelles hémitropes, qui polarisent vivement la lumière et se trouvent souvent au nombre de huit à dix sur une largeur de 1 millimètre; ses propriétés optiques sont celles de l'oligoclase: aux faibles grossissements, il paraît rempli de fines inclusions punctiformes, disposées en petites traînées régulières, parallèles au grand axe du cristal, et qui lui donnent un aspect nuageux. Grossies 1200 fois, ces fines granulations deviennent de petits prismes de pyroxène parfaitement réguliers, tantôt courts, tantôt

allongés, associés à de nombreuses petites inclusions vitreuses, qui renferment toutes une bulle de gaz. L'hornblende s'y présente en larges lamelles enchevêtrées, fortement striées, d'un jaune brun assez foncé, très-dichroïques, et plus rarement en sections parallèles à la base, traversées par les lignes de clivage, qui se croisent sous un angle de $124^{\circ},30$. Quelques sections d'augite, simples ou groupées suivant h' , se distinguent des précédentes par une coloration plus pâle et par leurs plans de clivage, qui font entre eux cet angle de 93 degrés si caractéristique de l'espèce. Enfin je dois signaler, au milieu de cette véritable brèche de cristaux, une section octogonale qui présente tout un réseau de petites lignes, ou mieux de petites stries, disposées parallèlement à chacune des arêtes, et qui s'éteint suivant la direction de la face latérale g' , c'est-à-dire dans le sens de son clivage facile, car les stries dont je viens de parler, qui ne sont autre chose que des indices de clivages multiples, sont sensiblement mieux marquées dans cette direction. Ces caractères, joints au manque de dichroïsme, sont ceux de l'enstatite.

Laves basaltiques.

Les roches basiques d'Aden, qui traversent maintenant ou recouvrent les précédentes, présentent moins d'intérêt; elles sont aussi beaucoup moins développées.

Près du littoral de Steamer-point, un beau piton de basalte se dresse, pour ainsi dire tout d'un jet, jusqu'à l'altitude de 156 mètres. Les Anglais l'ont utilisé en le couronnant d'un mât de pavillon; quelques travaux de peu d'importance ont suffi pour isoler complètement et rendre inaccessible ce poste à signaux.

Sur toute sa face sud-est, vers la baie du cimetière, on le voit largement fissuré, traversé par des fentes dont la largeur peut atteindre 1 mètre, remplies d'une roche carbonatée terreuse; sur le revers opposé, on remarque, associés à des téphrines, des amas de pouzzolanes noirâtres qui sont exploités.

La roche du dyke est d'un beau noir, peu compacte, finement poreuse, et montre une tendance marquée à se subdiviser en feuillet. Sa densité et son action énergique sur l'aiguille aimantée indiquent une grande richesse en fer oxydulé. Ce minéral imprègne, en effet, toute la roche, soit à l'état de petits granules ($0^{\text{mm}},005$), soit à l'état de cristaux bien distincts ($0^{\text{mm}},008$). C'est à cette circonstance qu'on doit d'en obtenir difficilement des plaques transparentes. Avec le fer oxydulé, on y distingue encore, au microscope, une infinité de petits prismes d'augite, tantôt courts, tantôt allongés, incolores ou légèrement verdâtres, non dichroïques, qui s'éteignent obliquement dans la lumière polarisée; l'olivine y est rare et toujours en cristaux très-émoussés, plus ou moins altérés. Enfin de nombreux microlithes feldspathiques y dénotent une belle structure fluidale, c'est-à-dire qu'ils sont tous orientés, groupés parallèlement à leurs arêtes et disposés en longues traînées tortueuses. Ces microlithes allongés, brillants, avec des extrémités fourchues, sont salis par quelques petites inclusions opaques; ils s'attaquent légèrement dans l'acide chlorhydrique bouillant, de même qu'un feldspath triclinique en grands cristaux, bien nets ($0^{\text{mm}},5$ sur $0^{\text{mm}},7$), qui présente souvent une macle à 90 degrés; tous deux appartiennent au labrador.

Parmi les produits d'altération, il faut citer la limonite, avec une matière chloriteuse verdâtre et concrétionnée qui tapisse ou remplit les petites vacuoles dont la roche est criblée.

A côté de ce dyke basaltique, la téphrine rougeâtre n'en diffère, au point de vue de la composition, que parce que l'augite y est plus développée et que le fer oxydulé est complètement transformé en hématite. C'est à cette altération que la roche doit sa couleur rouge.

Ce dyke a traversé des laves grises feuilletées, fortement redressées, qui se suivent jusque dans le monticule voisin, où elles affectent une disposition schisteuse tout à fait remarquable.

Ces laves sont sonores, d'un gris blanchâtre sur les surfaces exposées à l'air et presque noires dans les cassures fraîches. Le fer oxydulé y est encore abondant, sous forme de petits grains arrondis de $0^{\text{mm}},003$ ou de petits cristaux cubiques, tantôt isolés, tantôt donnant lieu, par suite de groupements multiples, aux formes les plus bizarres. Avec le pyroxène (augite), qui se trouve rarement en grands cristaux bien nets dans cette roche, mais qui paraît très-répandu en petits grains, de formes très-irrégulières, quatre ou cinq fois plus gros que ceux du fer oxydulé, et qui renferment quelques belles inclusions vitreuses avec bulles, on remarque de belles sections longitudinales d'amphibole (hornblende) plus ou moins corrodées et en débris. Les éléments feldspathiques sont assez complexes et se composent d'un feldspath microlithique très-allongé, en prismes aiguillés, faiblement triclinique, qui s'éteint très-obliquement, et d'un autre feldspath en cristaux toujours microscopiques, mais cependant assez grands et bien nets, qui présente toutes les propriétés optiques du labrador. Ce dernier renferme quelques inclusions vitreuses, du fer oxydulé et de petits cristaux d'augite. Le péridot est très-rare dans la roche; j'y ai remarqué un cristal de sphène. La même matière chloriteuse que celle de la roche précédente s'y voit, avec des oxydes de fer hydratés, mais elle est presque toujours

accompagnée de tridymite, dont la production dans la roche est ainsi liée à celle des actions secondaires.

Après une digestion de vingt-quatre heures dans un bain d'acide chlorhydrique porté à la température de 40 degrés, les oxydes de fer ont entièrement disparu, laissant la roche dans un grand état de netteté; le fer oxydulé a résisté en partie; la chlorite a été seulement décolorée et la tridymite est devenue plus nette; le feldspath microlithique a été fortement attaqué; il a complètement perdu son éclat et son action sur la lumière polarisée, ce qui est le fait de l'anorthite, tandis que le labrador n'a été nullement altéré.

Le feldspath microlithique de cette lave est plus basique que celui qui y existe en grands cristaux; c'est là un fait exceptionnel. Jusqu'à présent le cas inverse s'est toujours présenté dans les roches.

Résumé.

De l'ensemble de ces descriptions il résulte donc que, dans les montagnes trachytiques de la presqu'île d'Aden, on peut reconnaître un certain nombre de roches différentes, appartenant à des types bien distincts, sous le rapport des caractères pétrographiques, mais qui passent des unes aux autres par une série de transitions ménagées et forment ainsi une série éruptive continue. Ce sont :

1° Des *trachytes quartzifères*, disposés par grandes masses centrales dans l'intérieur des massifs, caractérisés par l'état corrodé de leurs éléments anciens, quartz et sanidine, et présentant comme magma de seconde consolidation une pâte pétrosiliceuse dans laquelle la silice, après s'être séparée au début à l'état cristallin (quartz globulaire et calcédoine), ne s'est plus isolée à la fin des éruptions qu'à l'état amorphe (opale);

2° Des *trachytes oligoclasifères avec albite*, en filons au travers des précédents, et dans lesquels la pâte a pour ainsi dire cristallisé en masse (microlithes d'albite); la silice n'est plus mise en liberté (tridymite et opale) que d'une façon tout à fait accidentelle, par suite d'actions secondaires qui se sont produites dans certaines conditions, pendant l'épanchement de la roche. Ces trachytes s'étalent aussi en nappes et recouvrent alors des espaces assez considérables; ils sont accompagnés de conglomérats souvent très-épais, composés en grande partie de blocs volumineux d'un trachyte siliceux de nature rhyolithique;

3° Des *phonolithes* assez complexes, mais toutes riches en néphéline;

4° Des *perlites* et des *ponces* accompagnées de quelques produits de projection très-particuliers;

5° Des *laves trachytiques* à amphibole, poreuses et de couleur claire, toujours situées en contre-bas des grands massifs, et dans lesquelles une structure microlithique enchevêtrée vient indiquer que la cristallisation s'est faite en masse, pour ainsi dire d'un seul coup et d'une façon confuse.

La nature de ces divers produits éruptifs n'a pas changé brusquement; et les variations les plus importantes se trouvent, non dans la composition minéralogique, mais dans la texture; elles correspondent à des différences d'âge.

Ces conclusions s'accordent complètement avec celles que M. Michel Lévy avait déjà déduites de ses belles études sur les roches éruptives anciennes (1); elles viennent généraliser, en les

(1) MICHEL LÉVY, *Structure microscopique des roches acides anciennes* (*Bull. de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 200; 1874); *Mémoire sur les divers modes de structure des roches éruptives* (*Annales des Mines*, t. VIII, p. 405; 1875).

étendant à la série récente, les relations qu'il a montrées si évidentes entre la structure des roches acides et l'âge de leurs éruptions.

Les roches basaltiques, qui ont fait suite aux laves trachytiques, s'y rattachent en quelque sorte par leur structure microolithique et leur nature encore presque exclusivement feldspathique; mais les feldspaths qui entrent dans leur composition sont totalement différents de ceux des roches précédentes. L'olivine y est peu abondante.

Les deux roches de cette série basique qu'il m'a été donné d'étudier ne peuvent se rapprocher entre elles ni par leur structure ni par leur composition minéralogique. Dans la première, en effet, celle du dyke, le silicate ferrugineux qui domine est exclusivement l'augite, comme dans toutes les roches basaltiques; dans la seconde, ce minéral est associé à l'amphibole (hornblende). Toutes deux renferment du labrador; mais dans l'une ce feldspath joue le rôle essentiel, dans l'autre il n'est plus qu'accidentel et paraît entraîné dans un magma confusément cristallisé, formé d'anorthite. Remarquons que, de ces deux feldspaths, c'est le plus basique qui apparaît le premier; les laves schisteuses grises qui nous l'ont présenté sont, en effet, antérieures à l'apparition du dyke basaltique, qui les a fortement refoulées et redressées. Nous retrouverons tout à l'heure le même fait dans une autre région.

Ces résultats, appuyés sur des observations qui n'ont porté que sur des points malheureusement trop restreints par rapport à l'étendue de la presqu'île, ne doivent être considérés que comme provisoires et ne peuvent faire préjuger de ceux qu'on pourra déduire d'une exploration plus complète. J'ai tout lieu de croire cependant qu'ils seront vérifiés; ils auront, dans tous les cas,

apporté quelques faits à la connaissance d'une région peu connue et qui mérite, à plus d'un titre, d'être étudiée jusque dans ses moindres détails.

ÉTUDES GÉOLOGIQUES SUR L'ILE DE LA RÉUNION.

Le 29 août, dans la matinée, le *Dupleix* arrivait à la Réunion, et nous apprenions, en débarquant, que le volcan qui désole toute la partie est de l'île était en pleine activité. Nous ne pouvions manquer une pareille occasion; aussi demandai-je à notre commandant l'autorisation de partir immédiatement pour faire l'ascension de la montagne; il fut convenu que nous serions de retour le dimanche 10 septembre, époque fixée pour le départ de la *Dives*. J'organisai donc à la hâte une petite expédition, dont les dispositions furent vite arrêtées, grâce à l'obligeance d'un médecin de Saint-Benoît, M. le docteur Jacob de Cordemoy, qui voulut bien nous procurer des porteurs et des guides et nous donner toutes les indications nécessaires pour nous faciliter cette excursion, qu'il avait déjà faite à différentes reprises.

Le volcan, entouré par de grandes coupées, par des enclos semi-circulaires, véritables remparts taillés à pic, sur plus de 100 mètres de hauteur, n'est guère accessible que de deux côtés : par les grandes pentes du Brûlé, ou par les hautes plaines de l'intérieur. C'est cette dernière voie que nous avons suivie; elle devait être longue, mais on nous avait présenté la première comme peu sûre et hérissée de telles difficultés, que nous n'avions pas cru devoir nous y engager. Le deuxième jour de notre arrivée, munis d'un

léger bagage et de quelques instruments, nous quittions donc Saint-Denis, MM. Rochefort, Cazin, de l'Isle et moi; un médecin de l'infanterie de marine, M. le docteur Miorzec, avait bien voulu nous accompagner.

Nous fîmes en voiture le chemin de Saint-Denis à Saint-Benoît, et, dans l'après-midi du 2 septembre, nous nous engageâmes dans la montagne, pour gagner les plaines des Palmistes et des Cafres, qui devaient nous conduire au volcan. Favorisés par un temps splendide, nous passâmes toute la matinée du 4 au sommet du cratère brûlant, et, le soir, nous reprîmes la route que nous avions suivie pour regagner le littoral, où nous arrivâmes le 6, juste à temps pour nous embarquer.

Dans notre traversée de retour, en janvier, notre séjour fut de plus longue durée. Une question préoccupait alors vivement l'administration de la colonie, celle de l'exploitation des sables ferrugineux accumulés sur les plages de l'Étang-Salé; déjà une Commission, nommée pour étudier ces riches gisements et pour évaluer leur valeur approximative au point de vue industriel, s'était rendue sur les lieux.

Le gouverneur, M. de Lormel, me fit l'honneur de m'appeler pour me demander d'aller rejoindre cette Commission afin d'examiner avec elle l'origine et le mode de formation des sables; en même temps, il m'invitait à me rendre dans le cirque de la rivière des Galets, pour explorer des eaux thermales sulfureuses qu'il était urgent de songer à utiliser; je devais, au retour, lui adresser un Rapport sur l'état de ces sources précieuses et sur les travaux à exécuter pour les aménager. Malheureusement cette seconde partie de ma mission ne put être remplie: un ouragan violent me tint pendant plusieurs jours bloqué au pied du grand Benard, une pluie diluvienne avait grossi les torrents; il me fallut renoncer

à l'espoir de descendre la rivière des Galets, et je dus, chassé par le mauvais temps, gagner le village de Salazie, où j'arrivais épuisé de fatigue, après une marche forcée à travers des plateaux inondés, transformés en véritables lacs, où l'eau nous arrivait parfois jusqu'aux genoux.

Cette excursion me fut néanmoins des plus profitables, car elle me permit de traverser tout le massif ancien de l'île et d'explorer quelques-unes de ces grandes vallées circulaires qui lui impriment un relief si particulier. Je m'empresse, à cette occasion, d'adresser ici tous mes remerciements à M. le directeur de l'intérieur, qui me facilita cette exploration en mettant à ma disposition, avec une rare bienveillance, toutes les ressources dont il pouvait disposer.

A Salazie, l'hôpital militaire, au moment de notre séjour, avait pour directeur un médecin de première classe de la marine, artiste et savant à la fois, M. Cassien, qui s'était passionné pour les belles montagnes au milieu desquelles il était appelé à vivre; il en étudiait la flore, si riche et si variée, et cherchait à rendre, à l'aide de son crayon habile, tous les aspects, tous les accidents de cette nature bizarre et tourmentée. Je reçus de lui l'accueil le plus empressé; il m'ouvrit complaisamment ses nombreux albums, si instructifs, et voulut bien me confier ceux de ses dessins qui avaient trait aux régions que je venais de parcourir. Le lecteur les trouvera maintenant à la fin de cet Ouvrage, qu'ils auront illustré d'une façon saisissante; leur exécution a été confiée à un artiste bien connu, M. Ciceri, qui les a reproduits fidèlement, avec son talent habituel.

L'île de la Réunion est une terre trop importante pour que je puisse avoir la prétention d'en donner aujourd'hui l'histoire complète; j'essayerai seulement, après avoir donné une idée de

sa configuration générale, de décrire fidèlement ce que j'ai vu, dans l'espoir que mes observations seront plus tard complétées, et je m'efforcerais surtout de bien définir la composition des divers produits volcaniques, ainsi que leurs relations dans les différents massifs traversés.

Sans vouloir entrer dans de longues indications bibliographiques, je mentionnerai, parmi celles des publications ayant trait à la colonie que j'ai consultées avec le plus de fruit : le *Voyage dans les quatre principales îles des mers d'Afrique* (1801-1802), par Bory de Saint-Vincent ⁽¹⁾, dans lequel on trouve une quantité d'excellentes observations sur l'Histoire naturelle; les *Notes*, si instructives de M. L. Maillard ⁽²⁾; les *Annales de l'île Bourbon* (1817-1872) et les *Relations des deux voyages* de Legentil ⁽³⁾. Tout dernièrement enfin, un géologue bien connu, le D^r Richard von Drasche, a donné dans les *Miscellanées minéralogiques* de Tschermak ⁽⁴⁾ le récit de ses excursions dans les îles de la Réunion et de Maurice; j'aurai plus d'une fois occasion de citer ses remarques intéressantes.

Description générale.

L'île de la Réunion, autrefois l'île Bourbon, se présente sous la forme d'une ellipse, orientée du nord-ouest au sud-est, qui peut

⁽¹⁾ 4 vol. in-8° avec un atlas de 58 planches. Paris, 1804.

⁽²⁾ 1 vol. grand in-8° avec 28 planches. Paris, 1862.

⁽³⁾ Premier voyage; Paris, 1 vol. in-12, 1727. Nouveau voyage, Paris, 2 vol. in-4°, 1781.

⁽⁴⁾ D^r RICHARD VON DRASCHE, *Eine Besteigung des Vulkans von Bourbon* (*Mineralogischen Mittheilungen*, von Tschermak, 1875, Heft IV) et *Weitere Bemerkungen über die Geol. von Reunion und Mauritius* (*Miner. Mitth.*, 1876, Heft I).

avoir 6 à 7 lieues de large, de la pointe de la Ravine blanche (Saint-Pierre) à celle de la Ravine sèche (Saint-Benoît), sur 13 de long, de la pointe des Galets dans le nord-ouest à celle de la Ravine d'Ango dans le sud-est.

Sa côte, qui se développe sur une étendue de 207 300 mètres, est partout très-saine et sans écueils cachés, mais elle est peu découpée et n'offre aucun refuge aux navires, ses pointes nombreuses ne s'avancant guère que de quelques centaines de mètres en mer. Souvent abrupte et défendue encore par des bancs de coraux comme autour de Saint-Gilles et de Saint-Leu, elle ne présente partout ailleurs que des plages droites, ouvertes à tous les vents et formées de gros galets glissants sur lesquels la mer déferle sans cesse.

Sa superficie est d'environ 251 000 hectares, et de ce nombre 150 000, au maximum, peuvent être mis en culture, tout le reste se trouvant occupé par des sommets dénudés, presque inaccessibles, ou par de vastes territoires recouverts par des laves stériles. Elle présente, en son centre, un axe montagneux allongé suivant son plus grand diamètre, qui détermine deux versants principaux désignés généralement sous les noms de *partie du vent* et de *partie sous le vent*, qui regardent l'un le nord-nord-ouest, l'autre le sud-sud-est. Ce dernier est de beaucoup le plus riche, mais c'est en même temps le plus sec. Le premier, tempéré par des brises continuelles, est beaucoup plus riant : sa végétation est aussi tout à fait différente, en raison de son exposition. Tous deux sont sillonnés par de profondes crevasses rectilignes dirigées des sommets vers la mer, dont le fond est occupé par de petites rivières torrentielles, les Ravines, le plus souvent à sec pendant la belle saison (de mai à octobre), qui débitent, au contraire, des masses d'eau incroyables pendant l'hivernage, aux époques des grandes

pluies (de novembre à avril). Ces *barrancos* (1) entament plus ou moins profondément le terrain et mettent à découvert les nombreuses alternances de laves et de scories qui le constituent; ce sont d'excellentes coupes géologiques naturelles, dans lesquelles l'histoire des phénomènes volcaniques qui se sont succédé pour édifier la montagne se dévoile tout entière.

L'île se divise encore plus naturellement, au point de vue orographique et géologique, en deux massifs montagneux très-distincts, rejetés, pour ainsi dire, à ses deux extrémités et reliés entre eux par une dépression en forme de col, la plaine des Cafres, qui ne s'élève que de 1600 mètres en moyenne au-dessus du niveau de la mer, tandis que les deux groupes opposés se dressent, l'un, celui du nord-nord-ouest, jusqu'à 3069 mètres, et l'autre, celui du sud-sud-est, jusqu'à 2625 mètres. Le premier (*Pl. IX, fig. 1*), qui possède ainsi le point culminant de l'île (piton des Neiges), est marqué par trois grandes vallées d'effondrement, en forme de cirques, d'où s'échappent des torrents impétueux qui se rendent à la mer à travers des gorges très-encaissées, et qui sont : 1° la rivière Saint-Étienne, descendant du *cirque de Cilaos*, dans le sud-ouest; 2° la rivière du Mât qui débite toutes les eaux du *cirque de Salazie*, sur le revers opposé; 3° la rivière des Galets, qui descend du *Cirque de Mafatte*, dans le nord-ouest. Anciennement, le centre de ces trois dépressions était occupé par un vaste cratère, dont on voit encore les vestiges au sommet du piton des Neiges, et le relief actuel n'est dû qu'à une suite de dislocations et d'affaissements. Au fond de ces profondes coupées apparaissent maintenant les roches qui forment, en quelque sorte,

(1) Le mot espagnol *barranco* désigne ces vallées étroites, ces sillons souvent très-profonds qui accidentent les pentes extérieures des massifs que M. de Buch appelle *cratères de soulèvement* (DE BUCH, *Description géologique des Canaries*).

l'ossature primitive de l'île; elles affleurent dans le lit des torrents et sont recouvertes dans les remparts abrupts qui les endiguent par de puissantes coulées de laves très-complexes, qui s'inclinent toutes vers la mer sous des angles de 15 à 20 degrés, en convergeant vers le sommet de l'île; elles témoignent de l'activité prodigieuse de son ancien volcan, aujourd'hui effondré.

Dans tout ce massif les forces éruptives ne se trahissent plus que par des sources thermales abondantes, qui se font jour dans chacun des cirques dont je viens de parler.

L'activité volcanique, après avoir disparu de ce *massif ancien*, s'est successivement déplacée du nord-ouest au sud-est (¹), en donnant à l'île, primitivement ronde, la forme allongée que l'on sait et semble maintenant concentrée dans le second groupe montagneux, à l'est, qui supporte le volcan actuel. Dans ce nouveau massif (*Pl. IX, fig. 2*), qui peut prendre le nom de *récent* par rapport au précédent, on ne remarque plus ces vallées circulaires profondes, mais une suite de grands plateaux disposés en cascade et limités chacun par de grandes et hautes murailles à pic, continues dans l'ouest, s'ouvrant, au contraire, largement vers l'est en forme de fer à cheval. Au centre de l'espace circonscrit par le dernier de ces remparts semi-circulaires, qu'on nomme *les Enclos*, se dresse le massif du volcan proprement dit; il se compose de deux pitons coniques terminés par des cratères dont l'un (piton Bory, 2625 mètres) est aujourd'hui éteint, tandis que l'autre (2515 mètres) déverse tous les ans dans le Grand-Brûlé

(¹) Sa marche est encore jalonnée par une suite de cônes, de scories et de cratères qui s'étagent suivant la ligne de partage des eaux et s'alignent dans la direction que j'indique; ce sont, pour ne citer que les plus importants, depuis les Salazes jusqu'au volcan : les Pitons de Tortue, Marabou, de la Grande-Montée, de Villiers, Dugain; les cratères Commerson, Chisny, Hubert, etc.

des torrents de lave. En outre de cette bouche centrale, des foyers secondaires se voient encore nombreux sur les deux versants du massif; quelques-uns d'entre eux ont donné de grandes coulées qui se sont étendues jusqu'à la mer : brûlés des Citrons, de la Table, de la Mare-Longue et du Baril, dans le sud; brûlé de Sainte-Rose, dans le nord.

Tels sont, en peu de mots, les principaux traits du relief de cette île importante, que Bory a décrite comme « *créée et détruite par les volcans* ». Cette opinion, toujours admise depuis, me semble tant soit peu contestable; l'origine exclusivement volcanique de l'île ne saurait être mise en doute, mais sa destruction est, en majeure partie, l'œuvre des érosions aqueuses. Tandis que son extrémité orientale s'accroît encore, par suite des apports continuels de laves et de projections dues au volcan, tout le massif ancien, percé à jour pour ainsi dire, crevassé dans tous les sens par les dislocations, par les effondrements gigantesques qui ont produit les cirques, est maintenant livré sans défense à l'action destructive des eaux atmosphériques, qui s'infiltrant entre les laves poreuses, les désagrègent, entraînent les couches scoriacées friables sur lesquelles elles reposent et déterminent l'éboulement des parties plus solides. Les torrents, pendant la saison des pluies, deviennent de véritables agents de dévastation, ils entraînent à la mer tous les matériaux arrachés aux remparts de leurs cirques qui s'évasent ainsi et se creusent de plus en plus. Est-il besoin de rappeler les scènes de désolation qui suivent les passages malheureusement trop fréquents des cyclones sur la colonie et les éboulements considérables dont ses archives ont eu à mentionner les désastres ⁽¹⁾? Les hautes montagnes qui

(1) Le 26 novembre 1875, tout le terrain compris entre la mare d'Affouches et le

surplombent et séparent les cirques tendent ainsi à disparaître. Ce que le feu avait produit, l'eau s'acharne maintenant à le détruire.

Ascension du volcan.

La route qui conduit de Saint-Benoît à la plaine des Palmistes traverse d'abord un plateau peu incliné que recouvrent d'interminables champs de cannes, puis elle s'élève en suivant la Ravine sèche sur des pentes plus accidentées, souvent dénudées, sur lesquelles s'étagent quelques plants de café. La roche affleure en maints endroits et laisse voir diverses coulées de lave, peu épaisses, qui, le plus souvent, sont poreuses et très-altérées. Dans les parties plus compactes, ces laves, d'un gris noirâtre, se montrent peu cristallines et ne présentent, à l'œil nu, d'autre élément discernable que quelques cristaux de feldspath.

L'analyse microscopique y décèle surtout une belle structure fluidale; dans une pâte vitreuse, peu colorée, des microlithes de labrador, entremêlés de petits prismes allongés d'augite et d'une multitude de granules de magnétite disposés en chapelet, s'orientent suivant une direction bien marquée dessinant de véritables

camp de Pierrot, dans la crique de Salazie, sur une longueur de près de 2 kilomètres et une largeur de 1500 mètres, disparaissait sous une avalanche énorme de pierres détachées du Gros-Morne, qui s'était en partie écroulé. Je reviendrai plus loin sur cette catastrophe effroyable qui a coûté la vie à soixante-deux personnes. Dans le cirque de Malfatte, ces éboulements sont des plus fréquents et rendent dangereuse, pour ne pas dire impossible, l'exploration de la rivière des Galets, après les pluies. Citons encore ce fait, d'après M. Maillard, qu'en 1806, après un ouragan, les pluies entraînent une telle quantité de terres, que *la mer en était devenue jaune jusqu'à 20 lieues au large.*

courants qui semblent charrier des cristaux en débris de labrador avec des grains arrondis d'olivine.

L'inclinaison de ces coulées ne paraît pas augmenter avec la montée ; la route les traverse sur une assez grande épaisseur, ainsi qu'on peut bien s'en rendre compte au pont Payette, sur la Ravine sèche (490 mètres d'altitude), puis elle atteint, au delà, des laves noires scoriacées, d'aspect très-différent, qui sont cependant de même nature, mais moins fluidales et plus riches en olivine.

Ces roches se décomposent facilement sous l'influence des agents atmosphériques et se transforment en un sol argileux qui donne lieu à une végétation splendide. Toutes les riches productions des tropiques, fougères arborescentes, palmiers, arbres de toute essence, bois précieux, fleurs rares, s'y pressent et s'y entassent confusément, enlacées par les lianes et les plantes grimpantes ; nous aurions voulu nous arrêter à chacun de ces tableaux délicieux, mais déjà les brumes nous gagnaient ; il fallut hâter le pas pour arriver à Sainte-Agathe avant la tombée de la nuit.

Sainte-Agathe est un petit hameau situé à l'entrée de la plaine des Palmistes, à 974 mètres d'altitude ; c'était là notre première étape ; nous devions y trouver notre escorte, c'est-à-dire un guide créole pour la traversée des Hauts, avec des porteurs pour nos instruments et nos vivres. Nous avions pris ces derniers nombreux, car je me proposais de les charger, au retour, d'une ample collection des produits du volcan : vain espoir, que je n'ai pu réaliser qu'en partie, par suite de leur mauvais vouloir et de leur paresse superstitieuse.

Le lendemain matin, au lever du jour, notre petite caravane se mettait en route pour traverser la plaine et se diriger vers la Grande-Montée. Cette plaine des Palmistes, que Bory de Saint-

Vincent décrit à tort comme un ancien cratère, n'est autre qu'une vallée d'effondrement, dont la formation se rattache à celle de la grande plaine des Salazes, qui lui fait suite dans le nord et n'en est séparée que par l'îlette de Patience. C'est en réalité un plateau faiblement incliné, d'une superficie de 4000 à 5000 hectares, encaissé dans des remparts à pic qui s'ouvrent au nord-est et rappellent par leur forme les enclos du volcan. L'abrupt de ces hautes murailles est partout couverte d'une végétation épaisse et touffue. Le sol de la plaine paraît lui-même très-fertile; quant aux palmistes, qui lui ont valu son nom et qui s'y voyaient encore nombreux du temps de Bory (1801), on n'en trouve maintenant plus trace.

Son sous-sol est constitué par une lave grisâtre, scoriacée, identique comme composition et comme structure à celles que j'ai signalées sur le bord de la Ravine sèche. Immédiatement au sortir du hameau, à peu de distance de l'auberge, une entaille assez profonde, qui entamait le sol sur une longueur de plusieurs mètres, en laissait voir deux coulées presque horizontales, épaisses de 0^m, 50 environ, séparées par des lits de scories plus ou moins agglomérées. Leurs surfaces, sans avoir l'aspect étiré des laves précédentes, sont encore très-tourmentées. Elles sont aussi très-altérées et donnent une argile ocreuse, d'un jaune vif, qui semble indiquer une oxydation énergique, due sans doute à d'anciens dégagements gazeux, ainsi qu'en témoignent encore de petits dépôts d'hyalite au milieu de ces argiles et dans les vacuoles des laves.

Le périclote n'existe pas seulement dans ces laves à l'état de cristaux arrondis, entraînés et datant d'une consolidation ancienne, mais on le retrouve encore à l'état de petits prismes écourtés, parfaitement nets, avec des arêtes vives, parmi les élé-

ments microlithiques (labrador et augite) qui ont pris naissance dans la roche au moment de son épanchement, peu de temps avant sa consolidation définitive. C'est là un fait intéressant que l'examen microscopique met bien en évidence.

De la plaine des Palmistes il fallut nous élever à celle dite *des Cafres*, en franchissant le rempart de la Grande-Montée. Cette ascension, sans être difficile, est tout au moins longue et pénible, à cause de l'abrupt de la muraille à pic, haute de 300 mètres, qui circonscrit la plaine et qu'on ne peut gravir sans d'interminables lacets. Nous en atteignîmes le sommet (1500 mètres) vers une heure de l'après-midi; la température était alors de $+14^{\circ}$, c'est-à-dire moitié moindre de celle qui devait régner sur le littoral.

De ce point on est admirablement placé pour saisir d'un coup d'œil toute la structure du massif ancien (*Pl. IX, fig. 1*). A l'horizon, le piton des Neiges, complètement dégagé, se dresse comme un géant, dominant à la fois le cirque de Cilaos et celui de Salazie; des arêtes verticales, séparées par de profondes vallées, l'entourent en se tenant à distance, comme pour mieux le faire ressortir, et de son sommet descendent des laves d'un noir obscur, dont les coulées disparaissent sous l'épaisse végétation qui recouvre la plaine des Salazes. Dans le lointain apparaît le Cimandef, morne singulier qui, de tous côtés, se présente sous la forme d'une pyramide aiguë. A droite, au second plan, les coupées profondes du cirque de l'Entre-deux, et plus près, sur le versant de la plaine des Cafres, toute une série de cônes et de pitons volcaniques parfaitement réguliers (¹), tandis qu'à gauche

(¹) Le piton de Tortue, le piton Bleu, les pitons Marabou, et le piton Desforges en premier plan.

se déroule la grande et haute muraille qui supporte l'îlette de Patience et surplombe la plaine des Palmistes. De tous côtés enfin, aussi loin que la vue peut s'étendre, la mer se déroule immense, au pied de ces massifs, formant contraste par son uniformité avec leur aspect si accidenté.

Nous ne pouvions nous lasser d'admirer ce spectacle. Par la pensée nous voyions toute cette scène grandiose s'animer ; il nous semblait que, toutes les forces de la nature se remettant en jeu, nous assistions aux grands événements qui présidèrent à la formation de ce relief singulier. Les pentes régulièrement inclinées qui environnent le piton des Neiges s'étant réunies à son sommet, il ne paraissait plus tronqué que par une échancrure unique, celle d'un vaste cratère central, d'où s'échappaient par torrents des laves incandescentes ; puis le tableau changeait, la montagne s'affaissait, pour ainsi dire, sur elle-même, et sur ses pentes naguère uniformes se dressaient de grands escarpements abrupts, aux arêtes vives et rectilignes, soumis à de lentes oscillations qui, tour à tour, élevaient les uns et abaissaient les autres ; enfin de gigantesques effondrements se produisaient par places, et la montagne se creusait de grandes cavités semi-circulaires, à la suite de nouveaux affaissements. Nous étions revenus à la réalité.

La plaine des Cafres, dont l'altitude moyenne est de 1600 mètres, forme, comme je l'ai déjà dit, entre le massif ancien et le massif récent de l'île une partie déclive, une sorte de selle ou de col très-prononcé. C'est une plaine assez inégale, large de 8 kilomètres environ, inclinée vers le sud-ouest, c'est-à-dire en sens inverse de celle des Palmistes, présentant une succession de petits plateaux échelonnés en forme de cuvettes, qui supportent toute une série de monticules coniques, couverts de végétation. Son sol, qui résulte de la désagrégation des laves et des matériaux

fragmentaires accumulés par les projections, est très-argileux ; il se compose d'une terre brunâtre, très-riche en alcalis, dont on retire, par lixiviation, de nombreux cristaux d'augite et de périclase très-altérés. Des brumes continuelles y entretiennent une grande humidité ; aussi toute cette savane présente des pâturages frais pendant la sécheresse et se transforme en un vaste marécage aux époques des grandes pluies, d'autant plus que, à l'inverse des autres plaines, elle n'a pas d'écoulement facile. C'est à cette condition nouvelle que sont dues, bien certainement, les altérations profondes des laves et des scories superficielles et leur transformation en nappes argileuses. Dans une rectification de route, qui s'achevait au moment de notre passage, j'ai remarqué des tranchées qui traversaient ainsi des couches d'argile ferrugineuse, sur une épaisseur de plus de 1 mètre ; on voyait au-dessous, de même qu'en beaucoup d'autres points du plateau, des laves celluleuses complètement altérées et recouvertes d'une couche de limonite, épaisse souvent de près de 0^m, 05.

Au sortir de la Grande-Montée, on s'engage dans de belles prairies ondulées, puis, laissant sur la droite quelques pitons volcaniques recouverts d'un manteau de verdure uniforme, on traverse une petite forêt de grands et beaux tamarins (*Acacia heterophylla*), qui ne doivent leur préservation qu'à l'altitude à laquelle ils croissent ; ils ont ainsi échappé au déboisement général de l'île. Aux tamarins succèdent d'inextricables fourrés, formés de branles (*Salaxis arborescens*) et d'ambavilles (*Senecio ambavilla*), qui se montrent seulement vers 1700 à 1800 mètres d'altitude et s'étendent alors sur des espaces considérables.

C'est là qu'un guide devient nécessaire ; au milieu de ces hautes et impénétrables bruyères, l'horizon est, en effet, presque toujours masqué, et la boussole, comme affolée dans toute cette région

volcanique, ne peut fournir de direction. Que d'indigènes s'y sont égarés en voulant les traverser et, ne pouvant en sortir, y sont morts d'inanition, de froid et de fatigue! A chaque instant nous rencontrions de petits monticules, formés de branchages amoncelés, qui attestaient la fréquence de ces drames affreux. Nos porteurs ne manquaient jamais de jeter en passant quelque feuillage sur ces tombes primitives, avec des signes de crainte et de découragement profond: il semblait qu'un pareil sort allait leur être réservé.

Nous devons atteindre, pour y passer la nuit, une caverne bien connue de tous ceux qui ont fait l'ascension du volcan, celle des Lataniers; mais, vers la fin de l'après-midi, les Indiens de notre escorte, peu courageux, fatigués, du reste, par la longueur du chemin et par des montées incessantes, nous créèrent de réels embarras en refusant de marcher. Le froid était assez vif. Nous les harcelions sans cesse, pour éviter une halte qui serait devenue fatale, en les menaçant d'abandonner dans cette région inhospitale ceux d'entre eux qui s'arrêteraient. Cette menace fut, à notre grand regret, mise à exécution: il nous fallut laisser deux Indiens au milieu des ambavilles, après avoir réparti leurs charges sur chacun de nous. Cette résolution fit grand effet sur le reste de la troupe, qui reprit sa marche en avant jusqu'à la tombée du jour.

La nuit nous surprit au fond d'un des petits ravins qui descendent au bras Pilon, avant que nous eussions pu atteindre le terme de notre course, et nous dûmes camper sur le sol nu, en rase campagne, au pied d'un monticule couvert de petits fragments anguleux d'une lave vitreuse. Le thermomètre marquait alors 3 degrés. Après nous être enveloppés dans nos couvertures, nous fîmes étendre au-dessus de nos têtes la toile noire que M. Cazin avait emportée pour les opérations photographiques,

afin de nous garantir un peu de la brume qui se résolvait en une petite pluie fine et pénétrante; puis nos porteurs, mal vêtus et grelottant de froid, se groupèrent autour d'un feu d'herbes et d'arbustes morts, qu'ils entretenirent toute la nuit.

Le lendemain, au lever du Soleil, le sol paraissait s'être soulevé tout autour de nous; les objets que nous avions déposés à la surface semblaient en partie enfouis. Une multitude de petits prismes de glace, qui s'étaient formés pendant la nuit aux dépens des évaporations du sol (le thermomètre était, en effet, descendu à -2° , absolument pressés les uns contre les autres, en affectant la forme et l'aspect de l'arragonite, supportaient chacun un petit fragment de lave. Il en résultait un sol factice, surélevé de plusieurs centimètres, qui cédait facilement et craquait sous les pas. Ce phénomène singulier, déjà observé par M. Maillard en 1853, dans la plaine des Sables ⁽¹⁾, surprit au plus haut point un vieux Malgache qui se trouvait parmi nos hommes et pour qui la glace était chose toute nouvelle.

Altitude du campement : 1880 mètres ⁽²⁾.

Afin de réparer le temps perdu, nous nous mettions en route dès la première heure. A la riche végétation de la veille avait fait place une stérilité presque absolue : partout des laves arides, sur lesquelles persistaient seuls quelques fougères, des mousses et des lichens. Le sol était surtout couvert de projections, de scories rougeâtres et de ces fragments anguleux de lave vitreuse que

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, t. X, p. 449; *Notes sur l'île de la Réunion*, p. 127.

(2) Les hauteurs indiquées dans le cours de cette ascension ont été, les unes empruntées à la Carte de l'île au $\frac{1}{150000}$ de M. Maillard, les autres relevées à l'aide d'un excellent baromètre anéroïde, qui avait été comparé au départ avec les instruments de la *Dives*, où se firent d'heure en heure, pendant toute la durée de notre absence, les observations correspondantes.

nous avons déjà rencontrés au sommet du bras Pilon. Ces fragments, dont nous aurons encore à nous occuper par la suite, sont tout à fait particuliers et composés d'une substance amorphe, noire dans les cassures fraîches, devenant jaunâtre par décomposition. On ne peut y distinguer aucun élément cristallin, même à l'aide d'une forte loupe ; mais on y discerne au microscope, au milieu d'une pâte vitreuse d'un brun clair, assez transparente et remplie de belonites et de trichites aux formes bizarres, quelques microlithes d'anorthite très allongés et très brillants, avec une infinité de petits cristaux d'olivine, dont les dimensions moyennes oscillent entre $0^{\text{mm}},04$ et $0^{\text{mm}},01$, qui se présentent en sections rectangulaires ou en hexagones allongés, agissant vivement sur la lumière polarisée, et s'éteignent longitudinalement entre les nicols croisés. Ces cristaux résistent parfaitement aux attaques par l'acide fluorhydrique et s'obtiennent même, par ce procédé, dans un grand état de pureté ; ils disparaissent, au contraire, dans l'acide chlorhydrique et se montrent infusibles au chalumeau. Il importe de faire remarquer ici l'extrême abondance de ces microlithes de péricot, dont j'ai déjà signalé l'existence dans une lave de la plaine des Cafres ; car jusqu'à présent, dans les roches basiques, ce minéral n'avait été reconnu que parmi les éléments anciens, parmi ceux dont la consolidation est en quelque sorte primordiale, c'est-à-dire antérieure à l'épanchement.

Après avoir contourné ou gravi quelques cônes de scories, nous atteignons les Hauts de la rivière des Remparts, vaste et profond *barranco* (1) qui limite en quelque sorte à l'ouest le

(1) Le mot espagnol *barranco*, adopté par M. de Buch dans sa *Description géologique des Canaries*, exprime ces vallées étroites qui ne sont que des sillons plus ou moins profonds dans les massifs volcaniques. — CHARLES SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *Études géologiques sur les îles de Ténériffe et de Fogo*, p. 27.

massif du volcan. A nos pieds s'étendait un large précipice, au fond duquel on entendait mugir le torrent, dont les flots blancs d'écume se précipitaient au travers d'une épaisse végétation. L'abrupt était effrayant et paraissait à pic sur plus de 300 mètres de hauteur. Cette grande fissure, orientée nord et sud, comme toutes celles de même nature qui se voient sur le flanc méridional de ce massif (1), est ouverte dans d'épaisses couches de laves basaltiques noires et compactes qui alternent avec des lits de scories ; du point où nous avons abordé l'encaissement on apercevait, au sommet de la rive qui faisait face, la bouche échancrée de ce cratère singulier auquel Bory a laissé le nom de *Commerson* (2) ; Nous résolûmes de nous détourner un instant de notre route pour aller le visiter.

Pour y arriver, il faut traverser une véritable plaine de laves, tordues et crevassées dans tous les sens, et dont les surfaces sont si fraîches, qu'elles semblent consolidées d'hier. Ces laves, d'un noir grisâtre, sont traversées par une infinité de grandes vacuoles, assez allongées, dont les parois sont brillantes comme si elles avaient été enduites d'un vernis. Leur pâte est microcristalline et se charge d'une multitude de petites sections de feldspath qui s'alignent et dessinent dans la roche de véritables traînées. Cette disposition particulière, jointe à l'orientation manifeste des vacuoles, indique une grande fluidalité, qui s'observe encore bien plus nette dans les plaques minces.

L'examen microscopique y révèle la présence de deux espèces de feldspaths : les uns, en grands cristaux, souvent brisés, composés de plusieurs lamelles hémotropes, larges et douées d'une

(1) Rivière de l'Angevin, ravine Basse-Vallée, etc.

(2) BORY DE SAINT-VINCENT, *loc. cit.*, t. II, p. 406.

grande réfringence, qui s'éteignent entre les nicols croisés sous des angles considérables (30 à 40 degrés et au delà), se rapportent à l'anorthite; les autres, affectant une forme microlithique, très allongés suivant l'arête pg' et disposés en macles binaires (0^{mm},08 de long sur 0^{mm},01 de large en moyenne), éteignent la lumière polarisée dans des directions qui s'écartent beaucoup moins de celles de leurs axes cristallographiques (25 à 27 degrés tout au plus); ils appartiennent au labrador. Un examen chimique des plaques vérifie cette détermination; dans les plaques minces soumises à une courte digestion dans l'acide chlorhydrique bouillant (un quart d'heure), les premiers sont les seuls qui soient attaqués.

Ces cristaux d'anorthite appartiennent à une phase de cristallisation antérieure à l'épanchement de la roche; ils contiennent, à l'état d'inclusions, de nombreux granules et des petits octaèdres de magnétite. Le fer oxydulé se trouve encore dans toute la roche à l'état de petits cristaux singulièrement groupés et affectant ainsi les formes les plus diverses. Parmi ces éléments d'une consolidation ancienne, il faut encore citer le péridot comme très-abondant. Aux microlithes de labrador se trouvent associés des granules et de petits prismes aiguillés d'augite, avec des octaèdres de fer titané très allongés. La roche est entièrement cristallisée; on n'y reconnaît pas trace de matière amorphe.

Ces coulées sont recouvertes par des laves tout à fait vitreuses, peu épaisses, noires, fragiles, semblables aux laves fragmentaires vues précédemment. Quand on aborde les pentes peu accusées du cratère, on suit ces coulées jusqu'à l'orifice même de la bouche volcanique, qui ne se trouve ainsi nullement supportée par l'appareil habituel des volcans; au lieu d'être située au sommet d'un cône de scories plus ou moins élevé, elle entame, au contraire, brus-

quement le sol, comme à l'emporte-pièce, et rien, même à une faible distance, ne peut la faire soupçonner. Parfaitement circulaire, large de 150 mètres sur 200 mètres de profondeur (¹), elle a toutes les apparences d'un vaste puits, dont les parois verticales sont constituées par une longue succession de laves disposées en coulées, plus ou moins épaisses, très sensiblement horizontales et parfaitement régulières.

Au moment de notre visite, le soleil, déjà très élevé sur l'horizon, dardait ses rayons dans ce gouffre, de telle sorte qu'avec une bonne jumelle on pouvait en examiner le fond.

Le sol du cratère, formé de gros blocs éboulés entassés les uns au-dessus des autres et couverts de végétation, s'incline vers l'est et vient aboutir à un vaste trou, très profond, qui s'enfonce obliquement sous d'épaisses coulées de laves. Ces coulées, au nombre de cinq, formant comme autant d'anneaux superposés régulièrement, presque sans scories interposées, paraissent de couleur grisâtre et très-compactes, à en juger par leur tendance manifeste à se diviser en prismes verticaux. Puis elles deviennent successivement de plus en plus minces, sans pourtant s'abaisser au delà de 50 centimètres d'épaisseur, et supportent vers le sommet quelques bancs d'une roche toute différente, très-vacuolaire, d'aspect brunâtre, qui doit appartenir à ces coulées de laves à labrador et à anorthite qu'on traverse avant d'arriver au cratère. Ces derniers bancs, souvent discontinus, comme disloqués, sont recouverts par des amas de scories rouges ou noires et de matériaux fragmentaires, traversés par de petites

(¹) Bory de Saint-Vincent, dans la description qu'il a donnée de ce cratère (*loc. cit.*, p. 406), a bien exagéré ses dimensions, car il est peu probable que sa forme ait changé depuis 1802. Il le regarde comme le plus *vaste cratère de l'île*, mais le cratère brûlant est tout à la fois plus profond et plus large.

coulées d'une lave noire vitreuse, identique avec celle qui recouvre les pentes, et ce système, très développé dans la paroi sud-est, forme alors le rebord supérieur du cratère (*Pl. XVI, fig. 1*).

Plusieurs bancs de lave en surplomb, disposés en gradins, permettaient de descendre de quelques mètres dans cet abîme profond. Je fus assez heureux pour arriver de cette façon jusqu'aux premiers lits de laves compactes; mais dans la position difficile où je me trouvais, n'ayant qu'une main de libre, j'eus beaucoup de peine à m'en procurer quelques bons échantillons.

Ces roches sont de couleur claire, d'un gris bleuâtre, très tenaces, et présentent une certaine rudesse au toucher. Leur texture est grenue, leur cassure nette; elles résistent beaucoup sous le marteau.

Leur grain, ordinairement très serré, devient presque poreux dans le centre des coulées; on y remarque de petites vacuoles à contours réguliers, qui semblent produites par des retraits, et se montrent souvent occupées par un petit cristal brillant de péridot. C'est là le seul minéral qu'on puisse discerner à l'œil nu.

Réduite en lamelle mince et examinée au microscope, cette lave apparaît entièrement cristallisée et se compose essentiellement de microlithes feldspathiques, d'augite et de fer oxydulé. Le péridot y est rare, disséminé en gros cristaux arrondis, ayant en moyenne $0^{\text{mm}},5$ de diamètre, remplis de fer oxydulé et de pores à gaz; ces inclusions sont disposées par traînées rectilignes, qui se coupent sous des angles divers et ne paraissent nullement en relation avec les directions probables des faces du cristal. Les microlithes feldspathiques ($0^{\text{mm}},08$ sur $0^{\text{mm}},03$) sont très brillants, manifestement tricliniques; ils s'éteignent dans la lumière polarisée presque parallèlement à leurs arêtes et ne sont

nullement attaqués par l'acide chlorhydrique bouillant. Ils semblent devoir se rapporter à l'oligoclase; c'est, du reste, ce qu'indique la composition chimique de la roche :

Silice.....	57,49
Alumine.....	16,41
Oxyde de fer.....	10,65
Oxyde de manganèse.....	0,06
Chaux.....	7,52
Magnésie.....	1,23
Potasse.....	2,92
Soude.....	3,64
	<hr/>
	99,92
Perte au feu.....	0,13
Densité.....	2,79

L'augite, assez abondant, se présente en sections parallélogrammiques ou octogonales, assez larges, très-transparentes et légèrement dichroïques; on les voit se colorer successivement en vert pâle et en vert foncé avec le prisme polariseur, mais sans jamais passer par ces variations de nuances qui sont si caractéristiques pour l'amphibole. Les premières ne sont jamais nettement terminées, leurs extrémités sont fourchues ou comme frangées : il ne paraît pas cependant qu'elles aient été brisées; cet état tient plutôt à un arrêt dans le développement du cristal. Les stries dues aux clivages parallèles à h' sont très tortueuses, à peine indiquées. Dans les secondes, toujours plus rares, les faces du prisme sont encore peu nettes et ne se prêtent à aucune mesure rigoureuse, mais les stries de clivages parallèles aux faces m sont bien accusées et se croisent sous cet angle de 93 degrés si caractéristique de l'espèce. Ce pyroxène est rempli d'inclusions vitreuses et de pores à gaz. Les premières, constituées par un verre incolore, sont souvent de grande dimension :

il en est qui occupent le cristal dans toute sa largeur; toutes possèdent une ou plusieurs bulles de gaz, et souvent quelques jolis octaèdres de fer oxydulé. Les inclusions gazeuses ont, en moyenne, $0^{\text{mm}}, 005$ de diamètre; elles sont irrégulièrement distribuées et très-réfringentes. Le fer magnétique est aussi disséminé dans toute la roche en petites sections carrées ou losangiques, d'un noir opaque, presque toujours simples, très-rarement groupées.

Je dois encore signaler, mais d'une façon tout à fait accidentelle, la présence de l'amphibole hornblende, dont on voit, par centimètre carré, une ou deux petites sections rectangulaires d'un beau vert bouteille, très dichroïques. Ce minéral appartient aux éléments anciens de la roche; il est exempt d'inclusions.

Cette lave ne présente aucun indice de fluidalité, et sa texture est absolument la même dans toute l'épaisseur de la coulée. Ordinairement, dans les parties centrales qui sont restées plus longtemps fluides, les cristaux, développés sur place, sont tout à la fois plus volumineux et plus nets; ici, rien de semblable: l'oligoclase et l'augite ont dû cristalliser simultanément, d'une façon confuse, par suite d'une prise en masse de la roche. L'amphibole, le péridot et la magnétite sont antérieurs à cette consolidation définitive.

Entre ces laves et celles à anorthite, qui sont situées un peu en retrait, on remarque plusieurs coulées peu épaisses, formées d'une lave compacte et de couleur gris clair, qui paraît identique à la précédente. Sa pâte est seulement plus ténue, plus homogène, et présente moins d'apparences cristallines; on y remarque, çà et là, de petits points blanchâtres, à contours diffus, qui sont dus à un feldspath décomposé.

Cette nouvelle roche se clive avec une grande facilité, en

petites plaquettes épaisses de 10 à 20 centimètres. L'analyse microscopique y décèle encore des microlithes d'oligoclase, de l'augite et du fer oxydulé avec quelques granules de péridot; mais tous ces cristaux, bien développés, paraissent orientés et couchés parallèlement à leurs arêtes longitudinales : c'est là, sans aucun doute, ce qui communique à la roche sa schistosité. Le feldspath des petites taches blanches est toujours en sections brisées, émoussées sur les arêtes, et tellement altérées, qu'il devient difficile de distinguer leur constitution polysynthétique dans la lumière polarisée. Ces cristaux, évidemment anciens et amenés tout formés dans la lave, sont littéralement envahis par une multitude de granulations opaques qui troublent leur transparence. Une ébullition prolongée dans l'acide azotique les attaque, en les rendant absolument opaques, et le liquide provenant de cette attaque fournit les réactions des sels de chaux; on peut en conclure qu'ils appartiennent au labrador.

Les coulées inférieures, absolument inabordables, à cause de l'abrupt des parois du cratère, paraissent tout à fait semblables à celles que je viens de décrire; elles en ont la couleur, l'aspect, et deviennent seulement de plus en plus épaisses; tout porte à croire qu'elles en ont aussi la composition. On en trouve, du reste, une preuve directe dans l'examen des blocs projetés, qui sont nombreux autour de ce foyer éruptif. Ces roches, en fragments anguleux, souvent énormes, arrachés aux parties profondes du sol, sont peu variées et se rapportent toutes à l'une ou à l'autre des deux laves précédentes; elles en ont, du moins, la composition minéralogique et n'en diffèrent que par de légères modifications de détail. C'est ainsi que toutes sont à base d'oligoclase, d'augite et de fer oxydulé; les unes présentent, en outre,

un feldspath en grands cristaux, analogue à celui des laves schisteuses, mais moins décomposé et se comportant comme du labrador, tandis que les autres montrent simplement des microlithes brillants d'oligoclase enchevêtrés avec des cristaux de pyroxène. Dans ces dernières, les silicates ferrugineux, péridot et augite, sont toujours fortement oxydés, surtout dans les parties voisines de la surface; ils sont entourés et traversés, dans tous les sens, par des bandes limoniteuses d'un brun rouge très-foncé.

Ces laves, d'apparence grenue et très cristallines, comme celles des parois du cratère, sont en même temps vacuolaires; mais leurs cellules, au lieu d'être petites, anguleuses et très rapprochées, sont au contraire parfaitement rondes et très écartées; elles ont, en moyenne, 3 centimètres de diamètre et se comptent au nombre de dix à douze par 5 centimètres carrés. Elles offrent cette particularité remarquable d'être tapissées par une infinité de petits cristaux blancs ou verdâtres, entremêlés de larges paillettes miroitantes.

Ce sont là de véritables druses microscopiques. Les paillettes sont toutes hexagonales; les unes, opaques avec de beaux reflets métalliques, ou translucides et d'un beau rouge cochenille, appartiennent au fer oligiste; les autres, brunes, très-transparentes et allongées, suivant un sens de l'hexagone, à la biotite. Entre ces lamelles, qui toutes ont au plus 5 millimètres dans leur plus grande dimension, se développent parfois un ou deux petits hexagones de tridymite implantés, non plus sur les parois de la cavité, mais à la surface des petits cristaux. Ces derniers, suffisamment volumineux pour qu'on puisse déterminer leurs formes et les soumettre aux mesures goniométriques, sont de deux sortes: les uns verdâtres, très transparents, cristallisés suivant la forme primitive de l'augite, c'est-à-dire en prismes rhomboïdaux obli-

ques; les autres, très aplatis, complètement limpides, de nature feldspathique et appartenant au système triclinique : ce sont des petits prismes d'anorthite, allongés suivant l'axe vertical. Ces minéraux, exclusivement cantonnés dans les espaces vacuolaires, sont bien certainement d'origine secondaire et peuvent être considérés comme formés par transport moléculaire d'éléments chimiques, entraînés à très haute température par la vapeur d'eau et les gaz volcaniques. Le fer oligiste s'est produit par voie de sublimation, vraisemblablement avant la formation des autres cristaux; on trouve, en effet, fréquemment l'augite implanté à la surface de ces paillettes ferrugineuses, qui paraissent ainsi avoir exercé sur lui une attraction moléculaire puissante.

Ces blocs projetés s'étendent assez loin; nous les avons retrouvés jusqu'à 1500 mètres du cratère environ, avec d'énormes bombes volcaniques, formées d'une lave rougeâtre présentant une succession de couches alternativement compactes et celluluses, emboîtées régulièrement, de telle sorte que, sous le marteau, elles se brisent en une série de calottes successives qui finalement englobent un fragment de quelque lave ancienne, identique encore aux précédentes.

Ces bombes n'ont pas la forme en amande, ni les extrémités effilées et tordues de celles si classiques des volcans d'Auvergne; elles sont au contraire sphériques et ressembleraient complètement à un boulet, si elles n'étaient manifestement aplaties à leur surface inférieure. Cet aplatissement, qui s'est produit lors de leur chute, ne se fait sentir, en général, que sur la couche superficielle, les calottes internes restant parfaitement sphériques. La matière lavique qui les constitue est entièrement vitreuse et se montre, au microscope, comme un verre de couleur foncée, chargé de petites granulations opaques,

très condensées, qui doivent se rapporter à la magnétite, car toute la roche pulvérisée est attirable au barreau aimanté; on trouve, du reste, quelques cristaux bien nets de cette substance dans les parties scoriacées, qui sont alors plus transparentes et laissent voir, avec de nombreux cristallites, quelques rares cristaux d'olivine. La coloration rouge n'est que superficielle; elle est produite par une suroxydation et une hydratation du fer magnétique, dues aux agents atmosphériques; la partie centrale des bombes reste, en effet, d'un beau noir métallique. Le fragment de roche qui en forme le noyau, quoique longtemps ballotté dans la lave en fusion, ne porte pas la trace d'altérations bien profondes; son feldspath est manifestement craquelé, comme fritté, mais ses minéraux ferrugineux ne sont pas modifiés d'une façon sensible.

Quelques amas de cendres et de rapilli se voient également, çà et là, dans les anfractuosités des laves. Ces rapilli, réduits à de petites dimensions par suite d'une longue trituration dans la cheminée volcanique, sont de même nature que les bombes; leur pâte vitreuse est encore très colorée, mais moins chargée cependant en fer oxydulé; elle est susceptible, par conséquent, de se réduire en lamelles plus transparentes. En l'examinant entre les nicols croisés, à un grossissement suffisant, on y distingue des microlithes feldspathiques, qui apparaissent comme de simples traits brillants; ils sont droits, longs de $0^{\text{mm}},05$ et larges de $0^{\text{mm}},002$, avec des extrémités fourchues. Quelques-uns, plus développés, mais toujours rares, sont composés de deux ou trois bandes hémitropes, qui s'éteignent sous des angles de 15 à 27 degrés (labrador). De très-beaux cristaux d'olivine ont pris naissance au sein de cette roche et se présentent dans les coupes microscopiques en sections octogonales, allongées suivant les faces de modification du prisme rhomboïdal primitif. Ces sections

sont bien transparentes, incolores ou légèrement verdâtres à la lumière transmise, vivement colorées au contraire entre les nicols, et renferment toutes de larges inclusions vitreuses, qui sont formées de la substance même de la roche ; elles sont souvent brisées en plusieurs fragments, qui cessent d'être en rapport sans cependant être complètement séparés. La pâte vitreuse, dans ses parties transparentes, se montre également comme une matière étirée et tordue. Ces faits trouvent leur explication naturelle dans les actions mécaniques considérables qui ont agi sur les rapilli au moment de leur projection.

Les scories et les laves vitreuses qui forment le rebord supérieur, peu élevé, du cratère sont, de même, composées d'un verre amorphe, très foncé, qu'on ne peut rendre transparent qu'en amenant les plaques à un état de minceur extrême. En outre du périclote, très bien cristallisé comme dans les rapilli, on voit encore des microlithes de labrador fort nets et de nombreux cristallites aciculaires isolés, ou le plus souvent groupés en faisceaux. Des bulles de gaz allongées, de forme ovoïde ou tubulaire, disposées par traînées, donnent aux laves une belle apparence fluidale. Quant au fer oxydulé, il y est très irrégulièrement distribué et ne se trouve en cristaux bien nets que dans les périclotes.

Il importe de signaler, dans ces divers produits, l'absence complète de l'augite, qui se trouvait si abondante dans les laves inférieures du volcan.

Cette bouche volcanique doit évidemment son origine à une explosion soudaine qui s'est produite au travers des laves à oligoclase et à augite (1), formant autrefois un sol continu, en ouvrant

(1) Il est probable que les laves à anorthite, qui recouvrent immédiatement celles à oligoclase, ne sont pas sorties de ce foyer et qu'elles sont également antérieures à sa production.

ainsi une voie de dégagement par laquelle se sont échappés des torrents de gaz et de vapeurs. Les fragments des roches traversées ont été dispersés aux alentours, avec les cendres et les scories. Puis des laves vitreuses sont apparues et se sont déversées au-dessus de l'orifice même du cratère; leur peu d'étendue témoigne de la courte durée du phénomène.

Mais ce qu'il est moins facile d'expliquer, c'est la situation tout à fait exceptionnelle de ce cratère; placé, en effet, au sommet des grands escarpements qui, dans l'est, dominant la rivière des Remparts, il se trouve, pour ainsi dire, tangent à cette grande coupée et n'en est séparé que par une muraille étroite, épaisse de quelques mètres seulement à sa partie supérieure. Sans nul doute, cette dernière fissure n'existait pas au moment où l'explosion s'est produite; elle s'est ouverte peu de temps après, alors que le cratère était en pleine activité, car les laves vitreuses, qui se sont surtout épanchées vers l'ouest, se sont déversées manifestement dans l'intérieur des remparts. On se demande alors comment la faible barrière qui sépare le cratère du torrent a été respectée et ne se trouve ébréchée que sur une étendue de 60 mètres environ. C'est cette échancrure qui forme l'embrasure singulière que nous avons aperçue de la rive opposée et qui nous avait si fort étonné.

La *fig. 1* de la *Pl. IX* montre cette brèche, vue du rebord opposé du cratère; on aperçoit au travers, dans le lointain, une partie du massif ancien, le sommet du Benard et le cirque de l'Entre-deux, dont l'aspect est toujours si imposant.

En traversant l'arête vive ainsi formée, on voit les laves noires superficielles et les scories qui les accompagnent descendre contre la paroi du rempart, qu'elles recouvrent dans toute sa hauteur, pour venir s'étaler à la base en un talus très-incliné.

Du cratère Commerson on peut gagner facilement la caverne des Lataniers en moins d'une heure. Cette caverne, hantée autrefois par des chasseurs, qui en bouchaient l'entrée avec des branches de *latania* ⁽¹⁾, d'où son nom, est située à 2350 mètres environ d'altitude, au milieu de la plaine des Remparts, sous une coulée de lave basaltique. Ce n'est, à vrai dire, qu'une excavation basse et peu profonde, dans laquelle on ne pourrait se tenir debout et qui débouche au dehors par un couloir étroit. Nous y fîmes une courte halte avant de continuer notre route, qui maintenant se dirigeait en droite ligne sur le volcan.

On donne le nom de *plaine des Remparts* à une sorte de plateau élevé (2300 mètres en moyenne), large de 1500 mètres environ, qui s'étend de la rivière du même nom à celle de l'est. Son sol, extrêmement inégal, présente l'image d'un vaste chaos, formé de laves très-tourmentées, de scories en amas et de blocs projetés. Quelques cônes de scories peu élevés, disposés pour ainsi dire en séries parallèles, se dressent à sa surface. Elle se termine brusquement, dans l'est, par un escarpement en forme de croissant, dont les deux branches, très-écartées, viennent aboutir, dans le nord, à la coupée de la rivière de l'est, et dans le sud à celle de la rivière de l'Angevin. C'est là le premier enclos du volcan.

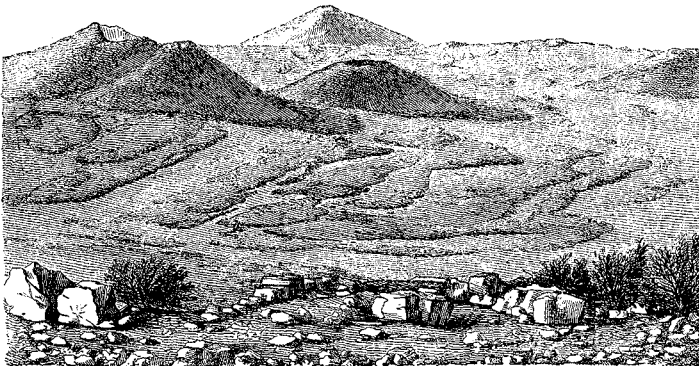
Du haut de cette muraille abrupte, taillée à pic sur plus de 150 mètres de hauteur, on apercevait une nouvelle plaine très-encaissée, celle dite *des Sables*, couverte à son origine de larges coulées noires, bizarrement étalées, d'un aspect sombre et triste, hérissée plus loin de cratères et de cônes de scories, offrant enfin partout l'emblème de la désolation et la marque des feux souter-

(1) *Latania borbonica* Lamarck.

rains. La cime du volcan, qui, dans le lointain, dominait ce tableau si étrange, nous apparaissait pour la première fois; le but de notre voyage allait être bientôt atteint.

On peut aisément franchir le rempart au pas des Sables; une crevasse conduisant à un talus d'éboulement, quelques coulées de laves disposées en retrait les unes au-dessus des autres, facilitent la descente, qui ne peut se faire cependant sans un grand nombre de lacets et demande près de trois quarts d'heure. C'est au bas de cette vaste et profonde coupée qu'on peut seulement se faire une idée de son aspect grandiose; elle est presque tout entière entaillée dans d'épaisses coulées de laves grises compactes, qui toutes se divisent en prismes énormes, peu réguliers, mais cependant très-distincts, et souvent comme écartés les uns des autres.

Fig. 8.



La plaine des Sables et le volcan, vus du sommet du premier enclos.

Ces laves ont la plus grande analogie avec celles des projections du cratère Commerson; ce sont des agrégats granulo-cristallins, bien discernables à la loupe, qui se composent de petits grains vitreux, blancs ou gris, entremêlés de granulations noires, au milieu desquels on distingue facilement quelques cristaux d'oli-

vine légèrement irisés, toujours isolés. La roche est encore très tenace, absolument dépourvue de pores et d'une grande densité, 2,89. Elle est entièrement cristallisée et se montre, au microscope, uniquement constituée par un enchevêtrement de cristaux de feldspath et d'augite, entre lesquels sont venus se loger une infinité de petits octaèdres de fer oxydulé, dessinant autour d'eux de petites lignes noires qui accusent nettement leurs contours. Les cristaux de feldspath, atteignant en moyenne $0^{\text{mm}},5$ de longueur, sont très nets et d'une grande limpidité; ils renferment quelques rares inclusions de magnétite, avec des pores à gaz extrêmement ténus. Entre les nicols croisés, on les voit se décomposer en quatre ou cinq bandes hémitropes qui présentent chacune une teinte différente, leurs axes d'élasticité optique n'ayant pas la même orientation. Leur action sur la lumière polarisée est faible; ils s'éteignent presque toujours sous des angles peu écartés de la direction de leurs arêtes longitudinales, et se rapportent ainsi à de l'oligoclase allongé suivant pg' . L'augite est en sections assez larges, d'un vert peu foncé, très transparentes, mais le plus souvent mal terminées; quelques-unes, faites suivant la base, sont traversées par deux systèmes de stries, parallèles aux faces m , faisant entre elles l'angle de 93 degrés; mais le plus souvent elles sont rectangulaires; présentent des stries irrégulières, quoique très accusées, et sont alors légèrement dichroïques. En supprimant le prisme polariseur et en faisant tourner sur son axe l'analyseur seul, on voit le cristal passer successivement du vert clair au vert bouteille assez foncé. L'augite des laves compactes du cratère Commerson présentait déjà, mais d'une façon plus atténuée, ce caractère anormal, qui appartient en propre à l'amphibole. J'ai dès lors cherché s'il n'y avait pas là mélange de ces deux espèces, en faisant l'analyse de petits cristaux verdâtres

de la roche. Il était très facile de les isoler à l'aide de l'acide fluorhydrique. 10 grammes de la roche finement pulvérisée, traités par cet acide, laissèrent un résidu de 5^{sr},60, qui se composait uniquement des cristaux en question, de fer oxydulé et de péricot. Le fer oxydulé fut enlevé à l'aide d'un barreau aimanté, le péricot trié au microscope, et les cristaux prismatiques verdâtres, ainsi séparés, donnèrent à l'analyse la composition suivante, qui est bien celle de l'augite :

Silice.....	48,76	26,00	
Alumine.....	5,81		
Oxyde ferreux.....	4,65	1,50	} 13,05
Oxyde ferrique.....	5,76		
Oxyde manganoux.....	0,20	0,07	
Chaux.....	21,82	6,23	
Magnésie... ..	13,13	5,25	
Soude.....	traces		
	<u>100,13</u>		
Perte au feu.....		0,40	
Densité.....		3,361	

L'excès de fer provient des quelques inclusions de magnétite contenues dans les cristaux analysés, et dont il avait été impossible de se débarrasser.

Outre les petites traînées de fer oxydulé que j'ai précédemment signalées, on trouve encore dans la roche de très-beaux octaèdres de cette substance, ayant jusqu'à 0^{mm},1 de côté, toujours groupés par deux ou par trois. Quant au péricot, il y est en petits grains arrondis, fissurés dans tous les sens et très-irrégulièrement distribués. Enfin, à ces divers éléments il faut encore ajouter l'apatite, qui se voit d'une façon tout à fait accidentelle, dans les préparations, en longs prismes incolores et rectangulaires, avec les sections transversales caractéristiques.

Ces laves sont ainsi identiques à celles qui forment une partie des parois et le sous-sol du cratère Commerson ; il est bien certain qu'elles appartiennent à la même phase d'éruption (1). Leurs centres d'émission, détruits dans les grands mouvements du sol qui ont amené le relief actuel, ont aujourd'hui complètement disparu ; il serait bien difficile de les reconstituer.

Il est à supposer qu'elles sont sorties par de larges fissures ouvertes dans les parties centrales de l'île, pour s'étaler ensuite en nappes continues. Leur épaisseur, la régularité de leurs surfaces qui ne ressemblent en rien à celles des coulées modernes, l'absence presque complète de scories ou de matériaux de projection entre les bancs contigus, leur tendance enfin à se décomposer en

(1) Ce fait, important pour l'histoire du volcan, n'avait pas échappé à Bory de Saint-Vincent, car, dans la relation de son voyage à la plaine des Sables, il déclare (vol. II, chap. XXVIII, p. 420) « que les prismes du rempart sont en tout pareils à ceux qui composent les ceintures du cratère Commerson, au niveau desquelles ils se trouvent, ce qui ne laisse nul doute que tous ces basaltes ne forment un même système ». Cet excellent observateur s'étend ensuite longuement sur leur mode de division prismatique, en cherchant à prouver que cette disposition n'est pas due à un simple retrait, mais qu'on doit y voir l'effet d'un travail de cristallisation opéré dans la roche alors qu'elle était encore fluide. Je n'ai pas besoin de réfuter cette hypothèse. La disposition des prismes, toujours normaux aux surfaces des coulées, montre que la forme prismatique est surtout dépendante de la rapidité plus ou moins grande du refroidissement, et par conséquent de la chaleur primitive de la matière fondue. La solidification des parties superficielles avant celle des parties intérieures et la contraction de celles-ci au moment de leur passage à l'état solide amènent nécessairement des phénomènes de retrait. La fréquence de cette structure pseudo-régulière dans ces roches s'explique par l'épaisseur même des coulées, qui ont été produites par des épanchements abondants et rapides, de telle sorte que probablement l'orifice de sortie de ces matières en fusion avait déjà cessé de fonctionner lorsque ces nappes écoulées étaient en grande partie à l'état liquide. Les laves modernes aux alentours ne présentent plus la même disposition, parce que leur sortie a été peu abondante et plus lente, et surtout parce qu'elle s'est toujours faite par coulées allongées, rapidement solidifiées à la surface, tandis que dans l'intérieur le liquide igné affluait toujours, comblant les vides et les retraits qui se produisaient.

prismes, sont autant de faits qui rendent cette explication vraisemblable. Il est, dans tous les cas, impossible de les croire en relation avec les cratères nombreux et les cônes de scories qui se dressent au-dessus d'elles; ces foyers, de formation très postérieure, les ont traversées à la manière du cratère Commerson et les ont en grande partie recouvertes sous leurs coulées et leurs projections.

Charles Sainte-Claire Deville, dont l'autorité en pareille matière est si incontestable, attribue de même les énormes accumulations de laves basaltiques qui constituent tout le massif central de Ténériffe à de larges ouvertures qui se seraient manifestées suivant l'axe de la chaîne montagneuse qui court d'une extrémité de l'île à l'autre. « On expliquerait ainsi suffisamment, dit-il (1), l'aspect plus tourmenté et la moindre épaisseur des nappes supérieures, qui ont dû prendre naissance de points de plus en plus élevés et s'étendre sur des pentes de plus en plus fortes. » Il en est de même ici; les laves qui, dans le rempart des sables, viennent directement au-dessus des grandes assises précédentes et forment suite avec elles, sont en coulées moins épaisses, moins régulières. Elles conservent la même composition, comme nous allons le voir, mais leur structure n'est plus la même; enfin leurs surfaces commencent à prendre les allures mouvementées des coulées récentes.

Ces nouvelles laves, qui forment la partie supérieure du pas, sont beaucoup plus foncées, moins cristallines en apparence que celles de la partie inférieure et n'ont plus le même aspect grenu. A la loupe, c'est à peine si l'on peut y reconnaître un grain fin et serré, mais on y distingue de petites lamelles feldspathiques minces, vitreuses, miroitantes, absolument soudées à la roche, avec quelques

(1) *Voyage aux Antilles*, t. I, p. 30.

grains de périclote d'un beau jaune. Une particularité intéressante de cette roche, c'est qu'elle est traversée par une grande quantité de vacuoles de formes irrégulières et de dimensions variables, mais cependant toujours allongées et disposées parallèlement au plan de la coulée; toutes sont vernissées par un enduit siliceux très brillant, et parfois occupées par de petites concrétions mamelonnées de même nature, complètement transparentes.

Cette roche, au microscope, se montre encore entièrement cristallisée; elle correspond exactement à celle qui est située sous les laves à anorthite, dans la paroi du cratère Commerson. L'oligoclase et l'augite, à l'état microlithique, forment comme un feutrage serré, au milieu duquel on remarque de belles sections rectangulaires très allongées (0^{mm} , 4 sur 0^{mm} , 08), qui appartiennent encore à l'oligoclase, avec d'autres à la fois beaucoup plus courtes et plus larges, bien terminées, très tricliniques, présentant les macles du sixième système, qui se rapportent au labrador, ainsi qu'il résulte d'un examen chimique des plaques.

L'augite s'y présente le plus souvent en petits grains verdâtres sans contours réguliers, mais parfaitement individualisés, et parfois aussi en cristaux bien définis de 0^{mm} , 3 sur 0^{mm} , 1. Le fer oxydulé est uniformément répandu dans toute cette roche, non plus en amas granulaires, mais en cristaux nets, très apparents, simples ou groupés, qui sont bien évidemment d'origine primaire, car on les retrouve en inclusions dans tous les autres éléments. Le périclote y est rare et à l'état accidentel, comme dans toutes les laves de ce massif.

Quant aux concrétions siliceuses des vacuoles, elles prennent à la lumière simple toutes les apparences de l'hyalite, c'est-à-dire qu'elles se décomposent en petites masses globulaires, à structure concentrique; mais leur action sur la lumière polarisée est

vive, les globules s'éteignent en entier ou par anneaux, quatre fois pour une rotation complète de la plaque, et se comportent ainsi comme le quartz globulaire (Michel Lévy), que j'ai déjà signalé dans certains trachytes du massif d'Aden⁽¹⁾. Ce quartz ne se présente plus ici comme une exsudation de la roche; il en est, au contraire, complètement indépendant; c'est un produit de remplissage d'origine secondaire, dont la formation ne peut même pas être attribuée à une décomposition des silicates de la roche, par suite de dégagements de vapeurs d'eau portés à une haute température, car ces éléments ne paraissent nullement altérés, et la magnétite, qui n'eût pas manquer de s'oxyder en pareil cas, est absolument intacte.

Le sous-sol de la plaine des Remparts se trouve donc ainsi constitué par des laves oligoclasiques à augite, dans lesquelles le labrador n'apparaît que rarement parmi les éléments anciens, tandis que ce feldspath domine, au contraire, dans les éléments microlithiques des premières coulées du volcan actuel, dont les produits deviennent de plus en plus basiques. Leurs assises devaient autrefois former un sol continu, qui s'étendait à toute cette extrémité de l'île; ce sont elles, en effet, qui supportent encore les laves et les scories de la plaine dite *des Sables*, comme on peut s'en assurer au pas de Bellecombe, dans le nouveau rempart qui précède immédiatement le volcan. Les grands effondrements qui ont présidé à la formation des enclos les ont interrompues, en donnant lieu à de brusques dénivellations du sol, à ces affaissements considérables qui ont amené, d'une part, la chute de la plaine des Sables et, de l'autre, celle de tout le massif au centre duquel s'est établi le volcan.

(¹) *Ante*, p. 22.

Le rempart, en haut du pas des Sables, a 2431 mètres d'altitude; la plaine qui s'étale à ses pieds est abaissée à 2296 mètres; elle se relève régulièrement vers l'ouest, c'est-à-dire vers le volcan, et vient aboutir au sommet du rempart de Bellecombe, qui s'élève à 2360 mètres en moyenne. Son étendue, dans cette direction, est de 3 kilomètres environ.

Elle tire son nom, sans doute, d'une énorme accumulation de petits fragments de laves, qui forment à sa surface un manteau uniforme de plus de 1 mètre d'épaisseur. Il nous fallut près de deux heures pour la traverser; la marche, au travers de ces matériaux meubles qui cèdent et roulent sous les pas, était, en effet, pénible et fatigante à l'excès. Tous ces débris, absolument analogues à ceux que nous avons rencontrés soit sur les flancs de la petite vallée où nous avons passé la nuit précédente, soit en maints endroits de la plaine des Remparts, ne dépassent guère le volume d'une noix; ils sont anguleux et sans formes déterminées. Leurs arêtes vives et tranchantes causèrent à nos chaussures des avaries regrettables, et nos porteurs, qui, pour la plupart, avaient les pieds et les jambes nus, ou garnis seulement de quelques mauvais morceaux de sacs de vacoua⁽¹⁾, n'en sortirent que tout meurtris.

Ces petits fragments, formés d'une matière complètement amorphe, peu transparente et criblée de vacuoles, sont généralement vitrifiés sur une ou deux de leurs faces, qui paraissent alors

(¹) Ces sacs, qui servent à l'emballage des sucres et du café, sont fabriqués avec les feuilles d'un arbre de la famille des pandanées (*Vinsonia utilis* Gaud, ou *Pandanus utilis* Bory), qu'on nomme dans le pays *vaquois* ou *vacoua*. La population pauvre découpe en lanières ceux qui sont en mauvais état et qu'on a rejetés, pour s'en faire des chaussures grossières.

brillantes et d'un beau noir de poix, avec des traces d'étirement très marquées, tandis que les autres montrent bien l'aspect spongieux de la roche et prennent une teinte jaunâtre ou couleur de rouille. Cette texture cellulaire leur communique une légèreté telle, qu'ils peuvent flotter sur l'eau; aussi les vents les déplacent avec la plus grande facilité et viennent les accumuler, sur plusieurs mètres d'épaisseur, au pied des remparts qui circonscrivent la plaine, ou sur les flancs des pitons de laves et des cônes de scories qui se dressent à sa surface. Ces fragments constituent ainsi, à la base du rempart, un sol mouvant très incliné, presque infranchissable.

Ce sont là bien évidemment des produits de projection tout à fait particuliers; ils sont absolument en rapport avec la formation de ces gallinaces filiformes (*cheveux de Pelée*) si fréquemment rejetées par le volcan et dont nous aurons à nous occuper plus loin : c'est dire qu'ils sont dus à de véritables jets de laves visqueuses, qui se sont élancés hors des cratères si nombreux de la plaine, où ils se sont étirés en se séparant brusquement de la masse en fusion. Dès que ces laves ont été en contact avec l'atmosphère, elles se sont coagulées immédiatement à la surface, puis ont laissé échapper une quantité considérable de vapeurs, d'où leur aspect tuméfié; entièrement consolidées et fissurées dans tous les sens, au moment de leur chute sur le sol, elles s'y sont brisées en mille fragments. Les vents et les pluies se sont chargés ensuite de réunir tous ces matériaux incohérents et de les accumuler dans les parties les plus basses de la plaine.

Bien des explications en ont été tentées : M. Maillard, par exemple, suppose que ces laves s'étaient autrefois en une coulée continue, qui, s'étant trouvée, lors de sa sortie, en contact immédiat avec de grandes masses, s'est refroidie brus-

quement, et par suite fendillée en parcelles presque régulières ⁽¹⁾; d'autres ont pensé qu'elles provenaient des parties superficielles de quelques coulées vitrifiées à la surface par suite d'un refroidissement rapide. Mais la faible épaisseur de ces débris (0^m,01 en moyenne), l'état également vitreux de leurs surfaces inférieure et supérieure, les petits cylindres étirés et aplatis, les petites gouttelettes pyriformes qu'on y remarque fréquemment, sont autant de faits dont ne peuvent rendre compte ni l'une ni l'autre de ces deux hypothèses ⁽²⁾.

On pourrait encore les expliquer en admettant le froissement d'une coulée pendant son ascension dans la cheminée volcanique, froissement qui aurait donné à la masse un état moléculaire particulier, analogue à celui que prend le zinc en fusion quand on le brasse pour le réduire en poudre, alors qu'il avoisine son point de solidification; mais, dans tous les cas, leur sortie s'est toujours faite à la manière des projections.

Ces laves vitreuses existent depuis longtemps dans toutes les collections d'Europe; Cordier les désignait sous le nom de *gallinace lapillaire* ⁽³⁾. Leur densité est de 2,13; entièrement décomposables par les acides, elles fondent facilement au chalu-

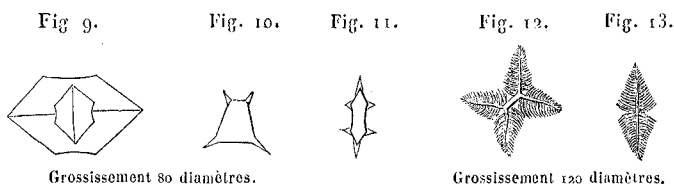
(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, t. X, p. 501.

(2) Je dois cependant faire une réserve pour la seconde, car il est bien certain que, soit dans la plaine des Sables, soit et surtout dans celle des Remparts, des coulées entièrement vitreuses, comme celles du cratère Commerson, ou seulement vitrifiées à leur surface supérieure, sur une épaisseur de quelques centimètres, se sont délitées en petits fragments plus ou moins anguleux, qui se sont mélangés aux précédents, mais dans une proportion relativement faible.

(3) CH. D'ORBIGNY, *Description des roches*, p. 243. Cette épithète doit être prise ici dans le sens absolu de l'étymologie du mot (*lapillus*, petit fragment), car elles ne ressemblent en rien aux lapilli des Italiens.

meau en une perle d'un beau noir de poix ⁽¹⁾ et renferment jusqu'à 11 pour 100 d'eau, avec une faible proportion de silice, 54 pour 100; elles sont ainsi basiques et hydratées.

Les lamelles minces qu'on en obtient sont bien transparentes; elles montrent un verre homogène, complètement amorphe, d'une belle couleur brune, peu foncée et uniforme par réfraction, légèrement verdâtre ou jaune par réflexion. Outre les nombreuses vacuoles qui le traversent, on y remarque encore une grande quantité de pores à gaz de toutes dimensions, dont les contours, déjà très accusés, sont encore accentués par ce fait qu'une matière granuleuse noire s'est isolée de la pâte pour se réunir à leur pourtour. Ces mêmes granules, qui peuvent être attribués à du fer oxydulé, se retrouvent dans la roche en amas irréguliers, qui troublent sa transparence. Dans les parties claires de la pâte, on remarque un grand nombre de formes cristallitiques assez singulières, comme celles que représentent les *fig. 9, 10 et 11*, qui indiquent un commencement de cristallisation du



Cristallites et trichites dans les laves de la plaine des Remparts.

magma vitreux, arrêté, sans doute, par suite d'un refroidissement subit; elles sont sans action sur la lumière polarisée, leurs contours sont extrêmement déliés, mais elles se distinguent cependant très facilement à la lumière transmise, parce qu'elles sont presque

(1) Leurs arêtes s'émousent encore et fondent sensiblement à la seule chaleur de la lampe à alcool.

incolores, tandis que tout autour d'elles la pâte est très colorée. Des cristallites et des trichites dispersés çà et là, sans aucune régularité d'arrangement, les accompagnent et souvent, par leur réunion, donnent lieu aux formes les plus bizarres, à des apparences de fleurs ou de plumes, comme celles des *fig.* 12 et 13.

Enfin il faut citer deux éléments entièrement cristallisés : un feldspath, en petits microlithes rectangulaires, assez allongés, se décomposant entre les nicols croisés en deux lamelles hémitropes qu'on pourrait considérer comme un groupement de sanidine, suivant la loi de Carlsbad, si les sections ne s'éteignaient pas toutes très obliquement par rapport à leurs arêtes longitudinales ; et du péridot, qui se trouve soit en grains assez volumineux, très arrondis, craquelés, renfermant de la magnétite, évidemment entraînés, soit et surtout en petits cristaux parfaitement nets, qui ont bien certainement pris naissance dans ce milieu, comme l'indique la nature de leurs inclusions vitreuses ; ils descendent souvent à l'état microlithique, et leur dimension en longueur ne dépasse pas 0^m,001.

Ces derniers cristaux, très remarquables, s'obtiennent dans un grand état de netteté en faisant dissoudre la roche, finement pulvérisée, dans l'acide fluorhydrique ; ils se présentent alors suivant la forme primitive de l'espèce, c'est-à-dire en prismes rhomboïdaux droits, parfaitement réguliers, ou parfois en petits octaèdres, à base rectangle, assez surbaissés.

A la surface de certaines coulées, qui émergent au milieu de ces débris sur d'assez grands espaces, et surtout dans le lit des petits ravins peu encaissés qui drainent la plaine à son origine et se rendent dans les différents bras de la ravine de l'est, on remarque des amas, souvent énormes, de sables jaunâtres com-

posés uniquement de cristaux brisés, plus ou moins roulés, de périclase et d'augite. Tous ces fragments cristallins sont de petite dimension; l'augite, d'un beau noir, en prismes allongés, très brillants, simples ou maclés suivant h^1 , offrant la combinaison, si fréquente dans l'espèce, des faces $h^1 m g^1 b^{\frac{1}{2}}$, atteint parfois $0^m,01$ en hauteur, mais le plus souvent ces cristaux sont courts et ne dépassent pas $0^m,003$ à $0^m,004$. Ceux de périclase, beaucoup plus abondants, sont aussi beaucoup plus fragmentés; cependant on y remarque encore de beaux cristaux bien nets, très brillants et d'une grande pureté, dont les dimensions oscillent entre $0^m,003$ et $0^m,005$ et qui se présentent aplatis suivant p , avec les combinaisons $h^1 g^1$; $p a^1 e^1 e^{\frac{2}{1}}$. Ces individus sont fréquemment maclés suivant p ; ils se rapprochent, par leur forme, de la chrysolithe d'Orient, tandis que les faces, restées distinctes sur la plupart des fragments qui composent la masse de ces sables, semblent plutôt indiquer les combinaisons habituelles des olivines de Torre del Greco. Quelques pointements, par exemple, m'ont présenté les faces $h^1, g^3, a^1, b^{\frac{2}{1}}$ parfaitement nettes. Les premiers sont d'un beau jaune, les seconds d'un vert d'olive assez foncé; tous sont peu altérés, très translucides, et d'une grande pureté. Au microscope, on y remarque seulement quelques rares inclusions de magnétite; les augites sont, au contraire, remplis d'inclusions de périclase et d'apatite, tantôt accumulées au centre du cristal, ou l'occupant même presque tout entier, tantôt distribuées régulièrement par rapport aux contours extérieurs, et dessinant alors de belles zones d'accroissement.

Ce sont encore là des produits de projection : ces deux minéraux, ramenés du fond, ont été rejetés à l'état de masses granulaires, plus ou moins volumineuses, peu agglutinées, qui se

sont désagrégées rapidement; on en retrouve, de loin en loin, quelques blocs de la grosseur du poing, qui s'égrènent facilement sous les doigts.

Bory de Saint-Vincent ne manque pas de signaler ces masses de péridot dans la plaine des Sables; il remarque même qu'elles sont assez nombreuses et cherche à expliquer leur présence au milieu des débris de scories et de laves vitreuses qui recouvrent la plaine : « Peut-être, dit-il en terminant leur description, les laves qui les enserraient ont-elles été détruites? peut-être ont-elles été vomies par les volcans sous la forme où elles se présentent (1)? » De ces deux explications, la seconde est de beaucoup la plus probable. La première semble cependant avoir prévalu jusqu'à présent, car on a toujours attribué cette accumulation réellement prodigieuse de cristaux au démantèlement de quelques coulées basaltiques, surchargées de péridot, comme celles qui sont rejetées habituellement par le volcan; mais, dans ces laves, le pyroxène et le péridot, très-abondants sans doute, sont tout à fait différents; ce dernier, en particulier, se montre toujours rempli d'inclusions vitreuses, tandis que celui des Sables n'en contient pas et ne saurait, par conséquent, avoir la même origine. De plus, la composition de ces deux péridots est loin d'être la même, ainsi qu'on peut en juger par les analyses suivantes :

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 425.

	I. PÉRIDOT DE LA PLAINE DES SABLES.		II. PÉRIDOT EXTRAIT D'UNE DES LAVES RÉCENTES DU VOLCAN.	
	Composition en centièmes.	Oxygène.	Composition en centièmes.	Oxygène.
Silice	39,96	21,31	40,09	21,38
Alumine	2,33		0,57	
Oxyde ferreux	6,28	1,39	13,24	2,94
Oxyde manganéux	"		0,15	0,03
Chaux	2,05	0,58	1,08	0,31
Magnésie	49,18	19,67	44,90	17,96
Acide titanique	"	D = 3,364	traces	D = 3,409
	<u>99,80</u>		<u>100,03</u>	

Le péridot de la plaine des Sables se distingue par sa faible teneur en protoxyde de fer et en silice. Avec une notable proportion d'alumine, on y remarque une quantité presque égale de chaux, qui doit réellement faire partie du minéral à l'état d'élément intégrant, car tous les cristaux analysés, choisis avec soin, étaient parfaitement purs et exempts d'inclusions. Ce n'est pas là un fait isolé; diverses analyses ont, en effet, révélé déjà dans la composition du péridot des roches volcaniques une proportion de chaux presque égale ⁽¹⁾ et même supérieure ⁽²⁾.

Celui des laves est beaucoup plus ferrugineux; sa composition est bien voisine de celle des péridots du Vésuve, analysés par

(1) 2,35 dans le péridot d'un basalte de Petschau (Bohême), par Rammelsberg (*Handbuch der Mineralchemie*, p. 438, n° 10.)

(2) 2,90 et 3,97 dans divers péridots extraits des laves de Santorin, par M. Fouqué [*Analyses des laves de la dernière éruption de Santorin (Mém. des Savants étrangers à l'Acad. des Sciences*, t. XXII, n° 11, p. 11 et 12)]. — 5,12 dans le péridot d'une lave basaltique du pic de Fogo, par Ch. Sainte-Claire Deville (*Études géol. sur les îles de Ténériffe et de Fogo*, p. 141).

Walmstedt et Kalle (1) (tandis que le précédent se rapproche plutôt de ceux que nous avons déjà cités, des laves à anorthite de Santorin). La petite proportion de chaux et les traces d'acide titanique constatées proviennent, en totalité ou en partie, de quelques inclusions d'apatite et de fer titané contenues dans les cristaux analysés, inclusions bien reconnaissables au microscope et dont je n'avais pu les débarrasser entièrement; il en est de même de l'excès de silice, qui doit être rapporté aux inclusions vitreuses : nous verrons, en effet, plus loin, que la matière amorphe si fréquemment emprisonnée dans ces cristaux est un verre acide.

Les sables périclitiques et les projections vitreuses qui donnent à cette plaine aride un aspect si singulier reposent sur des laves grisâtres à base d'oligoclase et d'augite, très analogues à celles de la plaine des Remparts, quoique plus riches en périclit. Indépendamment de ces coulées, qui sont très puissantes, on remarque encore, en avançant vers l'ouest, d'autres coulées très particulières, formées d'une lave d'un gris d'acier, très-dense, très compacte, qui tantôt s'étalent en nappes peu étendues, très accidentées, tantôt et le plus souvent se brisent en dalles grossières, anguleuses, dressées les unes au-dessus des autres, avec des amas scoriacés, en donnant lieu à un chaos indescriptible.

Elles sont remarquablement riches en fer oxydulé et se composent essentiellement d'augite, disséminée en granules ou en cristaux assez nets dans une matière feldspathique, transparente, incolore, peu développée, qui se résout, entre les nicols croisés,

(1) *Analyses des périclites du Vésuve* : (a) *Walmstedt*; (b) *Kalle* (RAMMELSBERG, *Mineraichemie*, p. 428) :

	Silice.	Alumine.	O. ferreux.	O. manganoux.	Magnésie.	Sommes.
a. . . .	40,12	0,14	15,32	0,29	44,54	100,41
b. . . .	40,35	»	12,34	»	46,70	99,39

II. — 2^e Part. N^o 2.

en une infinité de petits microlithes qui s'éteignent sous des angles de 2 à 16 degrés par rapport à leurs arêtes longitudinales. L'acide nitrique, même bouillant, n'exerce sur eux aucune action; il est vraisemblable qu'ils appartiennent à l'albite. Au milieu de ce magma cristallin, on distingue quelques cristaux anciens et en débris d'oligoclase, d'augite et de périclase; ce dernier est assez abondant, toujours avec un aspect craquelé et des angles arrondis.

Les orifices de sortie de ces laves pyroxéniques sont bien certainement dans quelques-uns des pitons ou des cônes de scories qui se voient si nombreux à l'extrémité occidentale de la plaine. Tous ces monticules, souvent très rapprochés les uns des autres, sont d'origine relativement récente et se sont fait jour après l'affaissement qui a produit l'enclos; leurs contours parfaits, si réguliers, attestent leur peu d'ancienneté. C'est à eux que sont également dues les projections vitreuses qui recouvrent la plaine et lui ont valu son nom; ils en sont, d'ailleurs, en grande partie formés. Les uns se présentent comme de simples mamelons; d'autres sont terminés par des orifices cratériformes assez évasés, d'où se sont épanchées des coulées de laves basiques tantôt essentiellement vitreuses, tantôt très denses et très compactes et se présentant au microscope avec tous les caractères des laves augitiques décrites plus haut (1).

Les appareils de ce vaste système éruptif sont en général peu élevés, et chacun d'eux ne paraît avoir eu qu'une durée très limitée; il en est cependant quelques-uns, plus importants, qui

(1) Je ne puis malheureusement pas donner une idée de la composition des divers produits de ces volcans, les échantillons nombreux que j'en avais recueillis ayant tous été perdus. Pendant notre retour, les Indiens chargés de porter ces collections, profitant des rares instants où ils ne pouvaient pas être surveillés, en jetèrent une grande partie.

s'élèvent à près de 100 mètres au-dessus du niveau de la plaine, comme le cratère Chisny, mais qui sont alors isolés, tandis que les autres sont pour ainsi dire groupés et rapprochés au point de ne laisser entre eux que des gorges profondes ou de petites vallées étroites, obstruées par les laves ; ce sont là de véritables paysages lunaires.

Puis la plaine se termine par un petit talus faiblement incliné, couvert d'une maigre végétation, qui vient aboutir au sommet d'un rempart moins élevé, mais plus abrupt encore que celui des Sables.

Ce nouvel enclos se présente comme une grande muraille circulaire, complètement à pic, qui semble infranchissable : à sa base règne une plaine, ou mieux une sorte de plate-forme, entièrement recouverte par les laves, et du milieu de laquelle s'élève majestueusement, avec sa forme régulièrement conique, la montagne du Volcan (1).

Rien ne nous en masquait plus la vue désormais. Du point où nous avons abordé l'escarpement, le spectacle était imposant, et je me souviendrai toujours de l'émotion que j'éprouvai à la vue de cette scène grandiose où se déroulaient dans toute leur puissance les effets des forces souterraines. Aussi loin que la vue pouvait s'étendre, on n'apercevait plus que les ondulations infinies des laves, prenant tantôt l'aspect d'un torrent impétueux, tantôt celui d'une mer orageuse, dont les eaux agitées se seraient solidifiées instantanément. Partout l'image de la dévastation, au milieu d'une solitude immense ! L'ombre portée par le rempart plongeait toute la plaine dans une obscurité qui augmentait encore la profondeur de l'abîme ouvert à nos pieds, tandis que la

(1) *Pl. X, fig. 1.*

cime du volcan, frappée directement par les rayons éclatants du soleil couchant, apparaissait tout éblouissante de lumière. Dans le fond, la mer semblait se confondre avec le ciel. Nous restâmes plus d'une heure fixés à cet endroit.

Mais le jour baissait ; il nous fallut poursuivre notre route pour gagner, dans ces escarpements, un point praticable qui nous permît de les franchir, et vers cinq heures, après avoir longtemps suivi les crêtes, nous atteignîmes celui qu'on désigne sous le nom de *pas de Bellecombe*.

Là, dans le haut de la falaise (2364 mètres), sous un banc de lave qui fait saillie, une excavation assez profonde forme un mauvais abri, bien connu de tous ceux qui ont fait l'ascension du volcan (1), car on doit y passer la nuit, exposé à l'humidité et à un vent glacial. L'eau suinte de tous côtés dans cette caverne, et la température, à cette hauteur, tombe brusquement très près ou même au-dessous de zéro après le coucher du soleil.

Pendant que nos hommes préparaient le campement, comme il nous restait encore quelques instants de jour, nous ne pûmes résister, malgré nos fatigues, au désir de visiter un magnifique petit cône de scories qui se dressait au milieu des laves, immédiatement au-dessous de nous. Le temps pressait d'ailleurs ; le lendemain, toute notre journée devait être uniquement consacrée à l'ascension du grand cône qui supporte le cratère brûlant.

La hauteur du rempart au-dessus du niveau de la plaine, au pas de Bellecombe, est de 108 mètres, d'après nos observations baro-

(1) Le plus grand nombre de ceux qui tentent cette ascension s'arrêtent à cette caverne du pas ; c'est là, du moins, ce que nous a déclaré notre guide, qui s'attendait à ce que nous n'irions pas au delà, et que notre résolution de franchir le passage a beaucoup surpris. Il n'était, lui-même, jamais parvenu jusqu'au cratère, ainsi que nous l'avons appris le lendemain, à nos dépens.

métriques (1); aussi la descente, qui ne peut se faire sans quelques difficultés, exige-t-elle près de trois quarts d'heure. C'est, à vrai dire, le seul endroit dangereux de toute l'ascension du volcan. Il faut tantôt passer sur des talus extrêmement inclinés, où l'on ne trouve pas une plante pour se retenir, tantôt suivre en se courbant d'étroites saillies rocheuses et souvent se confier aux broussailles qui poussent dans les anfractuosités des laves pour glisser d'une coulée à l'autre. Partout l'abîme est béant sous les pas.

Toute cette muraille gigantesque, disposée en un magnifique amphithéâtre dont le diamètre peut avoir 6500 mètres, se compose d'un nombre considérable de coulées de laves, presque horizontales, régulières et parallèles entre elles, alternant avec quelques lits de matériaux fragmentaires plus ou moins agglutinés. Ces laves augmentent d'épaisseur à mesure que l'on descend, et, finalement, leurs bancs inférieurs, grisâtres et compactes, montrent une tendance à se subdiviser en prismes, comme ceux de la base du rempart des Sables; elles en ont vraisemblablement la composition (2) et doivent être également dues à de puissantes éruptions, dont le volcan moderne ne nous donne plus qu'une image affaiblie, et qui pendant longtemps se sont succédé d'une façon lente et

(1) On a beaucoup exagéré cette hauteur; M. Maillard, dans ses *Notes sur la Réunion*, p. 128, lui donne à tort 252 mètres; Richard von Drasche, 1000 pieds; Bory, t. III, p. 64, se rapproche beaucoup plus de la vérité en lui attribuant 300 pieds d'élévation. Il en est de même de l'altitude du sommet du rempart, en ce même endroit, que M. Maillard évalue à 2556 mètres, tandis que deux observations barométriques différentes, faites immédiatement à l'entrée de la petite crevasse qui conduit à la caverne, nous ont fourni les chiffres suivants, qui sont très-concordants: 2370 mètres; 2366 mètres. L'altitude de la plaine des laves, à la base du rempart, est de 2256 mètres.

(2) Toutes les roches recueillies dans ce rempart sont encore au nombre de celles qui ont été perdues pendant notre retour.

continue, sans paroxysme, sans phases d'activité diverses, couvrant des étendues considérables sous leurs coulées immenses.

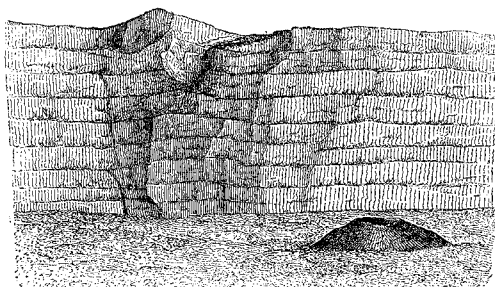
Il est évident que de pareilles masses de matières ne peuvent être sorties de la terre sans laisser au sein de la montagne qui les a rejetées, de grandes cavités produites par des érosions souterraines opérées par la force d'entraînement et l'action dissolvante des vapeurs et des laves; ces excavations pouvaient se combler à mesure par les apports incessants des matières en fusion, tant que les phases éruptives se poursuivaient sans interruption, mais leur voûte s'est écroulée quand l'activité volcanique s'est trouvée ralentie. C'est là l'origine la plus probable de ces enclos, de ces vastes cirques à parois verticales qu'on n'a pas manqué de comparer jusqu'à présent, mais à tort, à d'immenses cratères de soulèvement.

Ces effondrements une fois produits, les dépressions se sont ensuite agrandies par des explosions qui, à une nouvelle reprise des forces volcaniques, se sont faites, dans ces points de moindre résistance, en projetant les portions de voûte fracturées; c'est ainsi que de nouveaux volcans se sont établis sur les ruines de l'ancien. Ces deux phénomènes consécutifs, affaissement, puis explosion, suffisent donc pour expliquer aussi bien la formation de l'enceinte au fond de laquelle nous étions maintenant arrivés que celle du nouveau cône éruptif qu'elle circonscrit.

Le petit monticule rouge qui, vu de la caverne de Bellecombe, nous avait paru très-rapproché du rempart, en est encore assez éloigné; c'est un cône assez étalé, qui n'a rejeté que des scories et s'est anciennement manifesté à l'extrémité d'une coulée. Il se trouve maintenant complètement isolé et enveloppé par des laves plus récentes, au-dessus desquelles il ne s'élève plus que de 12 à 15 mètres. Sa circonférence, à la base, peut être de

250 à 300 mètres ; il est tronqué à son sommet par deux orifices cratériformes très évasés, dont les parois régulières, et tout à fait comparables à celles de ces petites embûches que tendent dans le sable les myrméleons lui ont fait donner, depuis longtemps, le nom si justifié de *Formica-leo*. Ce petit appareil adventif se compose de scories aux couleurs vives, où les tons noirs, jaunes et rouge vif dominant ; sa durée a été très limitée et ne s'est même pas prolongée longtemps par des dégagements de gaz et de vapeurs, ainsi qu'il arrive souvent, si l'on en juge par le peu d'altération des scories et l'absence complète à leur surface de produits cristallins.

Fig. 14.



Le Formica-leo au pied du rempart de Bellecombe.

Toutes ces projections sont formées d'une pâte vitreuse, boursoufflée par les gaz, dans laquelle on distingue au microscope, avec une multitude de petits cristaux d'augite et de fer oxydulé, quelques belles sections allongées de feldspath labrador, remplies d'inclusions vitreuses et de pores à gaz. Leur rubéfaction est due à une oxydation complète du fer oxydulé, qui s'est produite non-seulement à la surface, mais jusque dans les parties centrales, plus compactes.

Le jour était presque complètement tombé quand nous eûmes

rejoint notre campement, en nous guidant sur la lueur d'un immense brasier que nos gens avaient allumé à l'entrée de la caverne. Le lendemain, au lever du soleil, nous prîmes nos dispositions pour faire l'ascension du cratère. Aucun de nos porteurs ne consentit à nous suivre ; ni les menaces ni les promesses d'une forte récompense ne purent triompher de leur mauvais vouloir et de leur crainte superstitieuse. A la fin cependant, après bien des pourparlers, un seul d'entre eux consentit à descendre avec nous pour porter la provision d'eau nécessaire à l'installation des appareils destinés à recueillir et à analyser les gaz issus des fumerolles du volcan.

On remarque à la base du rempart une plaine comparable à l'Atrio del Cavallo du Vésuve ; les coulées viennent en effet butter directement contre les parois de l'enceinte et forment un plateau horizontal assez étendu, qui se relève bientôt en un terre-plein faiblement incliné (3 à 5 degrés), au-dessus duquel se dresse, sous des pentes très-régulières, la montagne du Volcan.

L'aspect de cet immense champ de laves est des plus réguliers et défie toute description. Ce ne sont pas là ces étonnantes accumulations de blocs informes, entassés confusément les uns au-dessus des autres, ces *malpays* des volcans mexicains ou ces *cheires* de l'Etna, qu'on a si justement comparées à des rivières qui charrient au moment de la débâcle des glaces ; le désordre y est moins apparent. Les torrents de matières en fusion qui se sont échappés des flancs de la montagne ou se sont épanchés de son sommet sont venus se réunir et s'étaler à la base en nappes continues, dont les surfaces tourmentées trahissent seules des convulsions qui, pendant longtemps, ont agité ces masses liquéfiées. Ces surfaces étirées, ridées dans le sens du mouvement des coulées, marquées de cannelures profondes, indiquent en effet que les

laves très fluides, loin de solidifier rapidement, sont restées longtemps à l'état pâteux.

L'enveloppe solide, mince et peu résistante, qui se formait par suite du refroidissement, impuissante à contenir les tempêtes de la mer de feu qu'elle recouvrait, se fracturait à chaque instant, et, de ces crevasses multiples, la lave, poussée par la pression des nouvelles matières sortant de la fournaise, soulevée par les gaz et les vapeurs qui s'en dégageaient, s'échappait en reproduisant sur une petite échelle les phénomènes qui avaient lieu à l'orifice principal. De là viennent ces bourrelets, ces longs tubes, plus ou moins cylindriques, tordus comme des câbles gigantesques, qui semblent à chaque pas faire hernie à la surface des coulées.

On peut distinguer ainsi un certain nombre de coulées différentes qui, se recouvrant les unes les autres, appartiennent à des phases éruptives diverses. Leur composition varie peu. Toutes sont très-denses, 2,89, très basiques, puisque leur teneur moyenne en silice ne dépasse pas 43,60 pour 100 (¹), et d'une grande ténacité. Très peu altérées superficiellement, elles sont, à leur surface supérieure, presque complètement vitreuses et d'un noir brillant, sur une épaisseur qui ne dépasse jamais 0^m,01. Dans les parties profondes, elles sont de coloration plus claire, à pâte cryptocristalline très serrée, et criblées en même temps de grandes vacuoles. A l'œil nu, on ne peut y reconnaître qu'un périclase vitreux, jaune clair et transparent, répandu dans toute la roche en gros grains arrondis, souvent craquelés, avec quelques petites sections feldspathiques d'un blanc grisâtre.

Au microscope, dans les plaques minces, on voit de suite que

(¹) Cette teneur en silice, qui résulte de deux analyses, est celle de la roche, privée des gros cristaux d'olivine qu'elle a entraînés.

ces gros cristaux de péridot, toujours brisés, profondément corrodés, comme s'ils avaient été en partie refondus ou dissous, ont dû subir des actions mécaniques et chimiques intenses; leur origine est par conséquent bien ancienne. Ils sont néanmoins peu altérés et se colorent, entre les nicols croisés, des plus brillantes couleurs de polarisation. Avec des inclusions cristallisées de fer oxydulé, qui sont si habituelles dans ce minéral, on remarque de grandes cavités, à contours régulièrement ovalaires très-accusés, remplies d'une matière amorphe granuleuse brune, assez foncée, du sein de laquelle tendent parfois à s'isoler quelques petits cristaux aciculaires qui apparaissent, dans la lumière polarisée, comme de minces traits brillants.

A côté de ces péridots, il en est d'autres, beaucoup moins abondants et de dimensions plus restreintes, dont les sections ont toujours leurs arêtes bien nettes et qui se distinguent facilement des précédents par la nature tout à fait différente de leurs inclusions. Celles-ci sont en effet encore vitreuses, mais formées d'une substance très transparente, jaunâtre, peu réfringente et le plus souvent remplie de petites bulles gazeuses, sans jamais présenter de parties cristallines. Il est évident que ces deux sortes de cristaux n'ont pu prendre naissance dans le même milieu; les derniers appartiennent en propre à la roche, ils ont dû cristalliser après son épanchement.

On en trouve du reste la preuve en examinant des coupes, taillées dans les parties vitreuses qui forment la surface des coulées. Là, les cristaux de péridot, corrodés et arrondis, font, pour ainsi dire, entièrement défaut, tandis que les belles sections des seconds sont nombreuses et très-souvent maclées. Elles paraissent disséminées dans un verre transparent, peu coloré, qui se trouve être identique à celui qui est contenu dans leurs inclusions.

Ces laves, dans les parties plus profondes des coulées, sont entièrement cristallisées. Indépendamment des cristaux précédents, un beau feldspath triclinique, dont les sections allongées sont quelquefois courbées et même brisées, s'isole au milieu d'un magma cristallin composé de fer oxydulé, d'augite, de péricot et d'anorthite.

Le fer oxydulé est très abondant, soit en granules, soit en sections losangiques, simples ou groupées. C'est là encore un élément ancien que la lave a amené tout formé; il est très rare dans les parties vitreuses de la surface. L'augite est en petits grains brun clair ou verdâtres de 0^{mm},04 en moyenne et plus rarement en sections octogonales, qui sont rugueuses, renferment quelques inclusions vitreuses et des cristaux de fer oxydulé. Ces dernières, à cause de leur aspect chagriné, se distingueraient à peine du péricot à la lumière simple, si on ne les voyait traversées par deux systèmes de plans de clivage se coupant presque à angle droit et parallèles aux faces principales. Ces sections sont faites suivant la face *p*; elles s'éteignent entre les nicols croisés suivant les faces inclinées *g'* et *h'*.

Avec ce pyroxène, des microlithes feldspathiques assez bien terminés dessinent par places une belle structure fluidale. Rarement maclés, ils se montrent beaucoup plus réfringents que les grandes sections feldspathiques citées plus haut et s'éteignent assez régulièrement sous des angles très écartés de leurs arêtes longitudinales, comme ceux que peut seul donner l'anorthite.

En soumettant les plaques à un examen chimique, on peut facilement vérifier cette détermination, car, après une digestion de quelques heures dans l'acide chlorhydrique chaud, tous ces microlithes, complètement attaqués, deviennent nuageux et

perdent toute action sur la lumière polarisée. Il en est de même des grands cristaux, qui se rapportent ainsi à la même espèce.

Après l'attaque précédente, la préparation est tout entière troublée, le fer oxydulé a disparu en partie, et dans la pâte de la roche l'augite, un peu décoloré, reste seul avec sa transparence et ses teintes vives de polarisation. Tous les cristaux de péridot sont profondément modifiés, en partie dissous, et l'on peut alors reconnaître que ce minéral est plus abondant que ne l'indiquait l'examen microscopique seul : une partie des petits granules verdâtres, qui, dans la pâte, semblaient tous de nature augitique, doivent lui être attribués.

Ces laves se recouvrent généralement d'une sorte de croûte superficielle peu épaisse, qui se sépare facilement et s'enlève en larges plaquettes, dont les surfaces inférieures, très irrégulières, hérissées de petites gouttelettes stalactiformes, sont lisses et brillantes comme si elles avaient été enduites d'un vernis ; puis elles se montrent au-dessous très-boursoufflées, criblées de cellules arrondies dues aux expansions des gaz, et ne se montrent compactes que dans les parties profondes. Une autre disposition qu'il importe de signaler, c'est leur tendance à se creuser des canaux, dont les dimensions en longueur peuvent devenir considérables, et dans l'intérieur desquels la lave s'est écoulée complètement.

D'autres fois, des dégagements considérables de gaz et de vapeurs ont soulevé la masse visqueuse, de manière à laisser au-dessous d'elle de grandes cavités, qui sont restées vides après la solidification ; quand la tension n'a pas été assez forte pour faire éclater la voûte, ces réservoirs de gaz sont devenus le théâtre de réactions chimiques intenses. Les émanations acides concentrées dans ces espaces ont alors profondément altéré ces laves, qui

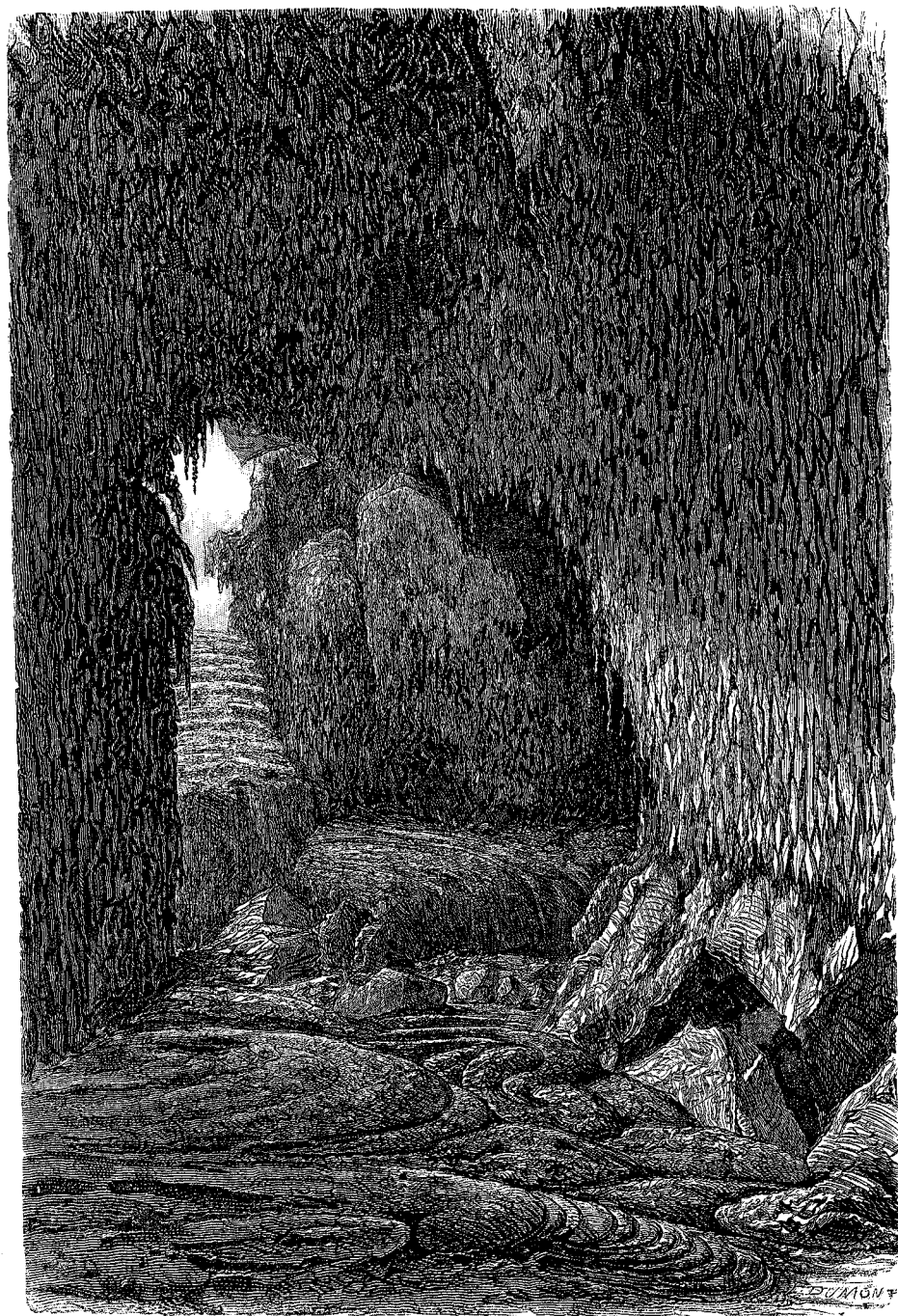
paraissent même avoir été refondues, en certains points, par suite de la haute température résultant de toutes ces actions.

Un des plus beaux exemples de ces anciennes ampoules se voit, au pied du grand cône, à 1200 mètres environ du Formica-leo, dans le sud-ouest, et forme cette grotte remarquable décrite par Bory (1) sous le nom de *caverne de Rosemond*, mais qu'on désigne plus souvent sous celui de *la Chapelle*. Les deux dessins de M. le D^r Cassien, qui reproduisent, l'un (*fig. 16*) son aspect extérieur, l'autre (*fig. 15*) celui de l'intérieur, en donneront une meilleure idée que les descriptions les plus exactes.

Cette grotte, large de 18 à 20 mètres sur une longueur de plus du double, avait autrefois une voûte assez régulière, haute de 4 à 5 mètres et percée vers le sommet de deux ouvertures qui avaient dû servir de canaux pour les dégagements gazeux, car leurs parois sont encore couvertes d'efflorescences salines sur une épaisseur de plusieurs centimètres. Elle formait alors un monticule conique, flanqué de scories aux couleurs vives, qui résultait du soulèvement de blocs énormes de lave, emboîtés les uns dans les autres et se soutenant réciproquement. C'est du moins sous cet aspect que Bory l'a représentée; elle se trouve maintenant, et depuis peu, en partie effondrée et comblée par les laves.

Quand on pénètre dans l'intérieur, on demeure frappé du nombre et de la beauté des stalactites de lave, aux couleurs rutilantes, qui descendent de la voûte et de toutes les saillies; les parois latérales, colorées en rouge brique, paraissent vernissées et comme ruisselantes. Au moment où nous visitâmes cette caverne, le soleil, pénétrant par toutes les ouvertures pratiquées dans la voûte par les éboulements, la rendait tout éblouissante de lu-

(1) *Loc. cit.*, t. III, p. 59, et *Pl. XLVIII*.

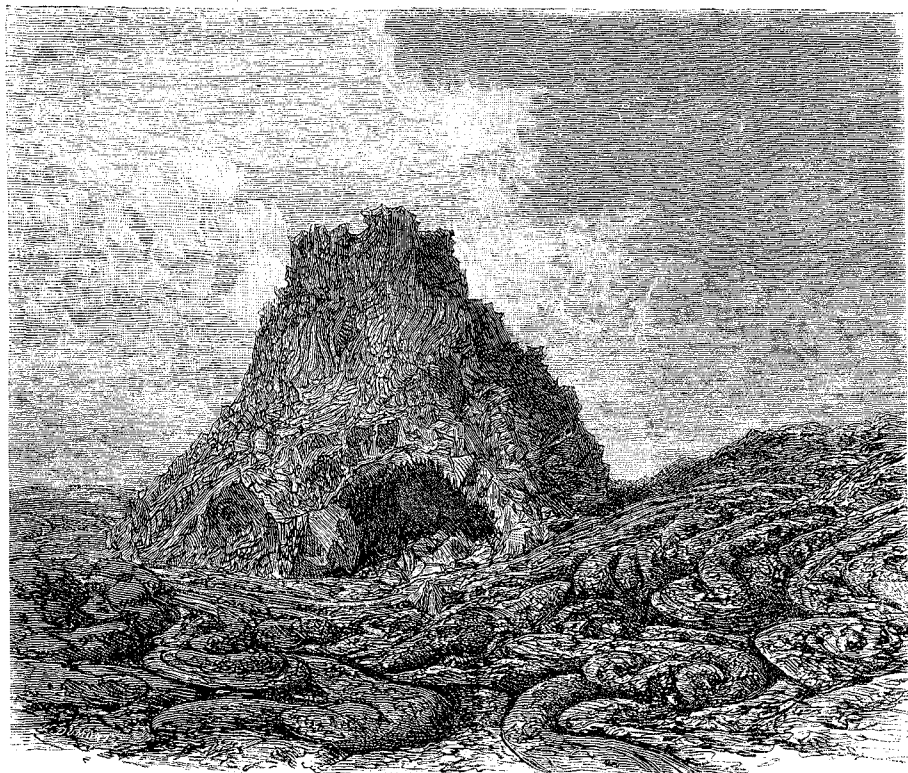


La grotte de Rosemond (vue intérieure).

mière; des milliers de petits cristaux de gypse, implantés à la surface de la lave, étincelaient comme des diamants.

Les stalactites, longues souvent de 0^m,30 à 0^m,40, sont en

Fig. 16.



La grotte de Rosemond au milieu des coulées du pilon Bory.

général de la grosseur du bras; quelquefois elles se réunissent les unes aux autres en un rideau frangé. Lisses et brillantes à la surface, elles sont à l'intérieur formées d'une lave scoriacée, noire, riche en matière amorphe, dans laquelle la magnétite est complètement peroxydée.

Auprès de cette grotte on remarque un petit nombre de cra-

tères, qui paraissent alignés du nord-ouest au sud-est et doivent se trouver en relation avec une fissure traversant le massif dans cette direction. C'est aussi l'opinion de Richard von Drasche, qui les a décrits et figurés dans la relation de son premier voyage au volcan en 1875 (1). Ce ne sont pas là des éminences régulièrement coniques, tronquées à leur sommet par une dépression en forme d'entonnoir renversé, mais bien de simples ouvertures, assez rapprochées les unes des autres, larges de 30 à 40 mètres et profondes de 7 ou 8, qui n'ont donné que des scories et des gaz. Ces soupiraux volcaniques ont été le foyer de réactions chimiques très-complexes; aussi trouve-t-on sur leurs parois verticales, formées de laves scoriacées rougeâtres, une quantité d'efflorescences salines, blanches ou colorées en jaune par des chlorures de fer, parmi lesquelles domine le sulfate de chaux, qui souvent, à lui seul, forme un revêtement cristallisé de plus de 0^m,10 d'épaisseur.

En profitant de quelques aspérités, on peut descendre dans ces cavités, que comblent maintenant, en partie, des coulées plus récentes : dans celle qui touche, pour ainsi dire, à la Chapelle, j'ai recueilli dans des crevasses et dans les anfractuosités des scories, le long des parois, des chlorures de cuivre, en proportion notable, dont la présence témoigne de la haute température des émanations qui se sont faites par ces orifices.

Les coulées qui les ont envahies ont, en se déversant pardessus leurs bords, donné lieu à des accidents tout à fait remarquables : tantôt elles se sont étendues en une nappe continue, qui de loin figure une cascade pétrifiée; tantôt elles semblent s'être divisées en une multitude de petits courants distincts, qui se sont

(1) *Mineral. Mitth. von Tschermak*, Heft IV, p. 223.

solidifiés subitement et forment maintenant, contre la paroi, comme un rideau de câbles entrelacés. La *Pl. XI*, qui représente le plus petit de ces cratères, reproduit un de ces accidents; elle est, en même temps, destinée à donner une idée de la singulière disposition qu'affectent les laves dans toute la plaine, disposition qui témoigne de leur grande viscosité (1).

C'est seulement au delà de ces bouches volcaniques, maintenant inactives, que commencent visiblement les pentes du volcan. Ce dernier, qui, vu du pas de Bellecombe, se présente comme une grande montagne régulièrement conique, se compose en réalité de deux pitons très-distincts, séparés par une selle assez profonde, mais qui se masquent l'un l'autre quand on aborde le massif par l'ouest, comme nous le faisons en ce moment. Le premier (piton Bory), qui s'élève à 2625 mètres, se termine par un cratère depuis longtemps éteint, tandis que l'autre (piton de la Fournaise), situé en contre-bas dans l'est, supporte le cratère brûlant.

Les flancs réguliers de ce premier cône gigantesque, qui s'élève de plus de 300 mètres au-dessus du niveau de la plaine,

(1) Ce fut autrefois une question, vivement agitée, de savoir si des laves pouvaient prendre une structure compacte avec une épaisseur notable, sur des pentes de 10 à 40 degrés. Des géologues éminents ont même admis que, si l'inclinaison dépassait 5 à 6 degrés, un courant prenait nécessairement un aspect scoriacé, une structure fragmentaire et ne possédait plus qu'une épaisseur insignifiante. Il importe donc de faire remarquer que dans ces véritables cascades de lave, qui peuvent atteindre jusqu'à 10 mètres en hauteur, la roche parfaitement continue, souvent très-épaisse, possède la même structure que celle considérée soit dans l'intérieur des cratères, soit aux alentours, sur des espaces horizontaux; et cette identité de structure entre des laves qui se sont solidifiées dans des conditions si différentes peut se constater dans toute l'étendue des coulées, depuis leur point d'origine jusqu'à leur extrémité, aussi bien sur les pentes abruptes de la montagne que sur les talus peu inclinés de sa base. Lyell, qui s'est élevé si justement contre les théories précédentes, a depuis longtemps cité, dans ses *Études sur les laves de l'Etna*, des exemples de pareils faits.

sont, jusqu'aux deux tiers de la hauteur, revêtus de laves identiques à celles qu'on traverse dans la plaine et qu'on suit ainsi sans interruption (¹). On les voit creusées de sillons très-profonds et de canaux souterrains qui souvent se sont ouverts dans toute leur longueur, par suite de l'expansion des gaz. Les parois déchiquetées de ces fissures d'un nouveau genre entravent à chaque instant la marche.

Puis les laves cessent en partie et font place à des matériaux fragmentaires incohérents, constitués soit par des scories noires ou rougeâtres, tout à fait analogues aux scories de forge, soit et surtout par de menus débris, semblables à ceux qui recouvrent la plaine des Sables, entremêlés de blocs plus ou moins volumineux d'une lave grise très dense, surchargée de péridot au point que parfois ce minéral forme les deux tiers de la roche. Ces dernières projections sont des plus intéressantes : ce sont évidemment des roches arrachées aux profondeurs. Souvent elles sont encore entourées d'une mince enveloppe de lave vitreuse qui pourrait faire croire à une vitrification de leur surface, car elle y adhère fortement ; mais, au microscope, on reconnaît très facilement qu'il n'y a là qu'un enrobage et que la partie enveloppée n'a nullement été refondue. Il est même remarquable de constater combien cette roche a été peu altérée, malgré son transport dans la lave en fusion. Les cristaux dont elle se compose, ceux de feldspath surtout, sont seulement craquelés et pour ainsi dire injectés par

(¹) Richard von Drasche (*loc. cit.*, p. 227) a décrit sur le revers sud-ouest du même cône des coulées toutes différentes d'aspect, qui présentent l'image d'un champ nouvellement labouré et se composent de blocs anguleux, scoriacés, entassés sans ordre les uns au-dessus des autres. « Ces laves fragmentaires, dit-il, sont d'un brun foncé, leurs coulées courent parallèlement à celles des laves précédentes, sans jamais se confondre avec elles. » Nous n'avons pas eu occasion de les examiner.

la matière vitreuse, jaune et transparente, qui forme la croûte superficielle et pénètre la roche presque dans toute sa masse.

En approchant du sommet, les fragments anguleux de scories vitreuses deviennent de plus en plus abondants; on observe en même temps des coulées particulières formées d'une lave noire, spongieuse, et creusée de grandes cavités dont les voûtes, peu résistantes, cèdent à chaque instant sous les pas avec la fragilité et la sonorité du verre. La matière qui les forme, identique à celle qui enveloppe les projections, est vitreuse, presque anhydre, inattaquable par les acides et d'une faible densité, 2,57. Sa teneur en silice est de 55,91 pour 100. En lames minces, elle apparaît bien homogène, fortement colorée en brun, très transparente et traversée par une multitude de pores à gaz, ou même interrompue par de grandes vacuoles étirées, alignées toutes dans un sens unique, et dessinant ainsi une belle structure fluidale, que viennent encore indiquer quelques trichites et de petits microlithes feldspathiques, disposés en traînées rectilignes. C'est, de la sorte, un verre basique, plus riche cependant en silice que les parties vitreuses des laves que nous avons examinées sur les pentes, et qui sont dues à des épanchements latéraux; il a dû former l'écume de ces coulées, remplir les parties élevées de la cheminée volcanique, et se déverser ensuite par-dessus les bords du cratère comme par un trop-plein.

Le cratère du piton Bory est un vaste bassin elliptique, qui peut avoir 200 mètres dans son plus grand diamètre, avec une profondeur de 30 à 35 mètres. Ses parois tombent partout à pic, sauf dans le sud, où, par suite d'un éboulement, on peut sans difficulté pénétrer dans l'intérieur. Il est rempli de scories et de blocs de lave entassés sans ordre, du milieu desquels se détachent deux petits cônes d'éruption, en partie détruits.

Ce foyer, dont l'activité fut si grande autrefois, si l'on en juge par la quantité des produits épanchés, semble sommeiller aujourd'hui. On n'y constate plus la moindre élévation de température; aucun gaz, aucune vapeur ne se dégage des laves solidifiées qui en forment le fond; aussi s'accorde-t-on pour le regarder maintenant comme complètement éteint. D'après Bory, ses dernières éruptions dateraient du commencement de ce siècle.

Cette inactivité n'est cependant pas absolue, car il est certain que depuis cette époque ce cratère n'a pas cessé d'être, à différentes reprises, le théâtre de manifestations qui n'ont passé inaperçues que parce qu'elles étaient peu importantes. La preuve en est dans les différences considérables que présentent les descriptions qu'on en possède. Bory, par exemple, en 1801, nous montre dans le fond de cet abîme, dont les parois, dit-il, tombent à pic sur 200 pieds de hauteur, une couche épaisse de cendres et de scories traversée vers le milieu par une grande crevasse d'où s'est échappée une petite coulée de laves, et n'y mentionne aucun dégagement de gaz⁽¹⁾, tandis que M. Maillard, qui le visite cinquante ans après, le trouve presque entièrement comblé par des laves vitreuses, jusqu'à 10 mètres environ du sommet, et constate quelques fumerolles qui se font jour à travers les fissures de la nappe solidifiée⁽²⁾.

Maintenant il est de nouveau très profond et rempli de projections, du milieu desquelles se dressent deux petits cônes d'éruption dont Richard von Drasche a retrouvé les restes en 1875⁽³⁾.

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 238; id., *Atlas*, Pl. XXXIV.

(2) *Notes sur la Réunion*, p. 128.

(3) *Eine Besteigung des Vulkans von Bourbon*. (*Mineral. Mitth. Tschermak*, 1875, Heft IV, p. 218).

Le sommet du massif a lui-même bien des fois changé de forme depuis que nous le connaissons. Sans parler du moment où, se terminant par un cratère unique, il devait se trouver complètement circonscrit par l'enclos qui formait alors une enceinte continue, comme nous le verrons tout à l'heure, on voyait autrefois, et cela à une époque assez rapprochée, entre les deux pitons actuels, un troisième cône, le *Mamelon central*, qui n'existe plus aujourd'hui. Il s'était élevé, en 1766, sur les flancs du piton Bory et avait rapidement atteint l'altitude de ce dernier (1). L'apparition du cratère brûlant (cratère Dolomieu de Bory) est encore plus récente : elle date du mois de juillet 1791. « Pendant les premiers jours du mois de juin de cette même année, nous dit un témoin oculaire, M. Berth, il s'exhalait du mamelon central une vapeur ardente et ce cratère lançait des gerbes à feu ; il s'échappa de la montagne un courant de lave qui arriva à la mer le 13 juillet, après s'être précipité en cascades sur les flancs du dôme et avoir côtoyé la base du rempart de Tremblet dans le grand Pays-Brûlé. Le 17 juillet, on entendit dans toute l'île un bruit extraordinaire, comparable à celui du canon, et aussitôt on vit s'élever du sommet de la montagne une énorme colonne de

(1) Voici en quels termes Bory de Saint-Vincent décrit ce mamelon, dans le récit de sa première ascension au volcan en 1801 : « Le mamelon, à la base duquel nous étions parvenus après tant de fatigues, a 160 pieds d'élévation ; ses côtés sont extraordinairement brusques et font souvent avec l'horizon un angle de près de 80 degrés. Beaucoup de petites coulées le composent ; ces coulées sont des scories vitreuses très-légères et fragiles.... Du haut de ce piton nous aperçûmes à droite et à gauche deux immenses cratères, ce qui nous fit nommer celui-ci le *Mamelon central*. L'axe de ce mamelon est à peu près perpendiculaire ; on trouve à son sommet un cratère, large de 40 toises sur 80 pieds environ de profondeur, dont le fond est rempli de débris de laves grisâtres, entassés sans ordre ; ses parois sont elles-mêmes formées de fragments de laves très-diverses, entre lesquels s'échappent de légères vapeurs. »

fumée aussi noire que des scories. Le soleil paraissait sanglant ; le ciel était terni par des vapeurs rougeâtres : jamais on n'avait rien vu de pareil dans la colonie ; tous les habitants étaient dans l'épouvante et la consternation. Le cratère Dolomieu dut sa naissance à cet événement, et le bruit qu'on entendit fut celui de l'affaissement qui le forma. Sans doute les laves rejetées cette année par la montagne avaient laissé dans son dôme quelques grandes cavités dont les voûtes s'affaissèrent sur elles-mêmes (1). »

Ce nouveau cratère, où se trouve maintenant concentrée toute l'énergie du volcan, situé en contre-bas du piton Bory, à une distance de 1500 mètres environ, en est encore séparé par un véritable cirque d'affaissement ; vers l'est, en effet, les pentes du piton sont brusquement interrompues par une cassure semi-circulaire qui amène une dénivellation de 50 à 60 mètres, et forme un petit enclos au milieu duquel se dresse, jusqu'à l'altitude de 2528 mètres (2), le cône d'éruption qui supporte le cratère.

Nous étions déjà épuisés, presque à bout de forces, quand nous atteignîmes le sommet de ce petit rempart ; mais la perspective d'arriver enfin au but et l'intérêt, qui grandissait à chaque instant, nous firent bien vite oublier nos fatigues. Notre guide, après nous avoir égarés au milieu de coulées de lave très-accidentées, entrecoupées de grandes crevasses ou soulevées en une succession de monticules allongés qui dessinaient un véritable labyrinthe dont nous désespérions de pouvoir sortir, avait fini

(1) Bory (*loc. cit.*, t. II, p. 244) estime que le volume des laves émises par le volcan dans cette coulée de juin 1791 atteint 7998400 toises cubiques (51837000 mètres cubes, c'est-à-dire *près de dix-neuf fois le volume de la plus haute pyramide d'Égypte*).

(2) D'après nos observations barométriques ; dans sa Carte au $\frac{1}{150000}$, M. Maillard donne à ce sommet une altitude un peu plus faible (2515 mètres).

par nous avouer qu'il ignorait le chemin, et nous avons été obligés de nous en frayer un nous-mêmes.

Les dimensions de ce troisième enclos (*Pl. X, fig. 2*), qui ne paraît pas avoir été encore signalé, ne sont pas à comparer avec celles des deux précédents; il est également plus facile à franchir, ses branches latérales s'atténuant rapidement dans l'est et disparaissant même sous les coulées modernes, qui les ont nivelées.

Au moment de notre passage, de nombreuses fumerolles, qui s'échappaient de toutes parts à la base des escarpements, donnaient à cette enceinte l'aspect d'une chaudière en ébullition. Ces dégagements se faisaient à une température moyenne de 46 degrés et se composaient uniquement de vapeur d'eau, d'acide carbonique, avec quelques traces d'acide chlorhydrique. Tous étaient loin de posséder la même activité : les uns, continus, ne donnaient que de petites fumées blanchâtres qui se dissolvaient rapidement dans l'atmosphère; les autres apparaissaient instantanément, comme de véritables jets, à des intervalles assez rapprochés, et tout autour d'eux les scories et les laves ruisselaient de gouttelettes d'eau. La pression sous laquelle ces derniers s'effectuaient devait être considérable; mais je n'ai pu la déterminer, à cause de la porosité du sol. Leur température elle-même n'était pas fixe : elle oscillait entre 45°, 9 et 47°, 3.

Les pentes du cône partent directement du pied de ce rempart, sous une inclinaison faible d'abord, mais qui atteint bientôt de 15 à 20 degrés. Elles sont couvertes soit de scories noires ou rougeâtres, en amas peu épais, soit de laves vitreuses dont les coulées, tantôt largement étalées, tantôt divisées en une multitude de petites branches, comme le chevelu d'une racine, viennent butter contre l'enclos. L'une d'elles, toute récente, s'échappait d'une grande fissure transversale, ouverte à l'ouest, et, prenant le cône

en écharpe sur les deux tiers de sa hauteur, se dirigeait au nord-est, vers la plaine des Osmondes. En d'autres points et à diverses hauteurs, des coulées de même nature, mais de dimensions très-réduites, serpentaient à travers les scories comme autant de petits courants sinueux, qui parfois s'arrêtaient à quelques mètres de leur point d'origine. La montagne, en un mot, semblait avoir de partout exsudé des laves.

Toutes ces coulées, peu épaisses, se détachaient en noir et ruisselaient sur le cône à la manière d'un vernis. Complètement boursoufflées par les gaz, elles étaient, à leur partie superficielle, couvertes d'une mince enveloppe, dont la surface brillante, avec des reflets irisés, portait les traces les plus manifestes d'étirement. Le pied enfonçait à chaque instant, et cela de la façon la plus désagréable, dans ces roches fragiles, qui devenaient ainsi difficiles, presque dangereuses même à traverser, d'autant plus qu'elles n'étaient pas encore complètement refroidies ; à la surface de la plus importante de ces coulées, le thermomètre accusait, en effet, une température de 30 à 35 degrés, qui s'élevait à 50°, 7 dans les cavités, sous la croûte peu résistante dont je viens de parler.

Ces laves, déjà si intéressantes à cause de leurs conditions particulières d'émission et de gisement, ne le sont pas moins au point de vue pétrographique. Essentiellement vitreuses, comme celles du piton Bory, anhydres, inattaquables par les acides (1), elles sont de même peu riches en silice, 56,20 pour 100, et d'une faible densité, 2,44. Ce sont de véritables hyalomélanes, tout à fait comparables à celles que rejette en si grande abondance un des plus célèbres cratères des îles Hawaï, le Mauna-loa.

(1) L'acide chlorhydrique bouillant décolore seulement la roche en lui enlevant une partie des oxydes de fer qu'elle contient.

A l'œil nu, on ne peut y distinguer, même avec une forte loupe, aucun élément cristallin. Au microscope, ce verre, réduit en lamelles minces, se montre absolument amorphe (*Pl. IV, fig. 2*). Assez fortement coloré en brun jaunâtre, il est transparent, bien homogène, et traversé par de grandes vacuoles allongées, orientées dans un sens bien déterminé, qui n'est autre que celui du mouvement de la roche. De nombreux pores à gaz, disposés par traînées régulières, déterminent également une belle structure fluidale et témoignent de la quantité considérable de matières gazeuses qui devaient circuler dans cette lave alors qu'elle était en fusion. Ces gaz doivent souvent se trouver emprisonnés sous une pression considérable, car ils exercent sur les parois des cavités qui les enclavent des compressions rendues évidentes par des différences dans l'élasticité de la substance vitreuse aux alentours de l'inclusion. Dans d'autres cas, les parois de ces petites cavités, de même que celles des vacuoles citées plus haut, sont tapissées de granulations opaques, dues à un oxyde ferrugineux.

Enfin, ce qui contribue surtout à rendre cette lave remarquable, c'est la quantité de cristallites et de microlithes qu'elle renferme. Les cristallites, soit à l'état de *longulites*, c'est-à-dire de petits bâtonnets droits, aciculaires, simples ou groupés, soit à l'état de *trichites*, sont généralement opaques et doivent se rapporter au fer oxydulé.

Parmi les microlithes, on peut en distinguer qui sont de nature augitique et d'autres qui appartiennent à un feldspath triclinique. Les premiers se présentent sous des formes lenticulaires ou losangiques, et plus rarement en petites lamelles courtes dont les extrémités sont comme frangées; leurs dimensions oscillent, pour la longueur, entre $0^{\text{mm}},006$ et $0^{\text{mm}},004$, et, pour la largeur,

entre $0^{\text{mm}},003$ et $0^{\text{mm}},002$. Ils possèdent un indice de réfraction élevé et prennent, entre les nicols croisés, des couleurs irisées, brillantes, parmi lesquelles dominant les tons orangés. Leurs angles d'extinction sont toujours très écartés; les petites lamelles isolées, que l'on peut considérer dans l'hypothèse de l'augite comme des sections faites suivant h^1 , s'éteignent dans la lumière polarisée parallèlement à leurs arêtes longitudinales.

Les microlithes feldspathiques sont tout à la fois plus nombreux et plus développés; ils se présentent en petites sections rectangulaires, très-allongées, dont les extrémités, souvent bifurquées, comme fourchues, se prolongent parfois en filaments extrêmement ténus, qui indiquent un arrêt dans le développement du cristal par suite du refroidissement rapide de la roche. Incolores à la lumière simple, ils deviennent brillants dans la lumière polarisée, sans jamais prendre cependant de colorations vives, et passent du gris au jaune sans présenter de bandes hémiedriques, de telle sorte qu'ils semblent tout d'abord appartenir à un feldspath monoclinique; mais ils présentent fréquemment ces associations en forme de croix rectangulaire ou oblique, si habituelles, si caractéristiques, on peut le dire, chez tous les microlithes des feldspaths tricliniques, et s'éteignent dans la lumière polarisée, sous des angles très écartés par rapport à leurs arêtes longitudinales, comme ceux que l'anorthite seul peut donner (¹).

(¹) On sait que le jaune, en Photographie, vient en noir; cette lave, avec ses tons jaunâtres, à la lumière réfléchie, ne pouvait donc donner que de mauvaises épreuves, toujours trop foncées, dans lesquelles tous les détails de composition et de structure étaient masqués. Celle que reproduit la *fig. 2* de la *Pl. IV* est une des moins mauvaises que j'aie obtenues; elle indique suffisamment la physionomie générale de la roche, en montrant l'orientation et l'allongement des vacuoles (30) et des inclusions gazeuses (17), mais le grossissement employé (30 diamètres) est trop faible pour qu'on puisse discerner individuellement les microlithes avec une netteté suffisante.

Ainsi qu'on devait s'y attendre, toutes ces productions cristallines deviennent plus abondantes et beaucoup plus nettes dans les parties centrales des coulées, qui sont restées plus longtemps fluides. L'anorthite, en particulier, se présente alors en cristaux bien définis de $0^{\text{mm}}, 1$ sur $0^{\text{mm}}, 035$, avec la belle structure triclinique qui lui est habituelle; mais l'absence complète du périclote est toujours à noter. C'est là un fait important, car nous verrons tout à l'heure ce minéral abonder dans des coulées qui datent de la même phase éruptive, mais qui se sont fait jour beaucoup plus bas, par des fissures latérales, sur les flancs du volcan.

Ces coulées se trouvaient interrompues par de nombreuses crevasses, appartenant à deux systèmes de retrait très-différents, qui, se croisant pour ainsi dire à angles droits, dessinaient à leur surface une structure quadrillée très-remarquable. De ces fissures, les unes, étroites, sensiblement rectilignes sur une longueur de 20 à 30 mètres, paraissaient alignées dans le sens du mouvement de la lave, tandis que les autres, beaucoup plus évasées, sinueuses ou seulement courbes, étaient, au contraire, perpendiculaires à cette même direction. Les premières, dues à des retraits consécutifs à la consolidation définitive des parties profondes de la coulée, devaient être de beaucoup postérieures à la formation des secondes, qui n'étaient que superficielles, ou du moins n'intéressaient pas la lave au delà de 1 mètre en profondeur, et s'étaient faites alors que les parties internes étaient encore fluides et douées de mouvement.

De minces filets de vapeurs se dégageaient de toutes ces ouvertures, surtout des premières, formant au-dessus de la lave des petits nuages blanchâtres, floconneux, que le vent dissipait rapidement. Ces émanations avaient une réaction très légèrement acide et se composaient, comme celles des parois de l'enclos, de

vapeur d'eau et d'acide chlorhydrique, avec une proportion encore notable, mais moins forte, d'acide carbonique; elles s'effectuaient à la température de 72 degrés, sous une pression faible, qui ne devait pas excéder de beaucoup celle de l'atmosphère. Mais leur température avait dû être autrefois beaucoup plus élevée, car de tous côtés les parois des crevasses étaient revêtues d'un enduit cristallin, blanchâtre, formé de chlorhydrate d'ammoniaque.

La présence incontestable de l'acide chlorhydrique (1) dans des fumerolles à basse température (46 degrés dans les parois de l'enclos, 72 degrés dans les laves de 1874) est un fait qui mérite d'être signalé, car généralement dans les émanations volcaniques, quand la température avoisine 100 degrés ou descend au-dessous, cet acide disparaît pour faire place aux acides sulfhydrique ou carbonique qui l'accompagnaient et qui persistent seuls avec la vapeur d'eau.

L'activité du volcan se trouvait réduite à ces quelques dégagements au moment où nous gravissions les pentes du cône; l'éruption qui avait commencé le 24 juillet était complètement terminée, et les laves refroidies formaient au fond du cratère comme une croûte noire solidifiée, entrecoupée de fissures d'où s'échappaient par intermittences de petits jets de vapeurs d'un blanc assez vif. Il n'y avait plus trace d'incandescence. Ces vapeurs, qui se faisaient également jour en divers points des parois, n'avaient pas d'odeur suffocante; comme dans les fumerolles précédentes, la vapeur d'eau devait y dominer.

En certains points, surtout dans le sud-est, les bords du cra-

(1) L'eau qui résultait de la condensation de ces vapeurs donnait un précipité sensible par le nitrate d'argent.

tère, à la cime duquel nous étions maintenant parvenus, étaient couverts d'efflorescences gypseuses d'un blanc de neige, qui formaient une croûte de plusieurs centimètres. Dans les fissures, on remarquait des produits de volatilisation d'un jaune orangé, composés principalement de chlorhydrate d'ammoniaque et de chlorures de fer. Mais nulle part nous n'avons senti l'odeur si caractéristique de l'acide sulfureux; nulle part nous n'avons constaté la présence du soufre ou de ses composés.

La forme générale de l'orifice était celle d'un vaste entonnoir renversé (*Pl. XVI, fig. 2*); son diamètre supérieur pouvait atteindre 400 mètres, et sa profondeur 150 à 160 mètres. Nos regards plongeaient avidement dans cet abîme, dont le silence même était imposant. Ses parois intérieures, régulièrement abruptes, laissaient voir une longue alternance de coulées à peu près horizontales, enchevêtrées avec des couches de scories rouges ou noires, plus ou moins épaisses, et traversées dans tous les sens par des filons, qui parfois se projetaient en avant de la muraille en faisant une saillie de plusieurs mètres.

Ces filons, dirigés de bas en haut plus ou moins obliquement, représentent de grandes fentes verticales, remplies par les laves fondues, et doivent correspondre aux petites coulées, que nous avons remarquées si nombreuses sur les pentes extérieures du cône.

L'inclinaison des parois était assez forte, car une pierre lancée vigoureusement du haut, dans la direction du centre du cratère, ne pouvait atteindre les laves qui en garnissaient le fond; elle retombait tout au plus sur un petit talus très singulier, disposé régulièrement en couronne à la base de l'escarpement, et composé de matériaux meubles, de cendres ou de rapilli grisâtres, dans lesquels elle disparaissait après avoir soulevé un petit nuage de

poussière et de vapeurs (1). Ce talus doit son existence aux scories qui s'écroutaient à chaque instant des parois; de nombreuses émanations le traversaient et se traduisaient à sa surface par de petites fumées bleuâtres qui serpentaient le long des pentes et se dissipaient rapidement.

Les laves, au fond du cratère, formaient un plan parfaitement horizontal; elles étaient crevassées dans tous les sens et couvertes par places de gros blocs éboulés. Nous aurions voulu pénétrer au fond du gouffre; mais l'abrupt de sa lèvre supérieure, constituée uniquement par des scories fragiles ou par des laves vitreuses en surplomb, était un obstacle vraiment insurmontable (2).

Du côté où nous l'avions abordé, c'est-à-dire dans le nord-est, le bord du cratère était sensiblement plus élevé que partout ailleurs; il supportait une masse considérable d'hyalomélane, qui formait là un revêtement très remarquable, épais de plusieurs mètres et très étendu, retombant dans l'intérieur du cratère à la

(1) L'intervalle compris entre le moment où de grosses pierres projetées touchaient le sol et celui où nous percevions le bruit de leur chute était de quatre à cinq secondes, ce qui suppose une chute de 150 mètres environ.

(2) La forme et les dimensions de ce cratère sont constamment soumises à des variations qui méritent d'être rapportées ici. M. Berth, qui le premier mit le pied sur le volcan, trouva cette bouche, douze jours après sa formation (juillet 1791), large de 200 mètres et profonde de 40 mètres environ. En 1801, Bory de Saint-Vincent, dans sa première ascension, ne constate pas de différences appréciables; mais lorsque, quelques mois après, il gravit de nouveau cette cime, le cratère, considérablement élargi (390 mètres), était rempli jusqu'au bord. Cinquante ans après, M. Maillard décrit ce même cône comme tronqué par un vaste puits, *parfaitement cylindrique*, large de 150 mètres et profond de près de 300 mètres, dans lequel bouillonnent les laves en fusion. En 1874, enfin, nous venons de voir que ce gouffre avait pris la forme conique, si habituelle dans ces sortes d'orifices, qu'il était beaucoup plus large et surtout plus profond que le cratère Bory: c'est le contraire qui avait lieu quand Richard von Drasche le visita en 1875.

manière de ces stalactites de glace qui demeurent suspendues aux chutes d'eau pendant les grands froids. La lave visqueuse, après avoir complètement rempli ce vaste bassin, s'était sans doute affaissée, en se séparant brusquement de sa coulée, qui s'était alors étirée le long de la paroi.

C'était encore là un des effets de l'éruption de juillet; cette hyalomélane, quoique beaucoup plus spongieuse et moins colorée que celle des coulées latérales, en avait encore la composition et la texture. Elle avait dû se déverser lentement, sans phénomènes violents, car le bord supérieur du cratère, si peu résistant, n'avait même pas été échancré, puis s'étaler en une nappe parfaitement continue sur tout le revers oriental du cône, dans la direction du Grand-Brûlé.

Dans ces émissions de laves, à la partie supérieure des cratères, les gaz doivent jouer un rôle principal; ce sont eux qui, portés à une tension considérable, tuméfient les matières fluides, les élèvent et les font surgir au-dessus de l'orifice, à la manière de ce *champignon* qui se dresse au-dessus du creuset, dans nos laboratoires, quand on y dessèche certains sels. Je me représente du moins que telle avait dû être la sortie des laves vitreuses au cratère Dolomieu. Leur extrême légèreté, leur structure boursouflée et jusqu'à l'aspect nacré des parois amincies de leurs vacuoles innombrables, tout semblait l'indiquer.

A chaque éruption nouvelle, des laves vitreuses doivent se déverser ainsi hors de ce cratère, qui, au lieu de se composer uniquement de cendres et de scories, comme c'est le cas général, doit surtout son élévation à une longue série de coulées qui se sont superposées régulièrement les unes aux autres. C'est ce qui ressort clairement de l'examen de ses parois intérieures, où l'on voit que les lits de matériaux frag-

mentaires sont très peu développés et tout à fait discontinus.

Déjà, sur les pentes du cône, nous avons remarqué combien étaient peu abondants ces produits éruptifs, peu cohérents, qui rendent en général si pénible l'ascension des volcans, à cause de leur peu d'adhérence et de leur extrême mobilité. Ils se composaient, près du sommet, de petits fragments anguleux, brillants, formés d'une lave vitreuse identique à celle des coulées, tandis que, dans les deux premiers tiers de la hauteur, on rencontrait surtout une scorie pesante, de forme et de dimension très irrégulières, mais toujours, cependant, boursoflée par les gaz et comme étirée.

Le microscope accuse de grandes différences entre ces deux sortes de projections, qui déjà à l'œil nu se séparent d'une façon si tranchée. Autant les unes sont amorphes, autant les autres sont, en effet, cristallines. Celles-ci sont, en outre, à base de labrador et d'augite, et renferment quelques cristaux bien nets de périclase avec une profusion de fer oxydulé, éléments qui paraissent manquer complètement dans les précédentes. L'abondance de la magnétite est même à signaler; en certains points, la pâte vitreuse, jaunâtre, qui relie entre eux tous ces cristaux, en est remplie à ce point que la préparation ne peut plus être rendue transparente. Il est encore à noter que ce minéral, qui s'est généralement formé un des premiers dans les laves, paraît ici très récent; ses groupements multiples dessinent des figures d'une régularité et d'une délicatesse extrêmes, dont la conservation ne s'expliquerait pas s'ils avaient préexisté aux actions mécaniques intenses qui ont dû présider à la sortie violente de cette lave sous une forme aussi fragmentaire.

Les *bombes volcaniques* que j'ai signalées tout à l'heure, si

abondantes autour du cratère Commerson, dans les hauts de la rivière des Remparts, sont ici fort rares; elles affectent une forme toute spéciale. Ce sont des boules ovoïdes, très-lourdes, qui ne dépassent guère le volume du poing et ne présentent, ni cette série d'enveloppes successives empâtant un fragment de roche emprunté aux profondeurs, ni cet aplatissement des bombes classiques de l'Auvergne.

La matière qui les compose est d'un noir bleuâtre, compacte, bien homogène et d'une grande ténacité; les parties centrales seules présentent, sur une petite étendue, quelques vacuoles et prennent un aspect finement poreux.

L'examen microscopique y décèle, au milieu d'une pâte amorphe d'un brun jaunâtre, très transparente, un grand nombre de petits cristaux d'augite, aux formes bien régulières, et de labrador. Le fer oxydulé est également très-abondant, et, loin de se trouver distribué irrégulièrement, on le trouve toujours concentré, pour ainsi dire, autour des deux minéraux précédents, qui ont exercé sur lui une attraction moléculaire évidente, car il dessine souvent autour d'eux plusieurs couronnes concentriques. Avec quelques cristallites aciculaires, il s'est encore séparé de la pâte de nombreux microlithes d'anorthite tout à fait semblables à ceux des hyalomélanes précédentes; enfin, on remarque dans les parties plus claires, décolorées par suite de la concentration du fer oxydulé dont je viens de parler, un grand nombre de petites lamelles d'hornblende, isolées ou pressées les unes contre les autres. Ces petites lamelles, longues de $0^{\text{mm}},01$ en moyenne et larges de $0^{\text{mm}},004$, sont parfaitement rectangulaires et sensiblement dichroïques; elles passent du brun gris au brun verdâtre et s'éteignent toutes longitudinalement.

Une des particularités les plus intéressantes de ces bombes,

c'est leur cohésion, et par suite leur extrême dureté. Il faut, pour les casser, les frapper violemment avec un marteau pesant ; on ne peut alors en détacher le moindre éclat sans que la bombe tout entière ne se brise en une multitude de fragments. Cesont là de véritables *larmes bataviques* de volcan, qui ont subi une sorte de trempe, par suite de la consolidation brusque de la lave au contact de l'air. Quelques-unes poussent même l'analogie jusqu'à prendre un aspect pyriforme, en se terminant par une extrémité amincie et contournée en spirale.

Mais, parmi les projections habituelles de ce volcan, il me faut maintenant citer ces productions singulières, vitreuses et filiformes, que rejettent également en très-grande abondance les volcans des îles Sandwich et que l'on connaît sous le nom de *cheveux de Pélé*⁽¹⁾.

Elles se forment dans presque toutes les éruptions ; vers le milieu de celle de 1874, pour n'en citer qu'un exemple, une véritable pluie de ces légers filaments vint s'abattre dans la direction du sud-est, sur le rempart du Bois-Blanc, sur le Marocain et jusque sur le littoral près de Sainte-Rose. Pendant toute la durée de notre ascension, aussi bien sur les flancs du piton Bory que sur les pentes extrêmes du cratère Dolomieu, nous les avons vues qui tapissaient toutes les anfractuosités des laves, où souvent nous pouvions les recueillir à pleines mains.

Ce verre capillaire, signalé depuis longtemps, puisqu'on le regardait autrefois comme spécial au volcan de la Réunion⁽²⁾, a presque toujours été décrit à tort comme une variété d'obsi-

(1) Pélé, une des nombreuses divinités des îles Sandwich, est la déesse des volcans.

(2) FAUJAS DE SAINT-FOND, *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du globe* ; t. II, II^e Part., p. 618. Paris, 1809.

dienne. Il résulte, en effet, de deux analyses faites, la première sur des filaments projetés en 1801, la seconde sur ceux de 1874, que sa teneur en silice varie entre 53,63 et 54,05 pour 100. C'est ainsi un verre basique, une hyalomélane étirée, qui doit se rapporter à celle qui forme les coulées supérieures du cratère.

Au microscope l'analogie est frappante, d'autant plus qu'on y reconnaît les mêmes cristallites avec des microlithes d'anorthite. Sa structure fluidale est des plus remarquables; il paraît criblé d'inclusions gazeuses très-allongées ou de vacuoles formant parfois de véritables tubes, parfaitement cylindriques, longs de plusieurs centimètres, qui, le plus souvent, prennent un aspect pyriforme ou s'effilent en pointe aux deux extrémités.

Ces fils volcaniques sont généralement plus courts, moins ténus et moins souples que ceux des îles Sandwich; ils sont aussi moins colorés, légèrement cannelés, et se terminent par de petites gouttelettes en forme de poire, au centre desquelles on aperçoit toujours un petit paquet de cristaux, arrachés et enveloppés par la lave. Dans ceux de 1874, ce sont des groupements irréguliers d'augite qui occupent cette position. Ces cristaux, généralement courts, à structure chagrinée, sans clivages distincts, d'un jaune verdâtre à la lumière réfléchie, polarisent vivement la lumière et pourraient se confondre avec ceux de péridot; mais la direction de leurs extinctions est bien celle du pyroxène indiqué, et, dans les pointements, les faces *m*, bien marquées, font entre elles l'angle de 93 degrés caractéristique de l'espèce. Ces augites ont pris naissance dans la lave, alors qu'elle était en fusion dans le cratère; la nature de leurs inclusions vitreuses l'indique suffisamment.

A l'île Hawaï, sur les flancs du célèbre Maunaloa, avec ces fils volcaniques, on trouve des scories ponceuses et légères, d'une

couleur jaune verdâtre, qui ressemblent à de petits morceaux d'éponge. Il en est de même ici, sur les pentes du cratère, où les fils vitreux sont accompagnés de petits morceaux épars d'une scorie de même nature, spongieuse et brillante, avec des reflets irisés.

Enfin, ce volcan lance encore, à chaque éruption, une grande quantité de blocs et de fragments de roches très diverses, qui s'accumulent autour de l'orifice, sur ses pentes, ou ne retombent même parfois que beaucoup plus loin, jusque sur les flancs du piton Bory, suivant la violence avec laquelle ils ont été projetés. Ces roches sont des plus intéressantes et méritent un examen spécial. Les unes, arrachées au sous-sol de la montagne, viennent nous donner une idée de sa constitution; elles sont en blocs volumineux (nous en avons remarqué qui devaient peser plusieurs tonnes) et se composent de diverses laves basaltiques, parmi lesquelles domine une variété grisâtre, surchargée d'olivine, qui se trouve être identique avec certaines coulées anciennes, mises à jour dans les grands ravins qui découpent l'extrémité orientale de l'île. J'aurai occasion de les décrire dans la seconde Partie de ce travail (1).

Les autres proviennent soit des matériaux qui se sont consolidés dans l'intérieur de la cheminée volcanique, obstruant ce passage pendant la période d'inactivité, soit des parties plus profondes où s'élaborent les coulées. Elles sont très-complexes et se présentent en fragments de taille médiocre, anguleux, avec des arêtes vives. Je me borne à mentionner aujourd'hui, parmi celles de cette dernière catégorie qui offrent le plus d'in-

(1) La *fig.* 1 de la *Pl. IV* reproduit précisément la structure microscopique d'une de ces laves, prise dans les encaissements de la rivière du Mât.

térêt, diverses variétés de laves qui se distinguent par leurs colorations pâles et leur grande cristallinité ; toutes ont pour caractère commun d'être composées essentiellement d'anorthite et d'augite, de péridot et de fer oxydulé ou titané. Je sépare à dessein ces minéraux constituants en deux groupes, parce que c'est ainsi qu'ils m'ont paru s'associer. Ils prédominent ou disparaissent ensemble, de telle sorte qu'on peut remarquer des roches qui ne renferment que le feldspath et le pyroxène, tandis que d'autres ne présentent plus que les deux derniers.

Dans chacune d'elles, l'anorthite se montre en cristaux bien développés, généralement allongés suivant la diagonale inclinée, et composés d'un grand nombre de lamelles hémitropes dont les limites, parfaitement rectilignes, nettement tranchées, traversent le cristal dans toute son étendue et se distinguent même à la lumière réfléchie. Mais c'est surtout entre les nicols croisés que la constitution polysynthétique de ce feldspath apparaît avec une énergie remarquable ; chaque lamelle passe directement du gris ou du bleu au jaune quand on fait tourner la plaque et s'éteint, par rapport à la ligne du plan des hémiedries, sous des angles qui dépassent fréquemment 38 degrés. Ces cristaux sont, en outre, d'une extrême pureté et ne présentent, dans quelques cas très rares, que de petites inclusions vitreuses. L'acide chlorhydrique, à la température de 35 à 40 degrés, les attaque rapidement en leur enlevant leur belle transparence, le brillant de leurs surfaces et surtout leur éclat dans la lumière polarisée.

Deux analyses faites sur des cristaux extraits, à l'aide de l'électro-aimant, de deux de ces laves pulvérisées m'ont donné des résultats absolument concordants, d'après lesquels la composition de ce feldspath ne présente pas de variations dans ces diverses roches et peut être fixée de la manière suivante :

Composition en centièmes.		Oxygène.	Rapports de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes	
			Calculé.	Observé.
SiO ²	42,96	22,91	4 : 3 : 1	4, 10 : 3 : 1, 07
Al ² O ³	35,95	16,60		
Fe ² O ³	0,79			
CaO	17,41	4,97		
MgO	1,67	0,66		
NaO	1,04	0,27		
KO	0,23	0,04		
	<hr/>			
	100,05			
	Densité		2,751	

L'*augite* affecte de même des formes très-régulières et ne se montre nullement en granules ni en petits prismes aiguillés, comme dans les laves ordinaires. Ses cristaux, qu'on peut facilement extraire à l'aide de l'acide fluorhydrique, atteignent parfois 1 millimètre en hauteur et ne descendent guère au-dessous de 0^{mm},5; mais on ne les obtient que rarement entiers, parce qu'ils sont presque toujours brisés ou tout au moins craquelés dans la roche. Leurs arêtes n'en restent pas moins pour cela très vives, et leurs faces ne portent aucune trace de corrosion. Ils se montrent sous la forme prismatique habituelle, avec un grand développement des faces h^1 et g^1 , ou, plus rarement, aplatis suivant la base, comme dans le pyroxène de Warwick (États-Unis) (1).

La seconde de ces deux combinaisons amène des sections octogonales allongées, traversées par des lignes de clivage (m) très peu inclinées sur leurs arêtes latérales; elles peuvent être considérées comme faites suivant pg^1 et s'éteignent entre les

(1) DES CLOIZEAUX, *Minéralogie*, Atlas, Pl. X, fig. 57.

nicols croisés sous des angles variables, compris entre zéro et 30 degrés. Mais, le plus souvent, les sections observées, rectangulaires ou parallélogrammatiques, montrent ces mêmes lignes de clivage disposées parallèlement à leur longueur et s'éteignent presque constamment sous un angle de 39 degrés par rapport à cette direction; elles appartiennent alors à la première forme signalée et sont faites suivant l'arête $h'g'$.

On observe encore, mais plus rarement, quelques sections parallèles à p dans lesquelles les lignes de clivage, peu régulières, mais cependant très marquées, se coupent à angle droit, ainsi que d'autres, terminées par des facettes inclinées en forme de toit, qui appartiennent aux faces m et font entre elles l'angle de 93 degrés si caractéristique. Ces deux dernières seules sont rugueuses et comme chagrinées; dans toutes les autres, les surfaces sont au contraire parfaitement nettes et d'une transparence absolue. Je n'ai pas constaté de dichroïsme; les cristaux sont cependant assez fortement colorés en vert et par conséquent très ferrugineux.

Leurs inclusions, toujours fort rares, sont limitées à de petits cristaux de magnétite, à quelques pores à gaz ou à des enclaves vitreuses.

Dans un seul cas, j'ai observé une inclusion à bulle mobile, remplie d'un liquide incolore très-réfringent. Cette enclave, de forme ellipsoïdale, a $0^{\text{mm}},008$ dans sa plus grande dimension; ses contours, marqués par une ligne d'ombre très-foncée, sont tranchés à ce point, qu'on serait tenté de croire la cavité occupée par une substance gazeuse et renfermant alors un liquide à l'état sphéroïdal, si la petite libelle ne quittait fréquemment les parois, sans jamais paraître y adhérer. Les limites de cette dernière sont linéaires et peu accusées; elle paraît douée d'un mouvement lent

et irrégulier, qui s'accélère à la moindre élévation de température et devient bientôt si vif, que l'œil, à cause de la persistance de l'image, ne perçoit plus que la sensation d'une ligne droite se déplaçant dans tous les sens, au travers de la cavité. Dans ces conditions, son diamètre n'éprouve pas de variations sensibles, et, même à une température dépassant 100 degrés, elle n'est pas absorbée.

Il eût été bien important de pouvoir déterminer la nature de ce liquide; les circonstances précédentes nous le montrent seulement peu volatil et très-réfringent. La première de ces deux propriétés ne peut s'allier avec l'hypothèse de l'acide carbonique, dont la présence a été constatée dans les augites de certaines roches basaltiques par M. Zirkel ⁽¹⁾; il est donc probable que nous avons affaire ici à un liquide aqueux saturé. Malheureusement, il était impossible de répéter sur cette inclusion unique les délicates expériences de Sorby ⁽²⁾ pour arriver à des notions plus complètes.

Ces enclaves à liquides aqueux sont excessivement rares dans l'augite; après les quelques exemples cités par M. Rosenbusch dans des roches basaltiques de Batu-Dodot (Java) ⁽³⁾, M. Michel Lévy vient d'en signaler un autre dans l'augite de la variolite du torrent de Cervières ⁽⁴⁾. On conçoit aisément l'intérêt qu'elles présentent dans un minéral qui, bien certainement, a cristallisé par voie ignée.

⁽¹⁾ *Die mikrosk. Besch. der Mineralien und Gestein*, p. 175.

⁽²⁾ *On the microscopical structure of the crystals indicating the origine of minerals and rocks* (*Quarterly Journ. of geol. Soc.*, vol. XIV, p. 453-500; 1858).

⁽³⁾ *Mikrosk. Physiog. der petrographisch wichtigen Mineralien*, p. 292.

⁽⁴⁾ *Mémoire sur la variolite de la Durance* (*Bull. Soc. géol. de France*, t. V, p. 253; 1847).

Le *péridot*, toujours en cristaux arrondis de grande dimension, sans arêtes rectilignes, se distingue de suite à son aspect vitreux et à sa belle coloration jaune. Il est distribué assez régulièrement et ne se remarque pas en amas granulaires comme dans certains basaltes. C'est assurément un élément de consolidation ancienne, qui s'est formé dans la lave, alors qu'elle était encore maintenue à l'état fluide dans les profondeurs, et son état corrodé tient aux actions mécaniques qu'il a subies pendant l'épanchement.

Dans les préparations microscopiques, il est d'une transparence parfaite, presque incolore, avec cette apparence rugueuse qui le rend si facilement reconnaissable, et ne porte la trace d'aucune altération chimique. Ses inclusions sont assez nombreuses; chaque cristal, ou mieux chaque grain cristallin renferme du fer oxydulé, quelques petits prismes aiguillés de pyroxène augite, et plus rarement des microlithes d'un feldspath triclinique. Ces faits s'accordent mal avec les lois de la fusibilité; ils acquièrent une réelle importance théorique et tendent à prouver que, dans les laves, l'ordre de cristallisation des éléments ne dépend pas exclusivement de leur degré de fusibilité.

A l'inverse de ce qui se passe ordinairement, les inclusions vitreuses y sont peu fréquentes; elles sont de deux sortes, tantôt incolores, tantôt d'une couleur brune assez foncée.

Le fer oxydulé (*magnétite*) et le fer titané (*ilménite*) se rencontrent côte à côte dans ces laves. Autrefois on n'admettait pas que ces deux minéraux puissent se trouver ainsi réunis dans la même roche, mais le professeur Rosenbusch a fait voir récemment que cette association était, au contraire, fréquente (1).

Leur distinction présente toujours quelque difficulté. Tous

(1) ROSENBUSCH, *loc. cit.*, p. 122.

deux sont d'un noir opaque et se montrent habituellement sous le même aspect. Les sections appartenant au fer titané sont cependant plus allongées que celles du fer oxydulé et ne donnent jamais ces formes quadratiques qui sont, au contraire, habituelles chez ce dernier; par suite de cette grande tendance à s'allonger, l'ilménite se présente même souvent en minces filets linéaires, qui s'étendent entre les cristaux.

Dans les laves qui nous occupent, le fer oxydulé est peu abondant et se voit en petits octaèdres assez surbaissés, tandis que l'ilménite, plus développée, donne des sections hexagonales ou des rhombes extrêmement aigus et se présente encore en plages irrégulières sans formes cristallines bien arrêtées. Dans les parties altérées, la magnétite s'entoure d'une zone brune ou rougeâtre, très colorée; le fer titané se décolore sur les bords ou se revêt d'une teinte grisâtre qui aide encore à le faire plus facilement reconnaître.

Indépendamment des variations que présentent ces laves suivant le mode d'agencement de ces divers minéraux entre eux et la prédominance des uns par rapport aux autres, on constate encore des différences plus importantes, qui tiennent au développement plus ou moins grand d'une pâte vitreuse.

Cette pâte vitreuse manque totalement dans certains cas, et la roche, entièrement cristallisée, prend alors tout à fait l'aspect d'un laitier pyroxénique de haut fourneau.

Elle varie du jaune pâle au brun foncé; toujours bien homogène, absolument amorphe et remarquablement transparente, elle peut se comparer sous ce rapport aux hyalomélanes rejetées par le cratère, dont elle possède, du reste, la fusibilité, avec une teneur en silice presque égale, 52,47 pour 100.

L'anorthite fait pour ainsi dire corps avec ce verre, qui est

tout à fait spécial et ne peut être pris pour un résidu de cristallisation; il y a pris naissance, tandis que tous les autres minéraux peuvent être considérés comme anciens et en débris, mais à des degrés différents; l'augite est, en particulier, simplement craquelé, et ses fragments, séparés par un cristal de feldspath ou par un petit filonnet de pâte, sont encore le plus souvent en rapport, tandis que le péridot est absolument roulé et n'a plus de forme cristalline.

Parfois ces projections ont été portées à une température suffisante pour fondre en partie cette pâte vitreuse, qui s'est ensuite consolidée sous forme de petites gouttelettes d'un noir de poix, isolées entre les cristaux.

Ces gouttelettes singulières, très-allongées, ont jusqu'à 0^m,050 de diamètre et sont presque toutes occupées au centre par une petite géode en miniature, remplie de cristaux d'augite et d'anorthite. Notons encore cette circonstance spéciale que le verre ainsi refondu, examiné au microscope, se montre peu coloré et traversé par une multitude de petits cristaux de néphéline, dont les sections, tantôt rectangulaires, tantôt hexagonales, sont d'une netteté absolue et renferment assez fréquemment des inclusions vitreuses.

Enfin quelques-unes de ces projections sont uniquement composées de péridot et de magnétite. Ce sont alors des masses granulaires d'un jaune cireux, qui s'égrènent facilement sous les doigts et se présentent sous l'aspect d'un grès friable, dont les grains, simplement accolés les uns aux autres, ont entre eux peu d'adhérence. Quand ces masses, probablement en retombant dans le cratère, ont été reprises par la lave en fusion, ce dont il est facile de s'apercevoir à l'état effrité de leurs surfaces, elles ont subi des altérations profondes, et le péridot, par suite d'une

suroxydation complète du fer, a pris des tons qui varient du rouge vif au brun foncé, avec des reflets irisés.

Les projections feldspathiques précédentes ont, par suite des mêmes causes, subi les mêmes modifications. Elles sont devenues terreuses et se colorent de teintes rutilantes. Dans les lames minces on voit les cristaux d'anorthite porter sur les bords des traces manifestes de fusion. Les oxydes ferrugineux sont, pour ainsi dire, dissous; ils s'entourent de bandes limoniteuses très-colorées qui se répandent dans toute la roche. Les mêmes phénomènes ont lieu autour des péridots, dont toutes les cassures sont, en outre, bordées de bandes fibreuses vertes, qui parfois envahissent le cristal tout entier et résultent d'une serpentinisation avancée. Le pyroxène seul paraît avoir résisté à toutes ces actions oxydantes énergiques, au nombre desquelles il faut surtout compter la vapeur d'eau et les gaz acides en circulation dans la lave fondue.

Mais le plus souvent les arêtes vives, les surfaces fraîches, absolument inaltérées, de tous ces fragments indiquent que, loin d'avoir été arrachés par les laves aux profondeurs, ils n'ont jamais dû se trouver en contact avec les matières fondues. Leur projection a marqué le début même de l'éruption, ainsi qu'on peut encore s'en assurer en les voyant recouverts, ou seulement entourés quand leurs dimensions s'y opposent, par les coulées supérieures, autour de l'orifice de sortie. Ils représentent la colonne de lave, consolidée dans l'intérieur de la cheminée volcanique, qui, obstruant ce passage, empêchant toute communication avec l'extérieur, s'est trouvée brisée en éclats, puis violemment projetée, par suite de l'énorme tension des gaz accumulés au-dessous de cet obstacle, à l'approche d'une crise nouvelle.

Cette hypothèse explique suffisamment leur diversité, car on doit admettre que dans un appareil ainsi constitué la lave, qui remplissait le cratère, a dû cristalliser lentement, pendant cette période de calme relatif qui préluait à l'inactivité, par suite du refroidissement graduel de la masse et de la disparition des dissolvants. Il s'est alors opéré une sorte de liquation, et les minéraux les plus basiques, qui sont en même temps les plus ferrugineux et les plus denses, ont gagné le fond, tandis que la silice et les silicates, plus fusibles, étaient entraînés vers les parties supérieures.

Les effets de la densité se sont ajoutés à ceux des dissolvants pour établir ainsi une série de couches successives, composées d'abord des roches à magnétite (densité = 4,969) et à périclote (3,461), puis de celles intermédiaires renfermant, avec une proportion de moins en moins grande de ces deux minéraux, le pyroxène (3,372) et l'anorthite (2,751), puis enfin des hyalomélanes à anorthite (2,694) jouant le rôle d'écume par rapport aux précédentes.

Dans ce volcan placide, dont l'activité modérée, presque continue, ne présente qu'à des intervalles très-éloignés des phénomènes paroxysmaux, cette séparation des éléments par ordre de densité peut même s'opérer au cours de l'éruption, pendant l'ascension lente et régulière des laves.

L'éruption de 1874 va nous en fournir un exemple; tandis que les coulées vitreuses et fluides que nous connaissons se déversaient au sommet du cône, recouvrant ses pentes rapides comme d'un manteau de feu, les flancs de la montagne, cédant sous l'énorme pression de la gigantesque colonne de matières fondues qu'ils renfermaient, s'entr'ouvrirent, et les laves, soutirées par cette crevasse, s'échappèrent en abondance au pied du vol-

can (1). Ces roches, issues ainsi des parties profondes, sont très denses (2,97) et beaucoup plus basiques que celles du sommet du cratère, qui datent pourtant de la même phase éruptive : leur teneur en silice ne s'élève, en effet, qu'à 48,98 pour 100.

Elles renferment en abondance des cristaux de périclase et du fer oxydulé, associés à de l'augite et plus rarement à de grands cristaux d'anorthite, qui paraissent entraînés dans un magma confusément cristallin au milieu duquel on reconnaît à l'état microlithique ces mêmes éléments, mais avec prédominance de l'anorthite.

Ainsi, déversement d'une lave vitreuse, relativement riche en silice, par-dessus les bords du cratère comme par un trop-plein, puis soutirage par des crevasses latérales, ouvertes à une assez grande distance du sommet, d'une lave tout à la fois plus basique et plus dense, chargée de périclase, mais se rapprochant de la précédente par la nature de son élément feldspathique (anorthite), tels sont les deux phénomènes consécutifs présentés par l'éruption de 1874.

(1) Voici les renseignements relatifs à cette éruption que je tiens d'un témoin oculaire, M. H. Vasseur, par l'intermédiaire du D^r Cassien : « Le 22 juillet 1874, vers 4 heures du soir, une série de violentes détonations se firent entendre dans la direction du volcan. Des grondements souterrains, ressemblant au roulement lointain du tonnerre, leur succédèrent, et soudain une explosion formidable annonça que l'éruption allait commencer. Elle se fit avec une grande violence; une pluie de fragments de scories rougeâtres de la grosseur d'une petite noix et de fils volcaniques de couleur bronzée, entraînée par le vent du sud au nord-ouest, vint s'abattre sur le rempart du Bois-Blanc, le Piton, le Marocain et Sainte-Rose. Le cratère, pendant toute la nuit, s'illumina d'une vive lueur. Enfin, quelque temps après, une coulée se manifesta sur le flanc sud du piton de la fournaise, vers sa base; cette coulée, formée de scories non liquides, mais solides, ayant tout à fait l'apparence du mâchefer et roulant lentement les unes au-dessus des autres, se dirigea vers le rempart du Tremblet, puis, deux jours après son apparition, s'arrêta à 1500 mètres environ du littoral. Ce fut la fin de l'éruption. »

On peut les considérer comme représentant la marche habituelle des éruptions de ce volcan.

De ces deux sortes de coulées, les secondes sont de beaucoup les plus importantes, sous le rapport du volume des matières épanchées ; ce sont elles qui, se déversant constamment à l'est et s'ajoutant les unes aux autres dans le Grand-Brûlé, ont puissamment contribué et contribuent encore par leurs apports incessants à augmenter l'île dans cette direction. Les premières, beaucoup moins étendues, en se superposant régulièrement, n'ont pour effet que d'exhausser successivement le cône terminal.

Le Grand-Brûlé, limité par deux remparts escarpés, celui du Bois-Blanc dans le nord et celui du Tremblet dans le sud, qui courent parallèlement entre eux, de l'ouest à l'est, sur une longueur de 8 à 10 kilomètres, peut avoir 7000 mètres de large en moyenne ; il occupe ainsi une superficie de plus de 9000 hectares et forme tout le revers oriental du volcan. C'est un immense champ de laves incliné, qui descend directement à la mer sous des pentes variables, mais souvent très-fortes. On peut le diviser, dans le sens de la hauteur, en deux parties, séparées par un ressaut dont nous verrons tout à l'heure l'origine, qui forme deux chutes successives : la première s'étendant de la base du cône jusqu'à la plaine des Osmondes, au niveau du piton de Crac, c'est de beaucoup la plus forte ; la seconde, descendant directement de ce même piton, sous une inclinaison de 15 à 20 degrés. On réserve à cette dernière le nom de *Grandes-Pentes* (*Pl. XII*).

Il est tout naturel de voir les coulées se faire constamment jour dans l'espace ainsi limité ; c'est, en effet, de ce côté que la montagne offre son minimum de résistance, c'est là qu'elle peut facilement s'entr'ouvrir sous la pression des laves, tout le revers opposé se trouvant fortement appuyé par la masse de l'île tout entière.

Les deux remparts qui enclavent cet espace doivent leur séparation à un cataclysme semblable, mais d'une violence inouïe, car il est parfaitement certain qu'ils devaient se trouver réunis autrefois, pour former les pentes directes de l'ancien volcan. L'enclos du massif actuel, interrompu maintenant dans l'est, était alors une enceinte continue.

Les pointes saillantes qui marquent l'origine de chacun de ces deux remparts, et qui, s'avancant l'une vers l'autre, semblent encore reliées par les quelques pics isolés qui surgissent brusquement au milieu des laves dans l'intervalle, l'attestent d'une façon évidente. Le piton de Crac, dans le nord du Brûlé, est le plus important des témoins de cette ancienne paroi orientale de l'enclos, et le ressaut que je viens d'indiquer dans les deux tiers supérieurs de la pente est encore produit par une portion de cette paroi, restée en saillie sous les laves récentes.

Les laves, au moment de leur sortie, sont plus ou moins fluides, et, par conséquent, leur vitesse sur la pente du Brûlé est soumise à de grandes variations. On en a vu jaillir en véritables cascades de feu et se mouvoir avec la rapidité d'un torrent impétueux; d'autres s'écouler tranquillement en masses pâteuses d'un rouge obscur, nivelant tout sur leur passage et laissant derrière elles comme des traînées de cordages entrelacés; d'autres enfin, ne descendent qu'avec difficulté les pentes plus rapides, s'y refroidir avant même d'en avoir atteint la base.

En général, ces coulées mettent de huit à dix jours pour se rendre à la mer; elles franchissent ainsi 1000 mètres par vingt-quatre heures. Mais d'autres fois, en 1812 par exemple, elles se sont élancées tout d'un jet de la cime jusqu'à la base et ont atteint le littoral en quelques heures. Cette rapidité extrême doit dépendre

non-seulement de la fluidité, mais aussi de l'impulsion que les matières fondues reçoivent de la fournaise.

La coulée de 1812 fut la plus grande connue; les laves couvrirent en un instant le quart de la surface du Brûlé, c'est-à-dire 2350 hectares.

Le 3 novembre 1858, la lave, qui s'était échappée par trois fissures ouvertes au sommet des grandes pentes, mit quatre heures pour en atteindre la base. A 9 heures du soir, elle envahissait la route du littoral, interdisant toute communication entre Saint-Philippe et Sainte-Rose, et le lendemain matin elle se déversait à la mer. Puis, après une interruption du 7 au 11 novembre, les éruptions reprirent avec une grande intensité et se succédèrent sans relâche jusqu'au 4 décembre. M. L. Maillard, qui fut témoin de ces diverses coulées, leur assigne une vitesse de 400 mètres à l'heure (1).

Les laves de 1858, au niveau de la route précitée, se divisaient en trois courants, très voisins les uns des autres, dont la largeur totale était de 900 mètres. Dans une grande éruption qui avait eu lieu huit années auparavant (octobre 1850), la coulée, qui était unique, n'avait atteint que 600 mètres de largeur dans le même point. En 1844, elle était large de plus de 1 kilomètre, sur une épaisseur de 7 à 8 mètres; enfin, en 1864, elle atteignit à peine 600 mètres.

Mais ces gigantesques fleuves de laves, se développant ainsi sur une étendue considérable, après avoir franchi toutes les pentes de la montagne, sont en réalité exceptionnels et ne se reproduisent qu'à des intervalles inégaux et assez éloignés; on n'en compte

(1) MAILLARD, *loc. cit.*, p. 102.

ainsi qu'une dizaine dans toute la durée de ce siècle (1). Habituellement, les coulées n'atteignent qu'une longueur de 2000 à 4000 mètres et se rendent tantôt vers le rempart du Tremblet, tantôt vers celui du Bois-Blanc. Quelquefois même elles ne dépassent pas le piton de Crac et ne sont alors pas visibles du littoral; d'autres enfin, mais beaucoup plus rares, sont limitées à la région supérieure du cône.

Toutes se recouvrent et se superposent les unes aux autres d'une façon irrégulière, en affectant les formes les plus bizarres : les unes, très étalées dès l'origine, surgissent en nappes de grandes et profondes fissures; d'autres paraissent laminées à travers un orifice circulaire et étroit. Ces dernières commencent par un mince filet, qui bientôt s'élargit et se partage en plusieurs bras sinueux. Tantôt elles sont compactes, solides et résistantes, sur une grande épaisseur; tantôt elles prennent une structure scoriacée et se creusent de grandes cavités cylindriques, de véritables tunnels, analogues à ceux que j'ai déjà signalés dans l'intérieur de l'enclos, mais de dimensions considérables et s'étendant sur des longueurs de plusieurs centaines de mètres, avec une hauteur suffisante pour qu'on puisse y circuler à l'aise.

Leurs surfaces ne se décomposent guère sous l'influence des agents atmosphériques; mais un lichen blanc, particulier, le *lichen de Vulcain* (Bory), les envahit en quelques années et les recouvre plus ou moins complètement suivant leur ancienneté.

(1) Voici, d'après les Notes de M. Maillard et les renseignements qui m'ont été fournis par le Dr Jacob de Corbemoy, les dates des coulées importantes qui sont arrivées jusqu'à la mer depuis le commencement du siècle : 1800, 1802, 1812, 1830, 1832, 1844, 1850, 1858, 1863, 1864.

De là résultent des colorations diverses, qui servent en quelque sorte de guide à travers tout ce dédale et viennent indiquer l'âge relatif des diverses coulées. Sur les tons gris et même tout à fait blancs des laves anciennes, les coulées récentes se détachent en noir plus ou moins intense, suivant leur date.

L'aspect des grandes pentes devient par cela même des plus singuliers; de loin, quand le soleil étincelle, en voyant les noirs rubans qui se déroulent immenses sur ce plan incliné d'une blancheur presque éclatante, on serait tenté de croire, sous ce climat de feu, à un glacier gigantesque, encaissé entre deux sombres murailles, et sur le front duquel des laves se seraient épanchées. Une sorte de moraine terminale est encore figurée par un amas chaotique de roches fondues et de scories confusément entassées les unes au-dessus des autres.

L'illusion est complète; c'est cet effet saisissant que M. le Dr Cassien a cherché à rendre dans le dessin, d'une fidélité parfaite, que reproduit la *Pl. XII*.

Tout l'espace occupé par le Brûlé ne peut être considéré comme d'une aridité absolue. Quelques malheureux créoles, auxquels la terre manquait sans doute, ont imaginé, au mépris du volcan, d'habiter quelques petits plateaux isolés dans l'intérieur de cet encaissement et de défricher le sol fertile qui recouvre en certains points les laves. A des hauteurs plus grandes, on rencontre, entre les deux remparts, de grandes et belles forêts, des fourrés impénétrables que les coulées ont respectés en tout ou partie. Un grand nombre d'autres ont été détruites, et leurs restes carbonisés indiquent encore maintenant la place qu'elles occupaient.

On peut voir, au milieu de ces scènes de dévastation, tous ces phénomènes intéressants, si bien expliqués par M. Fouqué dans

son Rapport sur l'éruption de l'Etna en 1865 (1). Des arbres noircis et dénudés, carbonisés seulement sur une faible hauteur, émergent au milieu des laves; d'autres, entourés d'un bourrelet ou mieux d'un étui de lave rapidement consolidé sur leur écorce, semblent avoir été protégés par lui. Souvent la carbonisation a été complète et la lave s'est pour ainsi dire injectée dans le tissu végétal spongieux. Faujas de Saint-Fond a depuis longtemps décrit les curieux effets que produisit sur une forêt de palmiers l'éruption célèbre de 1802 (2).

Les données actuelles sur la température des courants de lave sont encore bien peu précises; il est, en effet, toujours difficile de s'approcher des coulées au moment où elles sont liquides et incandescentes, et la plupart des expériences tentées pour arriver à cette détermination par de courageux observateurs ont été faites alors que les laves avaient cessé de couler et qu'une partie de leur chaleur s'était par conséquent dissipée. La plupart des faits cités jusqu'ici tendent à prouver que cette température est très-élevée. Ici, au contraire, il semblerait, d'après les témoignages recueillis, que la chaleur dégagée par les laves est peu considérable. Un grand nombre d'observateurs racontent, par exemple, que souvent on a pu s'approcher du courant de feu jusqu'à une faible distance sans en être incommodé; des pièces de monnaie, de petits lingots de fer jetés sur le bourrelet de lave porté au rouge cerise qui forme le front de la coulée surnageaient et s'oxydaient rapidement, mais sans subir la moindre trace de fusion (3).

(1) *Archives des missions scientif. et littér.*, 2^e série, t. II, 2^e liv., p. 343.

(2) *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle du globe*, t. II, II^e Part, p. 419. Paris, 1809.

(3) Une nouvelle preuve de cette température relativement peu élevée, c'est le peu

Ces laves, malgré leur apparence liquide, offrent encore à la pression une grande résistance; de lourdes pierres, lancées avec force sur leur surface incandescente, rendent un son sec et peuvent à peine s'y imprimer légèrement (1).

Leur fluidité provient surtout de la prodigieuse quantité de gaz et de vapeur d'eau qu'elles tiennent en dissolution. Cette dernière doit jouer un rôle prépondérant; c'est elle qui dilate puissamment les matières fondues et sert de véhicule à leurs molécules dissociées (2). Ces laves se refroidissent, du reste, avec

d'altération des minéraux anciens, en débris, amenés tout formés par les laves, qui ne montrent d'autres modifications que celles dues aux actions mécaniques intenses qui se sont exercées sur eux pendant leur transport.

(1) A chaque grande coulée, le grandiose spectacle offert par les laves attire sur le littoral un grand nombre de personnes, venues de tous les points de l'île, et ces expériences ont été fréquemment répétées. Parmi les témoignages anciens, je me contenterai de citer cet extrait de la relation donnée par M. Berth des phénomènes qui ont marqué l'éruption de 1791 : « J'approchai jusqu'à la distance de 3 à 4 pieds de la lave coulante; j'y restai plusieurs minutes sans être incommodé par la chaleur; je ne sentis, en approchant, aucune odeur sulfureuse. Un bâton de bois vert, enfoncé dans la lave fluide, s'enflamma sur-le-champ, avec beaucoup de bruit, jusqu'à la distance de 2 pieds; je fus obligé d'employer beaucoup de force pour enfoncer le bâton dans les laves et pour l'en retirer; en soulevant quelques parties de matières fondues, qui étaient tenaces, elles faisaient comme de la glu et formaient des fils capillaires terminés par de petits globules. »

(2) Dolomieu, à qui l'on doit les premières notions exactes sur l'origine des phénomènes volcaniques, n'a cessé de soutenir, dans ses nombreux écrits, que les laves ne sont pas des *vitifications* et qu'elles ne doivent pas leur fluidité, au sortir des volcans, aux seuls phénomènes ignés (*Journal des Mines*, n° 37, p. 402; 1797). Mais, en les supposant entretenues liquides par une sorte de fondant, tel que le soufre, il s'était complètement mépris sur la nature de cet agent.

Je rappellerai maintenant ici que M. Daubrée, à la suite de ses belles expériences sur l'action exercée par l'eau surchauffée dans la formation des silicates (*Études sur le métamorphisme, Mém. des Savants étrangers*, t. XVII, p. 96), a depuis longtemps fait pressentir le rôle de l'élément aqueux dans les actions mécaniques des roches éruptives, en montrant que les silicates, au moment de leur hydratation, éprouvent

une grande rapidité et dégagent au moment de leur solidification de véritables torrents de vapeur d'eau.

Pour se former une idée de la manière dont elles se propagent, il faut se représenter un jet de matières en fusion, formant un bourrelet très-étalé, dont la surface extérieure noircit en quelques secondes et se recouvre presque instantanément d'une enveloppe solide, qui s'entr'ouvre bientôt, de bas en haut, pour donner issue à un autre jet; la pression du liquide gonfle ce nouveau bourrelet, qui se durcit à son tour, s'entr'ouvre, puis se gonfle pour s'entr'ouvrir encore, et toujours ainsi, sur toute la longueur du front de la coulée.

Cette enveloppe est si résistante, qu'on peut poser le pied dessus presque aussitôt qu'elle s'est formée, alors même que l'intérieur est encore à l'état de fusion. M. le Dr Jacob de Corbemoy a fait à ce propos l'observation suivante sur les laves de 1864 : « Quand la couche superficielle se fut en partie refroidie et solidifiée, nous vîmes, à une cinquantaine de mètres du bord de la coulée, une portion de l'enveloppe consolidée s'affaisser subitement et, à sa place, paraître une sorte de puits d'où se dégageait une très-vive lueur, beaucoup plus intense que la lueur présentée habituellement par les fissures. Nous ne pûmes résister au désir d'aller voir ce qui se passait au fond de cette excavation, et, après avoir mouillé nos chaussures, nous nous avançâmes sur

un véritable ramollissement et une augmentation de volume considérable. « J'ai insisté à dessein, dit-il (p. 10), sur l'augmentation de volume qu'a prise le verre transformé en zéolithe par l'action de l'eau, pour en conclure d'une manière extrêmement probable qu'au moment de leur hydratation certaines roches ont dû éprouver un phénomène de foisonnement analogue à celui dont on a de nombreux exemples naturels dans le changement de l'anhydrite en gypse. Ce foisonnement a dû suffire dans bien des cas pour donner naissance à la poussée et à l'éruption des roches; ce serait particulièrement le cas des phonolithes et des basaltes. »

la lave en nous tenant par la main. Dans une inspection rapide, nous vîmes, au fond de ce trou, la lave au rouge blanc couler avec la rapidité d'un torrent furieux. »

C'est à ces courants de laves très-fluides, s'écoulant sous une voûte solide, que sont dus ces canaux souterrains, aux parois vitrifiées, toutes garnies de longues stalactites, qui sont si fréquents dans tout ce massif volcanique.

D'autres fois, le volcan présente un autre phénomène et les laves arrivent à la surface du sol dans un état voisin de leur solidification ; les observateurs qui ont assisté à ces éruptions n'ont alors vu, le plus souvent, qu'un entassement irrégulier de blocs incohérents qui, poussé par une force invisible, progressait avec une extrême lenteur.

Les phénomènes de contact, c'est-à-dire les effets exercés par les coulées les unes sur les autres en se recouvrant, sont pour ainsi dire nuls : le plus souvent on ne peut constater aucune action appréciable ; mais elles éprouvent de grandes variations dans leur structure suivant l'inclinaison de la pente sur laquelle elles se sont consolidées et dans leur composition suivant la distance au foyer éruptif. Leurs surfaces, complètement vitreuses, sont parfois si épaisses, qu'on a pu croire, dans quelques cas, à des coulées particulières recouvrant des laves plus compactes.

Ai-je besoin de dire combien il eût été important de pouvoir suivre toutes ces modifications dans chacune des coulées et de rechercher les différences qu'elles peuvent présenter entre elles, afin d'arriver à connaître dans quelles limites la composition de ces laves, qui aboutissent toutes à un foyer commun, a dû varier avec le temps ?

Ce sont là de vastes sujets d'étude que j'ai à peine effleurés, mais que j'espère pouvoir entreprendre quelque jour, quand j'aurai pu

compléter les matériaux qu'un séjour malheureusement trop court dans la colonie ne m'a permis de recueillir qu'en nombre insuffisant. Pour le moment, d'après l'examen de trois coulées bien distinctes et assez espacées comme âge d'éruption, 1813-1832-1848, je puis dire que les laves amoncelées dans le Grand-Brûlé sont en général identiques à celles de la plaine des Laves, au pied du piton Bory. Toutes sont d'une constitution pétrographique simple et ne présentent de variations que dans les proportions relatives des divers éléments.

Ces éléments sont toujours les mêmes, et la seule différence importante à signaler, c'est que leur feldspath dominant, qui est toujours l'anorthite, ce qui établit entre eux une grande analogie de composition, est tantôt seul, tantôt associé au labrador; les autres minéraux restants sont : l'augite, le péridot, le fer oxydulé et le fer titané.

Parmi les minéraux accessoires toujours rares, il faut citer l'apatite, et dans les vacuoles, parmi les produits d'altération dus à des actions secondaires, quelques concrétions hyalitiques.

Ces laves sont très denses (2,93 à 3,10), très tenaces et de couleur foncée. Complètement vitreuses et d'un noir brillant dans les parties superficielles, sur une épaisseur variable, mais toujours faible, elles sont dans les parties internes des coulées plus ou moins vacuolaires, et leur pâte possède une texture microcristalline. Les seuls éléments qu'on puisse discerner à l'œil nu sont le péridot, plus ou moins abondant, en grains vitreux arrondis, et quelques très petites lamelles peu distinctes, d'un blanc grisâtre, de nature feldspathique.

L'examen microscopique d'un certain nombre de plaques minces obtenues dans divers échantillons des trois coulées citées plus haut m'a fourni les résultats généraux suivants.

Pâte vitreuse. — Brune, complètement amorphe, assez transparente, mais souvent chargée de granulations et de petits cristaux de magnétite qui la rendent opaque; peu développée dans les parties internes des coulées, prédominante au contraire dans les parties superficielles; très fusible, presque entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique. L'attaque est vive et se fait avec dégagement de chaleur. La teneur en silice de la partie attaquée est égale à 41 pour 100.

Anorthite. — Cristaux brillants, d'une grande pureté (depuis l'état microlithique jusqu'à la dimension allongée de 1 millimètre et même au delà), avec des formes absolument géométriques, mais souvent aussi mal terminés et paraissant alors se fondre avec la pâte, au sein de laquelle ils ont bien manifestement pris naissance. Les microlithes, allongés suivant pg' , présentent rarement la structure triclinique, mais s'éteignent constamment, par rapport à leur longueur, sous des angles qui dépassent 30 degrés; ils sont surtout développés dans les parties vitreuses. Les grands cristaux se composent au contraire d'un grand nombre de lamelles hémitropes; ils exercent sur la lumière polarisée une action très-vive et se colorent de nuances qui passent subitement du jaune au bleu, indice d'une grande dispersion des axes optiques. Les angles d'extinction de deux lamelles successives atteignent fréquemment et même dépassent 50 degrés.

Les inclusions y sont rares; cependant on peut y constater, avec de petits pores à gaz, tous les minéraux de la roche et de très-rares enclaves uniquement composées d'une pâte vitreuse analogue à la pâte ambiante. Le pyroxène s'y voit en petits prismes rectangulaires très allongés, et le péridot, beaucoup moins fréquent, en grains arrondis. De petits cristaux de magnétite y sont dis-

posés par traînées régulières qui paraissent surtout logées entre les clivages ou dans les plans de maclé.

Leur analyse a donné les résultats suivants, qui sont tout à fait comparables à ceux d'une analyse précédente faite sur des cristaux d'anorthite extraits d'une des projections du volcan (1).

	Composition en centièmes.	Oxygène.	Rapports de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes.	
			Calculé.	Observé.
Si O ²	43,51	24,15		
Al ² O ³	35,76	16,50		
Fe ² O ³	0,76	0,26	4 : 3 : 1	4,12 : 3 : 1
Ca O.....	17,52	5,00		
Mg O	0,22	0,05		
Na O.....	2,03	0,54		
K O.....	0,35	0,07		
	<hr/>			
	100,04			
	Densité.....		2,738	

Labrador. — Cristaux courts, souvent brisés, formés de lamelles hémitropes moins nombreuses et plus larges que celles du feldspath précédent. Suivant la longueur, ces lamelles s'éteignent souvent à 28 ou 30 degrés de leur arête verticale. Macles en croix fréquentes, composées de quatre individus allongés suivant pg' , maclés deux par deux suivant la loi de l'albite, ayant encore subi entre eux une deuxième maclé avec axe de rotation parallèle à p .

Ces cristaux, toujours peu abondants, paraissent d'une consolidation antérieure à celle de l'anorthite; mais il est juste de dire

(1) Les cristaux analysés ont été extraits, à l'aide de l'électro-aimant, de la lave de 1813, dans laquelle, d'après l'examen microscopique des plaques, le labrador fait défaut; tous ont été triés avec soin parmi les plus limpides et les plus purs.

qu'ils s'en distinguent difficilement dans les préparations. L'examen chimique des plaques seul met en évidence leur présence. Après une longue digestion dans l'acide chlorhydrique chaud, l'anorthite, profondément altéré, a perdu toute action sur la lumière polarisée, tandis que les cristaux de labrador sont seulement craquelés et tout aussi brillants qu'avant l'attaque.

Il était impossible de les extraire séparément pour en faire l'analyse. Ils sont toujours moins abondants que les précédents et souvent même arrivent à manquer.

Augite. — Très-répandu; tantôt en granules arrondis d'un vert clair, formant des agrégats grenus intimement associés à l'anorthite, tantôt en larges sections brunâtres, marquées de stries irrégulières, sensiblement parallèles aux côtés et dues aux clivages *m*, qui s'éteignent entre les nicols croisés, dans des directions donnant des angles de 37 à 39 degrés avec ces traces. Ces dernières, qui indiquent un certain développement des cristaux suivant *g*¹, sont très-légèrement dichroïques. Les formes cristallines à contours géométriques bien nets sont rares dans les deux cas.

Ces cristaux contiennent d'assez nombreuses inclusions de magnétite; les inclusions vitreuses y sont extrêmement rares. Fréquemment, les grandes sections englobent, en partie, un gros cristal de péridot.

Péridot. — Cristaux arrondis de toutes dimensions (depuis 0^{mm},02 jusqu'à 0^m,006 de diamètre), tantôt réduits à l'état de galets, craquelés et fendillés dans tous les sens, tantôt présentant encore quelques facettes, quelques angles suffisamment nets; leur éclat est vitreux et leur couleur d'un jaune verdâtre. Très-transparents à la lumière réfléchie, ils se montrent souvent remplis de petits octaèdres de magnétite, qui s'y groupent en donnant lieu

à des figures plus ou moins régulières. Les inclusions vitreuses y sont peu abondantes ; elles sont en général formées d'une substance bien homogène, très-transparente et peu colorée.

A côté de ces péridots, évidemment entraînés tout formés dans la lave, il en est d'autres qui appartiennent à une phase de consolidation plus récente et dont la production doit être postérieure à l'épanchement, ou tout au moins contemporaine.

A l'inverse des précédents cristaux, ils se présentent le plus souvent à l'état microlithique, avec des formes cristallines bien nettes qui donnent dans les lames minces des sections hexagonales allongées ou rhombiques, remplies de grandes inclusions vitreuses, brunes, contenant une ou plusieurs bulles de gaz et fréquemment un cristal de magnétite.

Fer oxydulé. — En granulations opaques, ou le plus souvent en petits octaèdres ($0^{\text{mm}}, 004$) fort nets et singulièrement groupés. L'extrême multiplicité de ces cristaux, qui, opposés sommet à sommet, dessinent des figures régulières d'une grande finesse, devient même un des traits les plus saillants de la texture microscopique de quelques-unes de ces laves. Souvent aussi, ce même minéral se montre en sections carrées ou losangiques beaucoup plus grandes ($0^{\text{mm}}, 1$), mais toujours isolées. Il apparaît bien ici comme un produit primaire, comme un des premiers éléments qui se soient consolidés dans le magma fondu (¹) ; mais, de même que le péridot, il a dû se développer également pendant la seconde phase de consolidation de la roche, postérieure à son épanchement : on ne pourrait s'expliquer autrement la belle conservation

(¹) Les beaux travaux de M. Zirkel sur les basaltes (*Basaltgesteine*, p. 69) ont depuis longtemps mis hors de doute la cristallisation primordiale du fer oxydulé dans le magma basaltique.

de ses groupements, d'une délicatesse extrême, que le moindre mouvement eût séparés. Ces petits octaèdres forment encore des amas autour desquels la pâte vitreuse semble décolorée; d'autres fois, ils entourent les cristaux de feldspath de plusieurs bandes concentriques qui épousent complètement leurs contours.

Fer titané. — Ce dernier est peu abondant; on le distingue assez bien du précédent par la terminaison beaucoup plus aiguë de ses cristaux octaédriques, par ses sections hexagonales et ses reflets un peu rougeâtres à la lumière réfléchie; mais, de même que pour le labrador, c'est encore ici l'examen chimique qui permet seul d'affirmer nettement sa présence. De la roche finement pulvérisée un électro-aimant faible attire une poussière noire très-dense, à reflets métalliques, dont une partie seulement s'attaque par l'acide chlorhydrique (magnétite); le résidu, lavé et séché, donne au chalumeau, avec le borax, une perle d'un rouge sang (ilménite).

Les caractères distinctifs présentés par les laves de chacune des trois coulées dont il vient d'être question sont les suivants.

Lave de 1813. — Pâte vitreuse, brun clair, très-développée, chargée de *fer oxydulé*, au point d'en devenir opaque. *Anorthite* en beaux cristaux allongés, dont la structure triclinique apparaît même à la lumière simple, confusément enchevêtrés avec de nombreux cristaux d'*augite*, sans la moindre indication de structure fluidale. *Péridot* très abondant, en cristaux bien nets, dont tous les angles sont vifs, remplis d'inclusions vitreuses. Quelques rares sections hexagonales de *fer titané*, ayant jusqu'à $0^m,002$ de diamètre.

Tous ces éléments sont de consolidation récente; la lave a dû se prendre en masse aussitôt sa sortie: elle ne paraît pas avoir amené de cristaux anciens.

Lave de 1832. — Pâte vitreuse encore bien développée, moins colorée que celle de la lave précédente. Les cristaux de *fer oxydulé* sont plus distincts et très régulièrement groupés. *Anorthite* en microlithes, dont les contours sont mal limités; un grand nombre paraissent avoir été surpris par la consolidation de la lave au moment de leur formation, de telle sorte qu'ils ne sont pas terminés. *Labrador* en cristaux assez larges, courts et beaucoup plus nets, qui paraissent plus anciennement formés que les microlithes précédents. *Augite* en agrégats grenus, d'un vert assez accusé, ainsi qu'en cristaux brunâtres plus nets, plus développés ($0^{\text{mm}}, 6$ sur $0^{\text{mm}}, 1$), allongés suivant $h'g'$. *Péridot* très abondant, en cristaux généralement peu roulés, dont les angles seulement sont abattus.

Lave de 1848. — Pâte vitreuse beaucoup moins développée que dans les deux laves précédentes. Structure fluidale très-manifeste, dessinée par l'orientation des cristaux d'*anorthite*. *Augite* en petits prismes, courts, verdâtres, très brillants, ou en grandes sections brunes, très striées. *Péridot* en cristaux très arrondis, craquelés et de grandes dimensions. *Fer oxydulé* et *fer titané* d'une distinction difficile, très répandus dans toute la lave.

Les parties superficielles de cette dernière coulée sont entièrement vitreuses. Au milieu d'une pâte amorphe, fluidale, brune, peu transparente, on distingue de très beaux cristaux d'*anorthite* atteignant souvent $0^{\text{m}}, 1$ de long, isolés ou parfois associés et comme groupés avec de larges cristaux d'*augite*, également nets. Le *péridot* y est rare et la *magnétite* y fait absolument défaut.

Résumé de la constitution géologique du massif récent.

Dans l'exposé rapide qu'on vient de lire, j'ai cherché surtout à énumérer et à décrire, dans l'ordre où elles se sont présentées au cours de notre ascension, les roches qui constituent le massif oriental de l'île de la Réunion.

J'essayerai maintenant de jeter un coup d'œil plus général sur les produits volcaniques si divers que je viens de signaler, afin de bien établir leur âge relatif, de préciser leur composition et de mettre en évidence les relations qui peuvent exister entre ces deux ordres de faits.

Les roches les plus anciennes que nous ayons reconnues dans ce massif sont sans contredit celles, mises à jour dans les parois des grands cirques d'affaissement, qui forment le sous-sol des plaines des Remparts et des Sables. Ce sont ces laves massives et compactes, à structure colonnaire, composées surtout d'oligoclase et d'augite, dans lesquelles s'est ouvert le cratère Commerçon, et qu'on retrouverait encore au fond des grands et profonds barrancos qui découpent au nord et au sud la région des plaines précitées (cascades de la rivière de l'Est au nord-est, rivière des Remparts et celle de l'Angevin au sud). J'ai déjà dit quelle avait été leur origine, quels avaient dû être les centres volcaniques, aujourd'hui détruits, qui les ont produites.

Elles sont directement recouvertes par des laves à oligoclase et à labrador (laves supérieures du cratère Commerçon et du pas des Sables). Puis sur le versant ouest de la plaine des Remparts, dans la plaine des Cafres, dans celle des Palmistes et de là se déversant sur les pentes de Saint-Benoît, nous avons vu des laves plus récentes encore, mais sorties d'orifices situés dans une tout

autre direction, qui ne renferment plus qu'un seul élément feldspathique : le labrador.

Dans l'est, au-dessus de ces mêmes laves à oligoclase, les coulées superficielles de la plaine des Sables commencent une nouvelle série de produits, dans lesquels apparaît l'anorthite, qui se sont fait jour à une époque encore plus rapprochée. Il faut, en effet, rattacher leur apparition à l'existence des nombreux cônes de scories qui surmontent cette plaine et sont incontestablement postérieurs aux grandes dislocations qui ont formé les cirques.

Puis ce feldspath prédomine, au point de devenir l'élément tout à fait caractéristique des matériaux fournis par le volcan actuel. Le péridot, qui ne jouait dans les laves à oligoclase qu'un rôle tout à fait accidentel, devient ici très abondant ; il n'est plus de laves qui n'en contiennent, et souvent il se trouve directement rejeté en masses considérables.

En résumé, les laves du *massif récent* sont toutes plagioclasiques ; elles appartiennent à cette importante catégorie de roches auxquelles on réserve le nom de *basaltiques* et comprennent trois types, bien distincts, caractérisés par la nature de leur élément feldspathique prédominant :

- 1° Laves à *anorthite* (massif du volcan actuel, laves récentes) ;
- 2° Laves à *labrador* (plaine des Cafres, plaine des Palmistes, etc.) ;
- 3° Laves à *oligoclase* (rempart du pas des Sables, cratère Commerson, etc.) .

Chacune d'elles correspond à une phase d'activité particulière, et l'ordre dans lequel je viens de les inscrire est en même temps celui de leur ancienneté.

Mais ces diverses catégories ne sont pas séparées par de brusques transitions ; elles sont au contraire reliées par des termes

intermédiaires (laves à *oligoclase* et à *labrador* du cratère Comerson et du pas des Sables, laves à *labrador* et à *anorthite* de la rivière des Remparts et de la plaine des Laves) et représentent une série éruptive continue, dont les produits se sont successivement modifiés avec le temps, en devenant de plus en plus basiques.

Massif ancien.

Les rivières torrentielles qui drainent les grandes vallées circulaires du massif ancien, celles moins importantes, mais si nombreuses qui sillonnent et ravinent ses pentes, arrachent continuellement aux parois de leur lits d'écoulement et entraînent à la mer des matériaux qui viennent former, le long des côtes, un dépôt considérable de sables et de galets.

Ces débris, mis sans cesse en mouvement par une mer toujours agitée, semblent en dernier lieu soumis à une impulsion particulière qui les entraîne du sud-est au nord-ouest; c'est là le résultat de l'action incessante des courants et des vagues, constamment poussés dans cette direction par les vents généraux qui soufflent du sud-est.

Les galets surtout, après avoir roulé sur toute la côte, se réunissent à son extrémité nord-ouest, entre Saint-Paul et Saint-Denis, pour former une pointe triangulaire qui se développe sur une étendue de 7000 à 8000 mètres et s'avance de 4000 mètres en mer.

Dans la partie de l'île la moins exposée au vent (de la pointe de l'Étang-Salé, près de Saint-Louis, dans le Nord, à celle des Chiendents, près de Saint-Denis, dans le Sud), les sables, par suite de conditions spéciales qu'il serait trop long de développer ici, envahissent tout le littoral compris entre la ravine des Sables et

les étangs du Gol, et s'accumulent encore au delà sous forme de dunes qui recouvrent et stérilisent des espaces considérables. Ces dunes ne sont, en effet, limitées que par les pentes abruptes de l'île ou par les ravins qui en descendent et mettent arrêt à leur développement en entraînant, de nouveau, les sables à la mer.

Ces sables résultent de la trituration des roches volcaniques qui entrent dans la constitution de l'île, et en particulier de celles du groupe des basaltes; ils en contiennent tous les éléments. Quand on les examine dans les dunes, ils sont fins, d'un gris ardoisé, et se composent de petits galets de roches non décomposées, de débris de cristaux de feldspath et de pyroxène; mais le périclase y est rare. Sur le littoral, au contraire, ce minéral devient de plus en plus abondant à mesure qu'on se rapproche davantage de la mer; il se mélange en toutes proportions avec des cristaux roulés d'ilménite et de magnétite, qui dominant à leur tour (60 à 65 pour 100) au niveau du balancement des marées, au point d'y former, pour ainsi dire à eux seuls, des dépôts très étendus.

Ce sont ces riches gisements d'un minerai ferrugineux très recherché qu'une administration prévoyante et soucieuse des intérêts de la colonie songeait à utiliser, au moment où nous arrivions de l'île Saint-Paul.

Sur les petites plages de la ravine des Sables, il était bien facile de se rendre compte du mécanisme de leur dépôt.

Dans les gros temps, des masses plus ou moins considérables de sables volcaniques sont jetées au fond de ces petites baies et s'y trouvent ensuite sans cesse remaniées par les eaux; chaque lame, pendant son ascension, provoque la formation d'une petite couche où ces menus débris se déposent par ordre de densité et en entraîne avec elle, pendant son mouvement rétrograde, la

partie tout à fait superficielle, qui ne se compose que des particules les plus légères. Par suite de ce triage mécanique, les minéraux lourds restent sur la rive, tandis que ceux plus légers, comme les feldspaths, retournent seuls à la mer avec les débris de roche et finissent par former dans les bas-fonds, au large, des sédiments vaseux.

Pendant la basse mer, les vents agissent dans le même sens sur ces sables desséchés et transportent au loin les particules légères en les amoncelant sous forme de dunes, de telle sorte que dans toute la zone soumise aux marées le dépôt ferrugineux s'enrichit de plus en plus.

C'est ainsi que dans ces sables la proportion des parties attirables au barreau aimanté, qui peut atteindre 63 pour 100, un peu au-dessous du niveau des plus hautes eaux, descend graduellement quand on s'écarte du rivage. Au delà de la route de ceinture, elle n'est plus que de 10 à 15 pour 100; plus loin elle est encore moindre, et les sables, devenus complètement jaunes, ne renferment pour ainsi dire plus que du périclase. Ce dernier disparaît à son tour, petit à petit, pour faire place aux débris de roche et aux fragments de feldspath qui constituent, pour ainsi dire, à eux seuls les dunes dont je viens de parler.

Ces sables sont des plus intéressants à étudier en détail; ils renferment quelques minéraux curieux. La dimension moyenne des petits cristaux roulés qui les constituent oscille entre 0^m,001 et 0^m,002, et leur couleur varie du jaune au noir, suivant la proportion de périclase qu'ils contiennent. Le barreau aimanté les sépare en deux parties bien distinctes, que je vais maintenant examiner l'une après l'autre.

Partie attirable. — C'est celle qui constitue le minerai. Elle donne un sable noir, brillant, très dense (5,4), qui se décompose

à son tour de la façon suivante :

Parties attirables à distance : fer oxydulé magnétique.....	18,00
Parties attirables au contact : fer titané, fayalite, cristaux remplis d'inclusions ferrugineuses.....	82,00
	<hr/> 100,00

et qui contient : 32,85 de silice, 20,76 d'acide titanique, 29,64 d'oxyde ferrique et 8,20 d'oxyde ferreux.

Le fer oxydulé, qui représente à lui seul toute la partie attirable à distance, peut encore facilement s'obtenir en promenant dans le sable un petit barreau de fer doux. Il est généralement très roulé, parfois même en petites sphères, parfaitement rondes, semblables à de la grenaille de plomb; mais le plus souvent on peut encore reconnaître ses formes cristallines : c'est ainsi que j'ai pu extraire des sables de la ravine des Avirons de fort jolis petits octaèdres de ce minéral, les uns parfaitement réguliers, les autres passant au dodécaèdre rhomboïdal par suite de nombreuses facettes de modification sur les arêtes.

Dans la partie attirable au contact, le fer titané est peu abondant; on le reconnaît en grands octaèdres allongés, dont les faces, ternes et rougeâtres, semblent chagrinées. De même pour le périclase ferrifère (fayalite), qui se présente en petits fragments bruns, à surfaces irisées, très fusibles et facilement clivables.

La majeure partie des grains ainsi attirés sont absolument roulés, grisâtres, à surfaces peu brillantes, marquées de petits points noirs. En les examinant au microscope binoculaire, sous un grossissement de 30 fois, on voit que tous ces points sont produits par des milliers de petits cristaux de magnétite qui font saillie à la surface des grains. Ces derniers paraissent formés de substances transparentes assez diverses, blanches, verdâtres ou jaunes; en les soumettant au microscope polarisant à lumière parallèle, après

les avoir réduits en poudre, on reconnaît facilement que ce sont là des cristaux de feldspath, d'augite ou de péridot, qui sont absolument remplis de fer oxydulé, de longues aiguilles de fer titané confusément entremêlées, ou de trichites enroulés en forme de petites pelotes très bizarres. Parmi ces minéraux, dont la substance disparaît, pour ainsi dire, sous le nombre des inclusions, le feldspath est de beaucoup le plus abondant.

Partie non attirable. — Elle se compose surtout de cristaux de péridot et d'augite, le premier étant toujours de beaucoup le plus abondant, en petits galets d'un jaune ambré, très arrondis, très transparents, légèrement verdâtres à la lumière transmise, montrant toujours quelques petites inclusions de fer oxydulé, et parfois des globules d'une matière amorphe, brune et grumeleuse. Plus rarement, on reconnaît des cristaux allongés, d'un beau vert pâle, striés longitudinalement, très dichroïques, qui appartiennent à une variété fibreuse d'amphibole (actinote), du sphène, en cristaux rugueux, rougeâtres, facilement fusibles et très attaquables dans l'acide chlorhydrique, tandis que le péridot l'est, au contraire, fort peu.

Enfin, parmi ceux qui ne se rencontrent que d'une façon tout à fait exceptionnelle, je dois citer : un feldspath triclinique ; des débris de quartz ; de l'hypersthène bien reconnaissable à ses clivages multiples et à ses inclusions caractéristiques ; de petits fragments cristallins, très transparents, n'exerçant aucune action sur la lumière polarisée et appartenant par conséquent au système cubique, qui sont, les uns d'un rouge de carmin peu foncé facilement fusibles et en partie attaquables par les acides (grenat) les autres beaucoup moins colorés avec des propriétés inverses (spinelles rouges), d'autres enfin jaunâtres, très dichroïques et opalescents (cymophane).

Quelques débris de roches volcaniques, du carbonate de chaux et des foraminifères se trouvent encore mélangés, mais en petites proportions, à tous ces cristaux (1).

Pour expliquer l'origine de ces sables ferrugineux, les opinions les plus singulières ont été émises; on a même été jusqu'à les attribuer à des éruptions sous-marines spéciales. Je ne m'attarderai pas à discuter ici toutes ces hypothèses plus ou moins vraisemblables; il est en effet de toute évidence, comme je l'ai dit au commencement de ce Chapitre, qu'ils résultent uniquement de la destruction par l'eau et de la trituration de certaines des roches volcaniques de l'île. Il suffisait déjà, pour s'en rendre compte, d'examiner celles qui affleurent sur le littoral: leur composition minéralogique répond en partie à celle des sables en question.

Entre la ravine des Sables et la pointe des Avirons, la côte paraît tout d'abord découpée en une suite de petites baies très encaissées, limitées par des coulées de lave qui s'avancent plus ou moins en mer. Ces coulées sont formées d'une lave basaltique

(1) Les échantillons de sables examinés ont été recueillis entre la ravine des Sables et le ravin qui précède celui du Trou, à 500 mètres environ de la mer. Tous les minéraux que je viens de signaler dans la partie non attirable au barreau aimanté s'y trouvaient réunis dans les proportions suivantes, ramenées à 100 parties :

Péridot	64
Augite	10
Actinole	5
Sphène	4
Feldspath triclinique.....	} ensemble
Quartz	
Carbonate de chaux.....	} ensemble
Hypersthène.....	
Grenat	} ensemble
Spinelle.....	
Cymophaue	} ensemble
Débris de roches, foraminifères, etc.....	
	100

noire, compacte, très dense, dans laquelle on ne distingue à l'œil nu qu'une texture grenue, mais qui se montre, sous le microscope, entièrement cristallisée. Elle consiste en un enchevêtrement microlithique de labrador et d'augite au milieu duquel se détachent, en noir, des petites sections quadratiques ou des amas granuleux de fer oxydulé remarquablement groupés autour du pyroxène. De place en place le labrador s'isole encore sous forme de grands cristaux (1 millimètre sur 0^{mm}, 1) allongés, très purs, qui s'orientent visiblement et dessinent ainsi une structure fluidale déjà manifeste dans le magma de la roche. Enfin, çà et là, de grandes sections d'un noir opaque, qui dénotent des formes octaédriques très allongées, appartiennent au fer titané. Le péridot y est rare et presque toujours serpentinisé.

Elles recouvrent généralement des laves grisâtres, également adélogènes, mais beaucoup moins grenues, qui présentent dans les cassures fraîches un faible éclat nacré. Ces laves sont beaucoup plus feldspathiques que les précédentes et ne semblent plus constituées, quand on les examine à la lumière simple, que par des petits prismes allongés d'augite et des octaèdres de fer oxydulé, disposés par amas au milieu d'un verre incolore. Ce dernier, sous les nicols, agit vivement sur la lumière polarisée et se résout en lamelles tricliniques dont les contours sont souvent peu distincts, mais dans lesquelles, cependant, on peut encore reconnaître les formes et les angles d'extinction du labrador. Ces cristaux sont, en effet, visiblement couchés suivant pg' et s'éteignent, par rapport à leur longueur, sous des angles qui ne dépassent pas 27 degrés.

Ces lamelles feldspathiques incolores sont, dans une autre variété de ces laves, d'assez grandes dimensions ; le pyroxène quitte alors sa forme prismatique pour se présenter en plages déchiquetées, qui paraissent mouler les cristaux précédents. Il

semble donc ici qu'il se soit consolidé après le feldspath, à l'inverse de ce qui se passe habituellement dans les laves. Avec cette structure particulière, leur trait caractéristique est fourni par l'absence du périclote.

Puis, à peu de distance de la mer, ces laves pyroxéniques supportent à leur tour des roches tout à fait différentes, dans lesquelles on distingue, au milieu d'une pâte grenue de couleur claire, des nodules et de grands cristaux d'un feldspath vitreux, dont les dimensions en surface peuvent atteindre 5 millimètres carrés. Ces laves, magnifiquement cristallisées, sont également riches en fer oxydulé, qui se trouve non-seulement disséminé régulièrement dans toute la roche, mais aussi à l'état d'inclusions dans tous les cristaux. Elles se composent encore d'augite, d'un périclote altéré, peu abondant, et de plagioclase; mais tous ces éléments, atteignant toujours de grandes dimensions, sont à l'état de débris soigneusement enchevêtrés les uns dans les autres, de telle sorte que les lames minces qu'on en obtient donnent l'image d'une véritable brèche de cristaux. Leur texture est ainsi bien différente de celle de toutes les laves que nous avons énumérées jusqu'à présent; elle témoigne d'une consolidation particulière, sur la nature de laquelle j'aurai à revenir prochainement. Le feldspath des grands cristaux, qui sont eux-mêmes loin d'être intacts, est l'anorthite; c'est à cette même espèce que doivent se rapporter les fragments plus petits, si nettement tricliniques, qui forment pour ainsi dire le fond de la roche. Cependant je dois ajouter qu'après une longue digestion dans l'acide chlorhydrique les lames minces présentent encore quelques grandes sections feldspathiques qui, n'ayant subi aucune altération appréciable, s'éteignent entre les nicols croisés sous des angles voisins de ceux que donne le labrador, et qui doivent ainsi se rapporter à cette espèce.

On les voit traversées par des filons étroits, formés d'une roche compacte, d'un noir verdâtre, très différente d'aspect, mais qui cependant présente la même composition minéralogique. La seule différence à signaler entre les deux, c'est que, dans cette dernière, les grands cristaux d'anorthite et d'augite se montrent peu froissés, bien intacts, avec des formes géométriques bien nettes; seul le péridot est très altéré et complètement transformé en serpentine. Les éléments de seconde consolidation, qui sont de même constitués par de l'anorthite et de l'augite, sont également bien développés et se distinguent mal des précédents, à cause de leurs dimensions, qui dépassent celles qui sont habituelles aux microlithes de cette catégorie.

Vers la ravine du Trou, les plages sableuses sont limitées du côté de la terre par de petites falaises, en partie démantelées, dans lesquelles on remarque, au-dessus des laves pyroxéniques à labrador, un conglomérat épais formé de fragments, anguleux ou roulés, de roches cristallines assez complexes qui doivent provenir des parties les plus anciennes de l'île. Ces roches ont toutes une texture granitoïde, c'est-à-dire qu'elles sont uniquement composées de cristaux agrégés; elles ne résistent que faiblement sous le marteau et le plus souvent se réduisent en sable sous la seule pression des doigts.

Elles comprennent deux types bien différents.

Les unes sont constituées par du labrador, de l'hypersthène et du fer oxydulé : ce sont des roches grenues, blanchâtres, dans lesquelles l'hypersthène, en cristaux de plusieurs millimètres d'un beau noir brillant avec un éclat faiblement bronzé, présente sur ses plans de clivage des reflets rougeâtres. Par transparence, dans les lames minces, ce minéral est d'un brun violacé, très légèrement dichroïque; ses contours n'offrent aucune régularité

et paraissent mouler les cristaux de feldspath; souvent même la préparation ne se compose que d'un grand cristal de cette substance, qui semble avoir englobé un agrégat feldspathique. C'est ainsi l'élément le plus récent de la roche; il renferme, avec des inclusions d'hématite, des pores à gaz disposés en longues traînées tortueuses, quelques inclusions vitreuses à contours polyédriques.

Le clivage suivant g' y est fort net et prend même tous les caractères de cassures longitudinales. De fines aiguilles microolithiques noires, interposées entre les plans de clivage m , m , dessinent dans l'intérieur du cristal tout un réseau de stries très-caractéristiques, qui se croisent sous un angle de 87 degrés. Les extinctions se font toutes suivant ces plans de clivage.

Le labrador est en larges cristaux bien nets, composés d'un grand nombre de lamelles hémitropes, et renferme d'assez nombreuses inclusions d'une matière amorphe opaque. Le fer oxydulé, à l'inverse des deux minéraux précédents, ne présente pas de formes cristallines; il apparaît en plages irrégulières, d'un noir obscur, comblant les interstices des cristaux.

Les secondes montrent une association curieuse d'anorthite et d'amphibole hornblende, avec du diallage et du périclone. L'anorthite prédomine; ses sections, le plus souvent couchées suivant $h'g'$, se décomposent entre les nicols croisés en un grand nombre de lamelles hémitropes, de dimensions très inégales, qui s'éteignent suivant leur longueur sous des angles qui dépassent fréquemment 40 degrés (14a, *fig. 2, Pl. III*); d'autres sections, beaucoup plus rares, faites suivant ph' , montrent un réseau de lamelles se coupant presque à angle droit, qui résulte de l'association des deux macles de l'albite et du périclone (14, *fig. 2, Pl. III*). Les extinctions des lamelles sont alors aussi écartées que possible: elles

dépassent 74 degrés. L'hornblende, comme l'hypersthène dans le cas précédent, ne se montre pas avec des contours géométriques; il forme des plages brunes, très dichroïques, traversées par de grandes lignes de clivage parallèles, suivant lesquelles se font les extinctions. Il se moule sur les cristaux de feldspath, remplit les interstices et englobe de gros cristaux arrondis de péridot, avec des grains de diallage, souvent assez volumineux, mais toujours irréguliers et comme en partie dissous. Il semble, du reste, qu'il résulte d'une transformation de ce dernier, car le plus souvent les inclusions linéaires si caractéristiques du diallage passent de cette substance dans celle de l'amphibole qui l'enveloppe, sans s'interrompre ('). Ce diallage est d'un vert pâle, non dichroïque; il agit sur la lumière polarisée avec une vivacité extrême, en donnant lieu à une polarisation d'agrégat, à cause de ses macles multiples. Tous ces minéraux renferment en inclusions de beaux cristaux de magnétite, qui n'existent pas isolés dans la roche.

Dans une variété particulière, on remarque que l'amphibole tend à prendre des formes cristallines; les interstices des cristaux sont alors remplis par une matière amorphe brune, chargée de granulations opaques. Le diallage lui-même offre cette particularité intéressante de contenir des inclusions de néphéline. La *fig. 2* de la *Pl. III* représente une plaque taillée dans un échan-

(') Cette association du diallage et de l'hornblende n'est pas un fait isolé; MM. Renard et de La Vallée-Poussin, dans un Mémoire important sur les roches plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française (Bruxelles, 1876), l'ont mentionnée pour le gabbro d'Hozémont (p. 68), en citant d'autres exemples du même fait tirés, des auteurs classiques.

D'après M. Senft (*Kryst-Fels*, p. 670), ce serait l'hornblende qui, par absorption de chaux et dégagement de protoxyde de fer, aurait donné naissance au diallage. Cette interprétation ne peut s'appliquer ici, où il est évident que l'hornblende doit être considérée comme un résultat de la décomposition du diallage.

tillon de cette roche, vue dans la lumière polarisée, à un grossissement de 180 fois.

Les premières doivent être considérées comme de véritables *hypersthénites* récentes; elles sont peu abondantes, tandis que les diallagiques, qui peuvent être comparées aux *granitones* à olivine, forment la majeure partie de ces conglomérats.

Plus loin, au delà de la ravine des Avirons, on rencontre, sous les dunes, des roches blanches friables dans lesquelles on distingue, à l'œil nu : un grand nombre de fort jolis cristaux de sanidine (2^{mm} , 5 sur 1^{mm} , 2) qui se détachent facilement, tout un semis de petits points noirs brillants dus au fer oxydulé, enfin, plus rarement, quelques petits prismes aiguillés d'actinote. Elles se présentent sous l'aspect d'un tuf ponceux, mais ce n'est là qu'une fausse apparence, car elles sont entièrement cristallisées. Ce sont de véritables sanidinites qui se composent de cristaux microscopiques d'orthose vitreux, formant un lacis très transparent au milieu duquel se détachent, en vert clair, de nombreux petits cristaux prismatiques allongés d'augite, distribués assez régulièrement et fréquemment groupés autour des octaèdres de fer oxydulé, qui sont également nombreux. Les grands cristaux de sanidine, simples ou maclés suivant la loi de Carlsbad, sont d'une grande netteté et renferment en inclusions tous les éléments du magma, c'est-à-dire des sections rectangulaires, incolores, monocliniques, qui s'éteignent suivant leur longueur (sanidine), de longues aiguilles de pyroxène et de petites sections quadratiques dues à la magnétite. L'actinote ne s'y trouve que d'une façon tout à fait accidentelle; ses cristaux, d'un beau vert, très dichroïques, et s'éteignant dans la lumière polarisée suivant leur longueur, sont toujours brisés, et leurs fragments, entraînés dans la roche, sont très écartés les uns des

autres. Enfin, fréquemment dans quelques-unes de mes préparations, j'ai observé deux ou trois cristaux tricliniques fort nets et d'assez grandes dimensions ($0^{\text{mm}},5$ sur $0^{\text{mm}},1$), qui, d'après leurs angles d'extinction, doivent se rapporter à l'oligoclase (¹).

Près de la ravine des Sables, ces sanidinites à augite se trouvaient déjà à l'état de conglomérats, appliqués contre des pouzolanes rougeâtres, entre les coulées de laves basaltiques à labrador du littoral. Elles paraissent ici, aux Avirons, former le sous-

(¹) Ces roches, extrêmement intéressantes à cause de cette curieuse association de la sanidine et de l'augite, doivent se rapprocher de certains trachytes des États-Unis de l'Ouest, décrits récemment par le professeur Zirkel, sous le nom de *trachytes à augite*, dans sa description des roches éruptives du quarantième parallèle (Washington, 1876). Elles en ont en même temps la composition chimique, ainsi qu'on peut en juger par les deux analyses suivantes, que je rapproche à dessein :

	Sanidinite (trachyte) à augite des Avirons. C. V.	Trachyte à augite de Wadsworth par le Dr Anger, de Leipzig (a).
Silice.....	62,17	68,81
Alumine.....	12,82	13,62
FeO.....	5,35	3,91
Chaux.....	8,25	4,30
Magnésie.....	5,43	2,74
Potasse.....	3,16	2,56
Soude.....	2,33	2,68
Perte au feu.....	»	2,30
	<u>99,51</u>	<u>100,92</u>

La proportion plus faible de silice dans le trachyte de la Réunion tient à ce que cette roche ne renferme pas de pâte vitreuse comme l'américaine. Un autre caractère distinctif, c'est que l'hornblende, qui se voit encore çà et là dans la roche de Wadsworth, fait ici absolument défaut et se trouve remplacée par l'actinote.

L'hornblende était jusqu'alors considérée comme le silicate ferrugineux exclusif des trachytes, et l'augite semblait ne devoir jamais quitter les roches basiques. Mais déjà, en 1875, Vom Rath (^b) avait découvert dans les célèbres syénites de Norvège des roches à augite qu'il avait désignée sous le nom d'*augite-syénite*. Le professeur Zirkel, en rappelant le fait, compare avec raison, dans la série récurrente tertiaire, les trachytes à augite aux syénites pyroxéniques anciennes.

(^a) ZIRKEL, *United States Geolog. expl. of fortieth Parall.*, t. VI, p. 146; 1876.

(^b) VOM RATH, *Vortrag gehalten in der niederrhein. Ges. f. Nat. und Heil.* Bonn, März, 1875.

sol des dunes; du moins, c'est ce que j'ai cru voir dans le lit d'un petit ruisseau, qui, contournant les premiers de ces monticules sableux, en avait découvert la base sur une petite étendue. Mais j'ignore leurs relations avec les différentes laves qui affleurent sur le littoral, les sables masquant tout.

Ce n'est pas là le seul exemple d'une roche trachytique que l'on puisse citer dans cette région; déjà, dans la ravine du Trou, on peut, en effet, recueillir un très beau trachyte composé de larges cristaux d'oligoclase et de sanidine enchevêtrés, bien reconnaissables au microscope, non-seulement à cause de la structure triclinique du premier, mais encore par ce fait que la sanidine, fendillée dans tous les sens, est marquée de granulations et de lignes ondulées qui indiquent un commencement d'altération, tandis que les lamelles d'oligoclase sont plus transparentes et plus nettes. On y remarque encore de belles sections brunâtres d'augite, qui englobent fréquemment un cristal de néphéline, des cristaux bien nets de fer oxydulé, autour desquels se sont développées des petites lamelles de mica noir très dichroïques, enfin, comme précédemment, quelques longues sections d'actinote, plus ou moins corrodées ou brisées.

Les dunes prennent un grand développement au delà de l'Étang Salé; elles forment une suite de monticules qui peuvent atteindre jusqu'à 60 mètres de haut, et du sommet desquels émergent parfois des roches singulières, dont les nuances vives tranchent fortement sur le ton uniformément gris et monotone des sables environnants. Ces roches ne sont que des scories très agglutinées, très résistantes, qui doivent leurs colorations rouges à des oxydations énergiques; elles sont complètement vitrifiées à leur partie supérieure et donnent alors une roche remarquable, qui se délite en dalles et présente, à l'œil nu, une

belle structure fluidale, indiquée par des alternances de bandes ondulées, rougeâtres, scoriacées, avec des parties noires, plus compactes et complètement vitreuses. Ce sont là des roches vitreuses acides (leur teneur, en silice, atteint en effet 68,71 pour 100), qui se montrent, au microscope, très colorées et complètement amorphes. Il s'en isole de petits microlithes feldspathiques, qui n'apparaissent que comme des traits brillants, s'éteignant en général suivant leur longueur, avec de très nombreux cristaux de péridot.

Ces derniers, à cause de leur situation tout à fait exceptionnelle, méritent une attention spéciale. Ils se présentent, dans les coupes minces, en sections hexagonales, allongées ou losangiques, qui peuvent avoir, au maximum, 0^{mm},4 en longueur; les formes octogonales sont rares. Toutes montrent l'aspect rugueux à la lumière simple, et, dans la lumière polarisée, les brillantes couleurs si caractéristiques de ce minéral; elles s'éteignent constamment suivant leur longueur.

La nature de leurs inclusions ainsi que la forme vive de leurs arêtes indiquent suffisamment que ces cristaux ont dû prendre naissance dans le milieu qui les enveloppe. C'est là un fait tout à fait remarquable : on conçoit difficilement, en effet, comment un minéral aussi basique a pu cristalliser par voie de fusion au sein d'une lave acide, surtout si l'on se reporte aux expériences classiques de M. Daubrée sur la reproduction des météorites, expériences dans lesquelles le savant académicien a montré « que le péridot est extrêmement avide de silice et qu'il la soustrait même, aux parois du creuset, pour se convertir en un bisilicate tel que l'enstatite ou le pyroxène (1). »

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, t. XXIII, 2^e série, p. 396.

Ces cristaux sont solubles en gelée dans l'acide chlorhydrique ; l'acide fluorhydrique les isole en dissolvant rapidement toute leur gangue ; ils se présentent alors sous une forme très voisine de celle observée dans les scories des fourneaux à cuivre (1). J'ai pu, de cette façon, constater leur infusibilité et prendre leur densité, qui est égale à 3,29.

Toutes ces roches, battues par les eaux sur le littoral, soumises aux alternatives fréquentes d'humidité et de sécheresse à cause des embruns, se décomposent assez rapidement (l'état de leurs surfaces le prouve) et contribuent certainement à la formation des sables ferrugineux ; mais ces érosions sont loin de suffire pour en expliquer l'énorme accumulation. D'ailleurs, on ne trouve dans aucune d'elles ces cristaux littéralement remplis d'inclusions de fer oxydulé et titané qui, réduits à l'état de petits grains arrondis, forment, avec le péricot, la majeure partie de ce dépôt.

Il faut alors en chercher l'origine dans les apports incessamment fournis à la mer par les torrents qui sillonnent et corrodent de ce côté les pentes abruptes de l'île et qui déjà, dans leur cours, préparent singulièrement ce travail de trituration et de désagrégation des roches.

Parmi ces cours d'eau, le plus important est celui qui, sous le nom de *rivière Saint-Étienne*, débite toutes les eaux du cirque de Gilaos par le bras de ce nom, toutes celles de l'Entre-deux par le bras de la Plaine et la majeure partie de celles de la plaine des Cafres par le bras de Ponteau et la grande ravine de la Mare. C'est, sans contredit, celui qui joue le rôle principal dans les actions dont je veux parler ; le nombre des matériaux qu'il

(1) DES CLOIZEAUX, *Minér.*, p. 37 ; Atlas, Pl. VIII, fig. 47.

accumule à son embouchure sur une étendue de plusieurs hectares et qu'il entraîne ensuite à la mer à chaque crue nouvelle est véritablement prodigieux.

J'entrepris de remonter au travers de ses gorges profondes et encaissées pour atteindre le plateau de Cilaos (1114 mètres) et de traverser ensuite la chaîne des Salazes (2145 mètres), pour descendre dans la rivière des Galets, où se trouvaient, à Mafatte, les sources sulfureuses que je devais examiner.

Le 25 janvier, après avoir pris congé de la Commission des Sables, auprès de laquelle j'avais trouvé l'accueil le plus cordial et le plus empressé, je quittais donc le littoral sous la conduite de M. Paul Déramond, conducteur des Ponts et Chaussées, qui devait me servir de compagnon et de guide.

Pour se rendre au cirque de Cilaos, il fallait autrefois suivre constamment le lit de la rivière, ce qui ne pouvait se faire sans dangers ni sans fatigues. Maintenant on possède dans l'intérieur des escarpements un sentier de cavaliers qui représente une grande difficulté vaincue; il se développe, en effet, sur une longueur de 38 kilomètres, et, le plus souvent entaillé en corniche, suspendu pour ainsi dire au-dessus d'un abîme profond ou glissant sous de longs tunnels, il présente encore, à cause des éboulements, quelques passages dangereux.

Dans près de la moitié de son parcours, ce chemin entame une longue série de conglomérats de transport et d'alluvions qui, adossés contre les parois des remparts, s'élèvent jusqu'à une hauteur considérable au-dessus du lit actuel du torrent. Ces matériaux indiquent un exhaussement considérable de toute cette partie de la côte, exhaussement dont on trouve encore des traces sur le littoral de l'Étang-Salé, dans un vaste dépôt d'atterrissement qui

s'étale entre la plage et les pentes de l'île, sur une largeur de 2000 à 3000 mètres (1).

Quand ce revêtement manque, on voit affleurer les roches au travers desquelles s'est ouverte cette grande fissure qui livre maintenant passage au torrent. Toutes sont de nature basaltique; elles se décomposent en une longue série d'assises compactes ou scoriacées, régulièrement inclinées, qui ne présentent rien de particulier et se rapportent au type le plus franc du *Feldspar-basalt* des pétrographes allemands.

En face de l'îlette des Aloès, sur la rive gauche, les alluvions anciennes, épaisses de plus de 100 mètres, semblent elles-mêmes recouvertes par de grandes coulées basaltiques grisâtres; plus haut, elles diminuent rapidement et se réduisent à quelques mètres seulement d'épaisseur; puis, à la descente, vers le piton Robert (402 mètres), elles viennent butter contre des masses imposantes d'un basalte noir, riche en olivine, et ne se montrent plus au delà.

Cette nouvelle roche repose sur des basaltes amygdaloïdes très remarquables, qui semblent alors jouer un rôle important dans l'intérieur du cirque de Cilaos, car on les suit ensuite, presque sans interruption, depuis le Pavillon jusqu'aux cascades de la Plate-forme (bras de Benjoin). La route les traverse en décrivant un nombre infini de lacets avant d'atteindre le lit du

(1) Au moment de notre passage, des tranchées, faites de part et d'autre de la route de ceinture, traversaient ce dépôt sur une épaisseur de 5 mètres et le montraient composé d'une infinité de petits galets bien stratifiés, mélangés de sables, alternant régulièrement avec des lits de vase grise ou jaunâtre.

Richard vom Drasche signale de son côté, auprès de Saint-Louis, des amas de coquilles actuelles brisées, portés auprès de Saint-Louis, à une hauteur de 60 et de 80 mètres.

torrent, qu'on doit franchir au pied du piton Robert, et ce piton lui-même en est entièrement formé; isolé au confluent des deux ravines importantes, il doit d'avoir résisté jusqu'à présent à la violence des eaux aux nombreux filons de basaltes compactes qui le consolident en le pénétrant dans tous les sens. Les basaltes amygdaloïdes se désagrègent en effet avec une extrême facilité, et le torrent les entame profondément; ils doivent contribuer pour une large part à la formation des sables ferrugineux.

Ce sont des roches de couleur sombre, à texture crypto-cristalline, peu homogènes, dans lesquelles on remarque une grande quantité de vacuoles arrondies, de la grosseur d'un pois ou d'une petite noix, remplies par des substances minérales diverses, incolores ou d'un blanc mat. A l'œil nu on y distingue encore çà et là quelques lamelles brillantes extrêmement allongées et étroites (3 millimètres sur $0^{\text{mm}},05$), de nature feldspathique, avec un péridot noirâtre, presque complètement opaque, dont les surfaces sont brillantes et souvent irisées.

Sous le microscope, elles apparaissent entièrement cristallisées et se composent de labrador, d'augite et de fer oxydulé, en cristaux microlithiques parfaitement nets, avec des formes géométriques, mais confusément enchevêtrés et formant un magma cristallin au milieu duquel se détachent de nombreuses et très longues sections macroscopiques d'un feldspath triclinique, qui appartiennent encore au labrador. Ces sections, rarement isolées, sont généralement accolées au nombre de cinq ou six, parallèlement à leurs arêtes longitudinales, et toutes manifestement orientées suivant une même direction, ce qui donne à la roche une certaine fluidalité (¹); elles sont limpides et remarquablement

(¹) Chacune d'elles se décompose en deux ou trois lamelles hémitropes qui, manifes-

pures, quoique toujours craquelées, tandis que les microlithes feldspathiques sont en général grisâtres et peu transparents. L'augite se montre également en sections macroscopiques assez allongées (0^{mm} , 5 sur 0^{mm} , 1) avec des contours irréguliers, presque toujours associées à de beaux octaèdres de fer oxydulé et groupées avec de larges cristaux arrondis d'olivine. Ce dernier minéral se trouve également répandu dans le magma en petits granules incolores, le plus souvent transformés en une matière verte de nature serpentineuse, altération qui a de même atteint les grands cristaux, dont les contours extérieurs et surtout les bords des cassures ont pris une structure fibreuse, avec une coloration verte ou d'un jaune rougeâtre.

Quant aux substances qui remplissent les vacuoles, elles sont très variées; ce sont des zéolithes accompagnées de calcite, d'aragonite, et plus rarement de calcédoine. Au piton Robert, l'*analcime*, en petites masses dures, incolores ou blanchâtres, avec un éclat vitreux, complètement isotropes, domine; mais sur les flancs de ce monticule aride, qu'on gravit avant d'arriver au cap Noir, j'ai recueilli divers échantillons de ces basaltes dans lesquels on remarque des nodules blancs de *mésote* (féroélite) à structure radiée, isolés ou rapprochés en concrétions continues, associés à de la *stilbite* en petites tables nacrées, flabelliformes, et qui servent encore de support à de petits cristaux rhomboédriques de *chabasie*. Enfin, d'autres druses zéolithiques renferment des cristaux fasciculés de *scolézite* d'un blanc nacré.

tement allongées suivant pg' , comme les microlithes de la même substance, présentent des extinctions bissectrices, c'est-à-dire égales de part et d'autre de la ligne de maclé, fréquentes; cette maclé est faite suivant la loi de l'albite, et les angles compris entre les extinctions de deux lamelles successives atteignent souvent, mais ne dépassent pas de 20 à 27 degrés.

Ces basaltes sont traversés dans toutes les directions par des filons plus ou moins épais d'une nouvelle roche basaltique, noire, bien homogène, d'un grain fin et serré qui rappelle celui des diabases, et dans laquelle on ne distingue, même à l'aide d'une forte loupe, que des points vitreux avec quelques rares lamelles feldspathiques miroitantes, très écourtées (1 millimètre sur 0^{mm}, 2). Elle ne présente encore sous le microscope aucun indice de pâte vitreuse et se compose également d'un plagioclase, d'augite et de fer oxydulé; mais, dans le magma, ces deux derniers éléments sont réduits à l'état de petits granules, dont le diamètre oscille entre 0^{mm}, 005 et 0^{mm}, 02. Ils se disposent avec une certaine régularité entre les microlithes feldspathiques, dont ils accusent par cela même nettement les contours, et souvent viennent s'intercaler dans les plans de macle des grands cristaux de feldspath. Ces derniers, peu nombreux, exercent une action vive sur la lumière polarisée, de même que les microlithes, et s'éteignent par rapport à leur longueur sous des angles considérables, comme ceux que peut seul donner l'anorthite. Tous s'attaquent, du reste, et deviennent opaques après un séjour de quelques minutes tout au plus dans l'acide chlorhydrique porté à 50 degrés. Quelques octaèdres très-allongés et de longues aiguilles noires assez fréquentes dénotent la présence du fer titané; cette roche devient ainsi très ferrugineuse. Sa grande densité et son action remarquable sur l'aiguille aimantée l'indiquaient déjà. L'olivine ne s'y voit qu'en grands cristaux, arrondis et altérés, comme précédemment.

C'est là le type de la roche la plus habituelle dans le remplissage de ces filons; ses principales variétés ne portent que sur le mode d'agencement, sur la dimension et la proportion relatives des éléments constituants. Il en est, par exemple, dans lesquelles

l'augite forme à lui seul presque tout le magma et se montre encore en beaux cristaux macroscopiques très nets, tandis que ceux d'anorthite, très isolés, sont plus ou moins corrodés et brisés. D'autres filons sont, au contraire, plus spécialement feldspathiques.

Dans ces diverses roches basaltiques, j'ai signalé la transformation totale ou partielle de l'olivine en serpentine; cette pseudomorphose, si fréquente et si souvent décrite, n'est nulle part plus évidente que dans un nouveau basalte verdâtre qui accompagne ceux à zéolithes en deçà du bras de Benjoin et devient lui-même, par suite de cette altération, presque savonneux au toucher.

Tous les cristaux de péridot, nombreux et largement développés, s'y présentent sous un aspect opaque ou semi-vitreux, avec des surfaces irisées; ils sont complètement envahis par une substance d'un jaune verdâtre, très transparente et sensiblement dichroïque, qui s'est développée de la périphérie au centre et surtout aussi suivant les cassures qui traversent le cristal dans tous les sens. Cette substance, entre les nicols croisés, prend une structure fibreuse et polarise vivement la lumière; elle résulte surtout d'une hydratation du minéral, due sans doute à l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Quelques portions, restées inaltérées au centre de ces plages serpentineuses, ont encore conservé tous les caractères du péridot et se montrent souvent remplies d'inclusions amorphes ou cristallines (fer oxydulé et picotite) (1).

(1) J'ai à peine besoin d'ajouter que toutes ces enclaves subsistent dans la serpentine; il en est parfois qui se trouvent engagées moitié dans le péridot non décomposé, moitié dans la substance verte qui résulte de son altération.

L'augite, qui possède également une grande tendance à la serpentinisation, ne paraît avoir aucune altération dans chacun de ces basaltes. Dans le dernier que je viens de citer, il est remarquablement net, quoique souvent enveloppé par la serpentine qui s'est répandue dans toute la roche, où elle se trouve alors accompagnée de calcite et d'une zéolithe blanche radiée. Les autres éléments sont encore ici le fer oxydulé et l'anorthite.

Ce sont là les produits d'éruption les plus anciens qu'ait mis au jour le torrent dans son œuvre dévastatrice. Ils disparaissent, au delà de la Plate-forme (702 mètres d'altitude), sous des terrains détritiques, sous des conglomérats épais formés des matériaux arrachés aux parois du cirque, roulés et remaniés par les eaux qui s'y déversent pendant l'hivernage. Tout le plateau, par exemple, qui constitue l'îlet des Étangs entre le bras Rouge et le bras de Benjoin, et qui supporte le village de Cilaos, en est formé.

Le cirque de Cilaos justifie bien son nom; c'est, en effet, une grande vallée régulièrement circulaire, constituée par de hautes et majestueuses falaises qui forment une enceinte continue, disposée en amphithéâtre, interrompue seulement dans le sud par la fissure étroite et profonde d'où s'échappe le torrent que nous venons de remonter. Toute cette ligne de crêtes ne possède pas une altitude uniforme; elle se relève régulièrement de part et d'autre du *barranco*, dont les deux lèvres supérieures atteignent un maximum de 1827 mètres, et vient aboutir en un point culminant (piton des Neiges, 3069 mètres) situé sur le revers diamétralement opposé (1). Dans les parois, constituées principale-

(1) C'est ainsi qu'en partant du piton Robert, comme nous venons de le faire, on voit, sur la rive gauche, la chaîne qui sépare ce cirque de celui de l'Entre-deux,

ment par une longue succession de coulées basaltiques riches en olivine, alternant avec des scories, on voit de même toutes les couches, inclinées vers la mer sous une pente de 15 à 20 degrés, prendre ce même point comme origine.

Son diamètre est d'environ 10 000 mètres. On l'a souvent comparée à un cratère gigantesque et décrite comme telle; sa forme si régulière et l'abrupte de ses parois semblent, en effet, justifier cette opinion; mais là s'arrête l'analogie, et rien n'autorise à penser que jamais laves incandescentes aient rempli ce vaste espace, qui doit son origine à un affaissement. C'est là, au premier chef, une vallée d'effondrement, et les conglomerats épais peu cohérents, cimentés par des argiles grises et découpés par de profonds ravins qui constituent, en son centre, ces plateaux isolés connus sous le nom d'*îlets*, proviennent en grande partie des roches qui se sont trouvées broyées dans les grands mouvements du sol qui l'ont produite.

Des sources thermales abondantes, qui se trouvent les unes à peu de distance de Cilaos, dans le lit du bras des Étangs (1 114 mètres d'altitude), les autres un peu plus éloignées, dans celui du bras Rouge, témoignent encore maintenant d'un reste d'activité volcanique dans ce massif.

Les premières sont les plus connues et les seules qui soient

dans l'est, haute de 1800 mètres tout d'abord, s'élever successivement jusqu'à 2356 mètres au sommet de l'Entre-deux, puis atteindre le piton des Neiges par les coteaux de la plaine des Salazes et d'Embrévade; sur la rive droite, le coteau de la plaine des Merles part de la même altitude et se relève insensiblement jusqu'au Grand-Bénard, où il atteint 2895 mètres. Cette régularité s'interrompt ensuite et la paroi mince connue sous le nom de *chaîne des Salazes*, qui s'étend du Grand-Bénard au Gros-Morne, sous le piton des Neiges, et sépare le cirque de Cilaos de celui de la rivière des Galets, se présente sous forme d'échancrure, au centre de laquelle les trois Salazes ne possèdent que 2145 mètres d'altitude.

fréquentées. Quelques baignoires creusées dans le gravier, protégées par de simples petites cases en paille, et dans lesquelles l'eau arrive naturellement par le fond ou se trouve amenée par un tube de plomb implanté dans le sol, telle est l'installation primitive de cette station, dont on pourrait faire un établissement thermal des plus importants. Les sources sont, en effet, d'une abondance extrême, quoiqu'elles n'aient pu être encore captées (1), tous les travaux entrepris ayant toujours été, jusqu'à présent, emportés par les eaux à l'époque des pluies.

On les voit sourdre sous des nappes de basaltes compactes, recouvertes d'un enduit salin assez abondant; elles sont accompagnées d'un dégagement assez considérable d'acide carbonique. Leur thermalité varie beaucoup, parce qu'elles reçoivent des infiltrations venant de la rivière; je l'ai trouvée oscillant, suivant les diverses baignoires, entre 30° et 41°, 5.

Derrière les bains, un filet d'eau plus froide, qui s'échappe d'une fissure, sert de buvette; sa température était de 28°, 7 au moment de notre passage. Enfin, un peu plus haut, sur la gauche du bras des Étangs, une source minérale froide (19°, 3), qui possède à peu près la même composition que les précédentes et ne peut être considérée, par conséquent, comme refroidie par des infiltrations d'eau ordinaire, pourrait encore être utilisée avec profit (2).

Les sources du bras Rouge sont d'un accès plus difficile; elles sont encore plus nombreuses, plus chaudes et plus minéralisées que les précédentes, plus chargées surtout en sulfate de soude et en magnésie. Les principales se voient dans le haut de cette rivière, au-dessus de sa jonction avec le bras des Étangs, sous la

(1) M. Maillard (*loc. cit.*, p. 136) estime leur débit à 10000 litres par heure.

(2) En 1862, ces eaux ont été analysées par M. Bories, pharmacien de la marine,

plate-forme d'où s'élanche la grande cascade Guy de Ferrières, puis au pied du piton des Fouquets, enfin près du piton de Sucre (1). Leur thermalité varie entre 40 et 58 degrés.

Dans les falaises du bras Rouge on reconnaît encore toute la série des roches basaltiques que nous venons d'étudier; elles font bientôt place à de puissantes masses d'une roche verdâtre, très-compacte et tenace, qui se présente souvent sous l'aspect d'un quartzite ou d'un grès siliceux à grains fins, et dans laquelle on ne distingue à l'œil nu que de très rares lamelles miroitantes, allongées (4 millimètres sur 0^{mm},5), d'un feldspath strié, avec quelques petits cubes de sulfure de fer.

Sous le microscope, on y reconnaît de nombreuses et belles sections d'augite peu colorées et sensiblement dichroïques (0^{mm},1 sur 0^{mm},04), rarement maclées, isolées ou groupées avec quelques cristaux de fer titané qui atteignent les mêmes dimensions, au milieu d'une pâte incolore, en apparence vitreuse, légèrement

qui leur a trouvé la composition suivante, par litre :

	Source chaude (38 degrés).	Source froide (18 degrés).
Bicarbonat de soude.....	0,553	0,358
Bicarbonat de potasse.....	0,123	0,098
Bicarbonat de magnésie.....	0,218	0,229
Bicarbonat de chaux.....	0,308	0,265
Bicarbonat de fer.....	0,034	0,016
Sulfate de soude.....	0,082	0,053
Chlorure de sodium.....	0,006	0,004
Silice.....	0,140	0,147
Matière organique.....	0,185	0,183
Acide carbonique libre.....	0,506	0,921
Iode, fluor, acide phosphorique, alumine, Manganèse.....	traces.	traces.

1) Ce dernier piton doit son nom aux concrétions mamelonnées d'un blanc éclatant qui le recouvrent et sont encore produites par des eaux incrustantes. M. Borics, qui les a analysées, les a trouvées uniquement composées de carbonate et de silicate de magnésie.

troublée par de fines granulations opaques. Cette pâte, entre les nicols croisés, s'illumine complètement et se résout en larges sections feldspathiques rectangulaires, dans lesquelles la structure triclinique n'apparaît que rarement et d'une façon peu distincte ; toutes s'éteignent par rapport à leur longueur sous des angles qui varient de zéro à 3 degrés et se rapportent ainsi à l'oligoclase. Il en est de même des lamelles macroscopiques qui se présentent toujours avec des macles multiples bien nettes. Parmi les minéraux accessoires, il convient de citer l'apatite, avec une chlorite d'un vert clair, qui montre une tendance à se rapprocher de l'augite autour de laquelle elle se développe en petites masses fibreuses, trahissant ainsi son origine secondaire. C'est de cette dernière, très répandue, que la roche tient sa couleur verte. Le péridot y fait complètement défaut.

La composition chimique de cette roche est la suivante :

			Oxygène.
Silice	57,35		30,58
Alumine	12,80	5,90	} 8,01
Fe ² O ³	6,16	2,11	
Chaux	10,24	2,92	} 6,18
Magnésie	3,96	1,58	
Potasse	2,79	0,46	
Soude	4,57	1,22	
Acide titanique	0,83	»	
	<u>100,70</u>		
Perte au feu		0,82	
Densité		2,83	

Elle se rapproche ainsi, par sa composition minéralogique et chimique, des *augites-andésites* ⁽¹⁾, mais elle s'en éloigne complè-

(1) *Analyse d'une augite-andésite de Widodarin (Java)*, par Rosenbuch (silice, 58,35); *d'une augite-andésite de l'île Palau (Australie)*, par Wichmann (silice, 57,04) (*Journal du Muséum, Godefroy, 1875, Heft VIII*).

tement par sa texture cristallitique tout à fait particulière, qui semble être intermédiaire entre celles des trachytes et des basaltes francs.

Ces diverses roches, aussi bien les roches basaltiques que l'augite-andésite qui les supporte, complètement dénudées et taillées à pic sur des hauteurs considérables, se voient traversées dans tous les sens par des filons peu épais (depuis 0^m, 10 jusqu'à 1 mètre) de basaltes noirs et compactes qui ne paraissent pas avoir exercé d'actions bien manifestes au contact. On retrouve là les roches à anorthite du bras de Cilaos avec d'autres qui ne peuvent guère s'en distinguer à l'œil nu que par une compacité moins grande, jointe à une certaine rudesse au toucher, mais dont la composition est très différente; elles sont, en effet, à base de labrador, très feldspathiques et peu chargées en augite; l'élément ferrugineux y est en outre exclusivement le fer titané, disposé en longues aiguilles qui dessinent par leurs groupements multiples les figures les plus bizarres.

Dans le lit du bras de Cilaos, surtout au débouché du bras Rouge, nous avons remarqué, au milieu des blocs, souvent énormes, roulés par le torrent, des roches d'aspect trachytique, dont les colorations grises ou d'un blanc vif tranchaient singulièrement sur les tons sombres des galets basaltiques. Ces laves particulièrement intéressantes se voient ici dans les hauts du bras Rouge pour la première fois en place et paraissent jouer un rôle important dans les falaises qui le dominent. Elles sont exclusivement feldspathiques et tiennent du trachyte par leurs caractères extérieurs : fendillement du feldspath, état grenu et rudesse au toucher.

J'en ai recueilli deux variétés distinctes : l'une compacte, composée d'une multitude de cristaux incolores d'un feldspath tricli-

nique vitreux, qui se détachent sur un fond grisâtre; l'autre vacuolaire et d'aspect grenu, complètement cristallisée, dans laquelle on distingue de larges cristaux de sanidine (5 millimètres sur 7 millimètres) disséminés avec quelques sections allongées et fortement striées (7 à 8 millimètres sur 1^{mm}, 5 à 2 millimètres) d'un feldspath triclinique, au milieu d'une masse de petits cristaux rectangulaires aplatis, d'un blanc éclatant, qui sont encore de nature feldspathique. De nombreuses petites paillettes de fer oligiste, distribuées régulièrement, dessinent dans cette roche un petit pointillé brunâtre très singulier.

Dans la première, les éléments feldspathiques sont au nombre de deux et se rapportent à l'oligoclase et au labrador; à ce dernier appartiennent les grands cristaux qui se présentent toujours en macles multiples et fréquemment coupés suivant ph' . L'oligoclase donne des microlithes allongés au contraire suivant pg' , rarement maclés, et dont les extinctions sont toutes longitudinales. Les cristaux d'oligoclase, très transparents et d'une grande pureté, ne renferment que quelques inclusions amorphes à contours polyédriques, qui rappellent ceux du cristal; ceux du labrador sont, au contraire, souvent altérés, et tous leurs interstices sont comblés par de la calcite qui résulte de leur altération. De longues aiguilles microlithiques incolores, qui s'éteignent suivant leur longueur et semblent de nature augitique, avec un nombre considérable de petites sections opaques quadratiques, rectangulaires ou le plus souvent quelconques, appartenant à du fer sulfuré, se voient en outre dans les préparations (1).

La seconde est de beaucoup la plus intéressante; c'est un tra-

(1) Le sulfure de fer se distingue encore souvent à l'œil nu, non-seulement dans ces roches, mais encore dans les augites-andésites précédentes; de là vient l'opinion

chyte quartzifère, dans lequel on rencontre, au milieu d'un magma uniquement composé de cristaux d'oligoclase, tantôt très purs, tantôt salis par des inclusions de nature ferrugineuse, de nombreuses et belles sections monocliniques d'orthose vitreux, tantôt simples, tantôt maclées suivant la loi de Carlsbad, ou plus rarement suivant celle de Baveno, quelques prismes d'apatite allongés et verdâtres, avec une multitude de petites lamelles de fer oligiste, hexagonales ou irrégulières. Ces lamelles, qui atteignent parfois de grandes dimensions (1 millimètre carré), sont presque toujours associées à de belles plages quartzzeuses, d'aspect granitique. Quelques sections hexagonales de quartz se voient encore isolées çà et là ; mais ce minéral est particulièrement net et abondant dans les vacuoles ovalaires et aplaties, longues de plusieurs centimètres, qui traversent cette roche. Il tapisse les parois de ces druses, sous forme de petits cristaux prismatiques pyramidés (longs de 1 à 2 millimètres), brillants, absolument pressés les uns contre les autres avec des cristaux tabulaires de sanidine plus développés et plus rares. Quelques grandes lamelles de fer oligiste forment dans ces cavités de véritables cloisons.

Ce trachyte traverse manifestement les augites-andésites, ainsi que les basaltes qui les surmontent ; on en voit la preuve dans un magnifique filon, épais de 5 à 6 mètres, qui, sur la rive droite du bras Rouge, au delà de l'habitation Alphonse, prend ces roches en écharpe et se dirige ensuite dans les falaises qui dominent le bras.

Le bras Rouge prend sa source au pied du Gros-Morne et des

accréditée parmi les créoles de Cilaos que les roches du bras Rouge sont aurifères. Je me suis élevé en vain contre cette erreur. Peu de temps avant notre passage, un de ces habitants, nous a-t-on dit, avait péri dans ces escarpements abrupts, en escadant un pic, à la recherche du métal précieux.

trois Salazes, c'est-à-dire dans le bas des escarpements qui forment, entre le cirque de Cilaos et celui de la rivière des Galets, cette arête aiguë dont j'ai déjà parlé, et qui dépendent du massif central de l'île. Il nous fallait maintenant traverser cette petite chaîne pour descendre, par le col du Taillebit, dans la rivière des Galets, qui coule sur le revers opposé. Devant nous se dressaient, comme des murailles infranchissables, complètement abruptes sur une hauteur de plus de 1000 mètres, le massif du piton des Neiges dans le nord, et dans l'ouest celui du Grand-Bénard.

Dans ces coupes gigantesques, l'histoire de l'île se dévoile tout entière, et l'œil embrasse d'un seul coup l'ensemble des phénomènes éruptifs qui, par leur violence et leur succession, ont donné naissance à cette partie ancienne.

Ces deux escarpements verticaux, séparés maintenant et dirigés l'un vers l'autre, mais qui devaient autrefois se trouver réunis, sont composés, dans le haut, d'une longue alternance de laves basaltiques aux teintes sombres, de conglomérats et de scories rouges ou noires, qui offrent avec les produits du volcan actuel la plus grande analogie. Ces coulées sont en général peu épaisses, et leur puissance diminue encore d'autant qu'elles sont plus élevées. Quelques-unes, très développées et très continues, prennent en même temps une structure colonnaire. C'est, en particulier, au démantèlement d'une de ces coulées que sont dus ces prismes verticaux isolés, désignés sous le nom des *trois Salazes*, et celui, plus singulier encore, qui est implanté obliquement au sommet de cette petite chaîne qui, située en contre-bas des deux massifs précédents, témoigne encore de leur ancienne liaison.

Tout ce système, régulièrement incliné vers la mer et relevé vers le piton des Neiges, se montre traversé par un nombre réellement prodigieux de filons basaltiques plus ou moins verti-

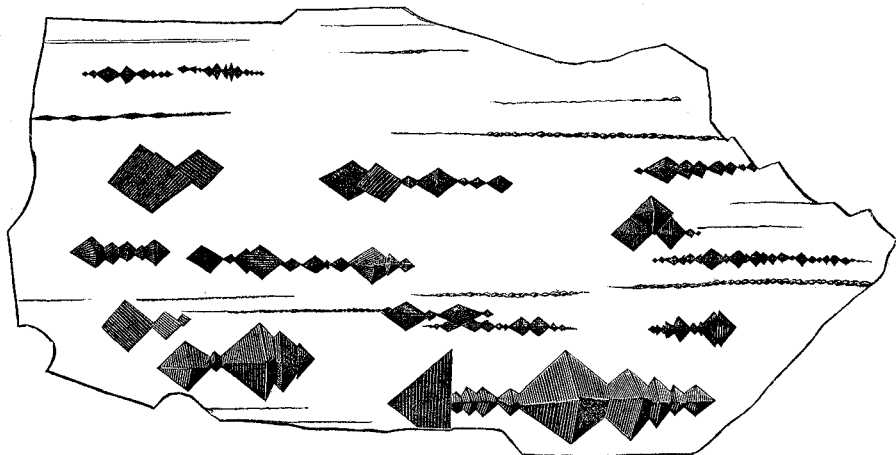
caux, qui s'entre-croisent, se rejettent les uns les autres, s'élancent tout d'un jet jusqu'au sommet ou, d'autres fois, s'arrêtent à une faible hauteur.

A la base des escarpements du Bénard, les produits éruptifs présentent une plus grande diversité (¹). C'est ainsi qu'après

(¹) Le col du Taillebit est dominé, du côté des Salazes, par une sorte de cap très proéminent, formé de brèches volcaniques remarquables, qui peuvent être considérées comme renfermant, à l'état de débris presque microscopiques, une collection complète de toutes les roches qui entrent dans la constitution du massif ancien. Outre toutes celles que je viens de décrire, il s'en trouve une foule d'autres tout à fait différentes, que je n'ai vues affleurer nulle part, sans doute parce qu'elles sont masquées sous des produits plus récents.

Les lamelles qu'on peut obtenir dans ces brèches, qui sont très tenaces et par suite susceptibles d'être amenées à une minceur extrême, ne sont, pour ainsi dire, que des mosaïques composées d'un assemblage des laves les plus diverses, dont les fragments

Fig. 17.



Inclusions de magnérite dans un feldspath labrador. (Grossissement : 250 diamètres.)

anguleux sont cimentés par une pâte vitreuse, incolore, très transparente, qui réunit encore une grande quantité de cristaux en débris, de périclote, d'angite et de feldspath.

Ces cristaux contiennent le plus souvent d'innombrables inclusions de fer oxydulé, tantôt cristallines, comme celles que représente la *fig. 17* (dans un labrador), tantôt

avoir franchi le col du Taillebit on rencontre, dans les rampes escarpées de ce massif, des filons épais d'une dolérite compacte, très-dense (3,04), dans laquelle on distingue, au milieu d'une pâte grenue, semi-cristalline, de magnifiques cristaux d'anorthite, manifestement aplatis suivant p , qui donnent à la roche, par suite de leurs grandes dimensions (depuis 2 millimètres jusqu'à 1 centimètre carré), un aspect porphyroïde.

La *fig.* 1 de la *Pl. III* montre une plaque mince de cette lave vue sous le microscope, à un grossissement de 80 fois, dans la lumière polarisée (nicols à 30 degrés). L'augite (9), d'un brun clair, très transparent, s'y présente en sections bien nettes, suivant les faces g' et h' , simples ou souvent associées à de la magnétite (1) en cristaux également bien développés; il renferme quelques rares inclusions d'apatite. Le péridot (8) y est rare, en grains arrondis fréquemment altérés, transformés sur les bords, et suivant les cassures, en serpentine. Les grands cristaux d'anorthite (14), presque toujours émoussés et corrodés, se décomposent en un nombre considérable de lamelles hémitropes, traversées par des traces de clivage, suivant p , très distinctes; ils renferment quelques inclusions d'une matière amorphe brune, peu transparente. Tous ces minéraux sont distribués au milieu d'un magma incolore, fissuré dans tous les sens, qui semble

affectant des formes trichitiques et envahissant alors complètement le cristal; ils ressemblent en cela absolument à ceux que j'ai signalés, réduits à l'état de petits galets, dans les sables ferrugineux de l'Étang-Salé.

Parmi les fragments qui dominent dans ces brèches, il faut citer des laves vitreuses uniquement composées d'anorthite et d'olivine; d'autres entièrement cristallisées, comme toutes celles que nous venons d'étudier, ne renferment que de l'augite avec du labrador et du fer titané. Enfin je dois signaler, parmi celles qui s'éloignent le plus des types précédemment décrits, une dolérite à néphéline, qui paraît identique à celle bien connue de Lobau (Saxe), avec un basalte renfermant des cristaux de sphène.

amorphe à la lumière naturelle, mais qui se décompose, dans la lumière polarisée, en un lacin de lamelles feldspathiques tricliniques qui appartiennent encore à l'anorthite, car elles se laissent attaquer avec une grande facilité par l'acide chlorhydrique, enchevêtrées avec de longs prismes aiguillés d'augite presque incolores. Cette roche est ainsi entièrement cristallisée; on ne constate, sous ce rapport, aucune différence entre les salbandes et les parties centrales du filon.

Parmi les minéraux accidentels, il convient d'y signaler l'apatite, une chlorite écailleuse d'un vert clair et du fer titané; autour des octaèdres allongés de ce dernier se développent quelques petites lamelles de biotite, brunes, transparentes et très dichroïques.

Puis vient une roche andésitique grisâtre, d'aspect trachytique, qui tantôt s'étale en nappes massives, tantôt se dresse sous forme de dykes épais. Cette roche, d'un gris blanchâtre, présente sur les cassures fraîches, qui sont plates et esquilleuses, des reflets nacrés; elle se compose encore essentiellement d'augite, de fer oxydulé et de plagioclase; mais l'élément feldspathique est ici le labrador. Complètement indistinct à l'œil nu, car il ne se traduit que par de petits points vitreux et brillants, on le voit, au microscope, sous forme de cristaux allongés, bien nets, composés chacun de deux ou trois bandes hémitropes qui agissent vivement sur la lumière polarisée. L'acide chlorhydrique ne les attaque qu'après une longue digestion; ils sont alors craquelés, émoussés sur leurs arêtes, et, devenus nuageux, ils ont perdu toute action sur la lumière polarisée. Ce feldspath, manifestement couché suivant pg' , m'a permis de vérifier entièrement les données optiques fournies par M. Michel Lévy pour la distinction des diverses espèces feldspathiques; entre les nicols croisés, chacune de ses lamelles s'éteint, en effet, par rapport à la longueur, sous

des angles compris entre zéro et 17 degrés, et le maximum de l'angle compris entre les extinctions de deux lamelles consécutives ne dépasse pas 18 degrés. Ce sont là les caractères distinctifs du labrador.

La texture de cette roche rappelle tout à fait celle, si particulière, que j'ai signalée dans une lave pyroxénique du littoral (entre la ravine des Sables et celle des Avirons, p. 208). Le pyroxène, en effet, au lieu de se présenter soit en granules, soit en petits cristaux bien individualisés, comme c'est le cas habituel dans les roches volcaniques, est ici uniquement de consolidation récente; intimement associé au feldspath, il s'interpose entre ses lamelles hémitropes, sous forme de petits coins ou de traînées cristallines, qui rappellent d'une façon remarquable les allures du quartz dans les pegmatites.

De l'arrangement relatif de ces cristaux on doit conclure que le feldspath s'est ici consolidé le premier : c'est là un nouvel exemple de ce fait si souvent vérifié que, dans les magmas en fusion, l'ordre de consolidation des éléments ne dépend pas exclusivement des lois de la fusibilité.

L'analyse indique, pour cette roche, la composition chimique suivante, qui répond bien à sa composition minéralogique :

			Oxygène.
Silice	49,57		25,90
Alumine	18,29	8,42	} 11,45
Fe ² O ³	10,09	3,03	
Chaux	15,27	4,36	} 6,94
Magnésie.	5,31	2,12	
Potasse	0,82	0,14	
Soude	1,20	0,32	
	<u>100,55</u>		
Densité		2,87	
Perte au feu.		0,52	

Si l'on compare les résultats de cette analyse à la proportion relative des éléments constituants, telle qu'on peut l'observer dans les plaques minces sous le microscope, il devient encore évident que le feldspath doit être rapporté au labrador; la proportion de silice comparée à celles des bases est trop faible pour qu'on puisse admettre l'existence de l'albite.

Cette roche se trouve traversée un grand nombre de fois par des filons peu épais (0^m,20 à 0^m,60) d'un basalte compacte noirâtre, qui, par suite d'une consolidation rapide, est resté vitreux sur les salbandes et se trouve par conséquent bordé de chaque côté par une bande de tachylite noir, qui paraît souvent s'injecter au contact, dans les cassures des roches encaissantes, sous forme de petits filaments qu'on peut suivre sur plusieurs centimètres de longueur. Ces filons, dans les parties centrales, sont entièrement cristallisés et se composent surtout d'augite et de labrador en cristaux microlithiques, mal terminés, manifestement orientés et fluidaux. Le périclase y est très rare et toujours altéré. Au milieu de tous ces cristaux, de longues aiguilles de fer titané, groupées en forme de petites palmes très régulières, implantées parfois radialement, soit aux extrémités des microlithes feldspathiques, soit à celles des cristaux d'augite, à la manière de la limaille de fer aux deux pôles d'un barreau aimanté, dessinent des figures en réseau très régulières, qui sont souvent assez nombreuses pour rendre la préparation opaque.

Les parties vitreuses des salbandes sont formées d'un verre brun très foncé, que sillonnent des bandes fluidales jaunâtres assez transparentes, traversées par des fissures perlitiques très espacées. Entre les nicols croisés, ces bandes claires se décomposent en sphérolithes pétro-siliceux, composés de fibres rayonnantes sinueuses qui s'illuminent faiblement; ces fibres sont

irrésolubles aux plus forts grossissements; parfois elles sont implantées radialement autour d'un microlithe de labrador. Il semble qu'elles soient de nature feldspathique et que le sphérolithe soit imprégné d'opale.

Sur les flancs des ravines si pittoresques que nous avons suivies pour nous diriger vers Marlat, ces derniers filons, avec les phénomènes que je viens de signaler au contact, sont encore plus nombreux que dans les rampes du Bénard, sous le col précité.

Plus loin, au pied même des grandes falaises qui descendent directement du sommet même du Bénard (2898 mètres) et sont ainsi taillées à pic sur 800 à 900 mètres de hauteur, on voit un énorme dyke qui, fortement incliné vers l'ouest et dirigé sensiblement du nord-ouest au sud-ouest, s'élève jusqu'à mi-hauteur et reste en saillie, en avant des escarpements, sur une étendue considérable. Un des deux passeurs de rivière qui nous accompagnaient voulut bien se détourner de la route et remonter le bras du Grand Bénard, pour aller arracher quelques échantillons à cette muraille gigantesque.

Cette roche, d'un gris jaunâtre, se présente tout à fait sous l'aspect de certaines dolomies saccharoïdes : elle en possède l'aspect grenu, l'éclat, la rudesse au toucher, et se décompose en une multitude de petites facettes scintillantes, solidement soudées les unes aux autres, du milieu desquelles se détachent quelques rares cristaux d'un feldspath vitreux (3 millimètres sur 1^{mm}, 6). On y remarque aussi quelques vacuoles, parfaitement rondes, d'un diamètre moyen de 4 millimètres, assez régulièrement distribuées.

Sa densité est faible, 2,62, et sa teneur en silice atteint 58,76.

C'est encore une augite-andésite. Au microscope, on la voit composée uniquement d'oligoclase, d'augite et de fer oxydulé. Ces trois éléments sont bien nets et se présentent dans les pro-

portions suivantes : oligoclase, 5 ; augite, 3 ; fer oxydulé, 2. Le pyroxène y existe tout à la fois en beaux cristaux brunâtres, légèrement dichroïques, fréquemment maclés (larges, en moyenne, de 0^{mm}, 2 et longs de 0^{mm}, 3), et en microlithes aciculaires très allongés, qui souvent s'implantent sur les cristaux de fer oxydulé, attestant ainsi leur postériorité. Ces derniers sont tous intacts, tandis que les premiers sont généralement brisés avec des arêtes émoussées.

L'oligoclase se trouve de même en microlithes allongés d'une grande pureté et en grands cristaux de consolidation ancienne, généralement brisés, altérés à ce point que souvent leur structure triclinique n'apparaît plus.

Une chlorite jaunâtre, fibreuse, disposée par petites houppes ou par masses radiées, remplit toute la roche et se loge surtout dans les interstices des sections feldspathiques. J'ai encore reconnu, dans le voisinage du pyroxène, quelques rares hexagones de néphéline remplis d'inclusions punctiformes.

C'est là surtout, à l'origine du cirque de la rivière des Galets, sur le revers sud-est des Salazes, qu'on peut admirer ces magnifiques escarpements qui se dressent subitement, pour ainsi dire tout d'un jet, jusqu'à des hauteurs de 2000 à 3000 mètres, pour former les points culminants de l'île, et peuvent être considérés aujourd'hui comme les piliers, restés debout, de la voûte effondrée qui s'étendait autrefois sur les trois cirques.

J'espérais, avant de descendre vers Mafatte, pouvoir consacrer plusieurs jours à leur étude ; malheureusement, le temps, qui s'était assombri depuis la veille, à notre départ de Cilaos, mit un obstacle à ce désir ; notre séjour dans cette nouvelle vallée fut marqué par un ouragan épouvantable, comme ceux qui s'abattent si fréquemment sur la colonie pendant la saison des pluies.

Fig. 18.



Une ravine dans les cirques de la Réunion (cirque de Salazie)

Déjà, au moment où nous franchissions les Salazes, l'imminence de la tempête était devenue pour nous une certitude, mais nous étions trop avancés pour songer à revenir sur nos pas. Une pluie diluvienne, tombant par ondées droites et roides qui augmentaient d'intensité à chaque reprise, nous prit sur le flanc du Bénard, tandis que nous descendions dans le lit presque à pic d'une petite ravine très encaissée, qui devait nous conduire aux cases isolées, dans le haut de la rivière des Galets, qui forment le hameau de Marlat. Fort heureusement, les dangers de notre descente nous absorbaient déjà trop pour nous laisser le temps de songer à ceux qui nous menaçaient. Derrière nous, dans les hauts, les cascades commençaient à gronder, et nous étions à peine hors du torrent qu'une avalanche d'eau, de pierres et de boue s'y précipitait avec un bruit terrible, entraînant dans sa course furieuse les blocs énormes que nous venions d'escalader.

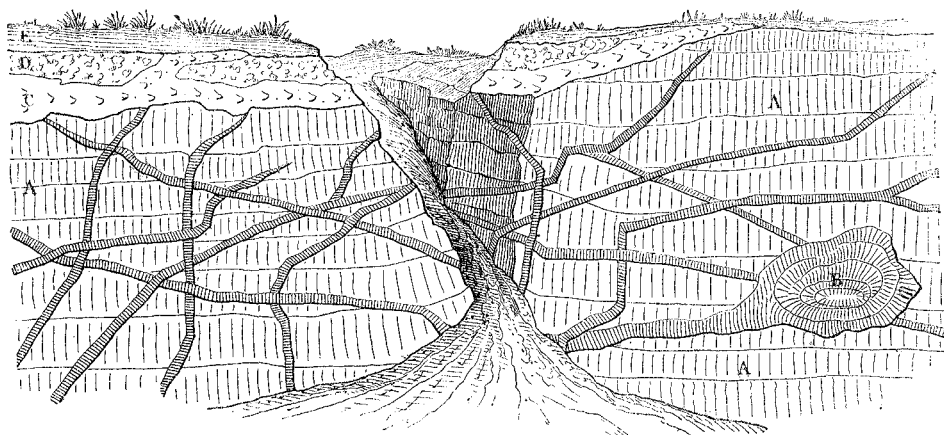
Cette pluie torrentielle, dont on ne peut se faire une idée dans nos climats d'Europe, dura trois jours. Nous reçûmes à Marlat une hospitalité cordiale, dont je garderai toujours le souvenir, dans l'humble habitation d'une famille créole, qui voulut bien nous admettre à partager avec elle sa chambre unique, tandis que nos porteurs trouvaient un refuge, je n'ose dire un abri, dans un hangar voisin.

Dans l'après-midi du troisième jour, pendant une éclaircie, je pus consacrer quelques heures à l'exploration des rives de la rivière des Galets, qui prend sa source à 2 kilomètres environ du point où nous nous trouvions bloqués, et je retrouvai là les bazaltes à zéolithes ainsi que ceux, si riches en olivine serpentinisée, du bras de Cilaos. Ils y sont magnifiquement développés; les seconds présentent, dans le mode d'altération des olivines, des phénomènes remarquables que je me propose d'exposer

prochainement dans un travail spécial, quand les analyses nombreuses que ce sujet nécessite seront terminées.

Ces roches sont, là encore, traversées et recouvertes par des basaltes à anorthite très-compactes, d'un noir foncé, dans lesquels on ne distingue, à l'œil nu, que des grains de péridot arrondis dont l'éclat vitreux contraste singulièrement avec celui, métalloïde et irisé, du même minéral dans les roches précédentes.

Fig. 19.



Coupe prise sur la rive droite de la rivière des Galets, près de Marlât.

A, basalte riche en péridot serpentinisé. — A', basalte à labrador avec zéolithes. — B, basalte à anorthite en filons.
C, lave trachytique. — D, conglomérat ponceux. — E, terre végétale.

Ces basaltes appartiennent à un type franc. Ils se composent d'un magma cristallin formé de microlithes d'anorthite et d'augite, associés à de petites sections quadratiques de fer oxydulé, au milieu duquel se détachent : de gros cristaux d'olivine arrondis et craquelés, entourés d'une bande hématiteuse très colorée qui semble les avoir préservés des altérations secondaires, car elle les enveloppe à la manière d'un vernis ; quelques larges sections, fendillées et brisées, d'un augite brunâtre légèrement dichroïque, comme celui de l'augite-andésite du Grand-Bénard, avec de

grands cristaux d'anorthite. Ces minéraux ont été visiblement entraînés et amenés tout formés par la lave, au moment de son épanchement.

En d'autres points, notamment dans les escarpements qui précèdent immédiatement ceux au fond desquels coule la rivière et donnent lieu à une sorte de terrasse, on remarque de larges dykes qui viennent aboutir à de grandes nappes intercalées entre les bancs des basaltes précédents. Ces nouveaux filons, qui tous se décomposent en prismes très réguliers, empilés les uns au-dessus des autres, sont constitués par un basalte à anorthite, exceptionnellement riche en augite. Cette roche, à l'œil nu, se montre largement cristallisée; elle prend par places des tons verdâtres qui tiennent à la serpentinisation fréquente du péricote.

Enfin, au-dessus de toutes ces laves basaltiques, on remarque encore dans le haut de la falaise une sorte de nappe ou de filonnet, épais de 0^m,60 à 0^m,80, formé d'une roche blanchâtre, dont la teinte claire attire de suite l'attention, car elle tranche complètement sur les tons sombres des roches qu'elle recouvre.

Cette nouvelle lave, facilement clivable en longs feuillets peu résistants, prend sur les cassures fraîches un éclat lustré très remarquable; elle est franchement cristalline et présente çà et là quelques cristaux d'orthose vitreux facilement reconnaissables (0^m,005 sur 0^m,0025) avec la macle de Carlsbad. Sa composition minéralogique est des plus simples; au microscope, en effet, les grands cristaux de sanidine paraissent noyés dans un verre incolore, très transparent, marqué par places de fines granulations jaunâtres vermiculées et coloré dans d'autres en rouge brun par de l'hématite (1) qui résulte de l'altération d'un nombre considé-

(1) C'est à cette hématite que le trachyte doit parfois des tons rosés.

rable de longues aiguilles ferrugineuses, noires, opaques, disséminées partout; nul autre élément ne se distingue.

Entre les nicols croisés, toute la substance qui paraissait amorphe à la lumière naturelle s'illumine et se décompose en une infinité de cristaux lamellaires monocliniques empilés les uns au-dessus des autres, de telle sorte que, dans l'épaisseur de la préparation, on peut distinguer, à l'aide de leurs extinctions successives, jusqu'à trois et quatre petites sections rectangulaires superposées qui se croisent sous des angles divers. Ces cristaux ainsi aplatis et couchés suivant la base p , allongés suivant la diagonale inclinée, s'éteignent, par rapport à leur longueur, sous des angles faibles (de zéro à 4 ou 5 degrés); ils appartiennent ainsi à l'orthose vitreux. Les granulations que je signalais tout à l'heure, et qui, par places, troublent leur transparence, tiennent à un commencement d'altération. Aux forts grossissements, on y distingue, en outre, un grand nombre de pores à gaz et parfois des inclusions vitreuses, presque incolores, dont les contours réguliers reproduisent ceux du cristal.

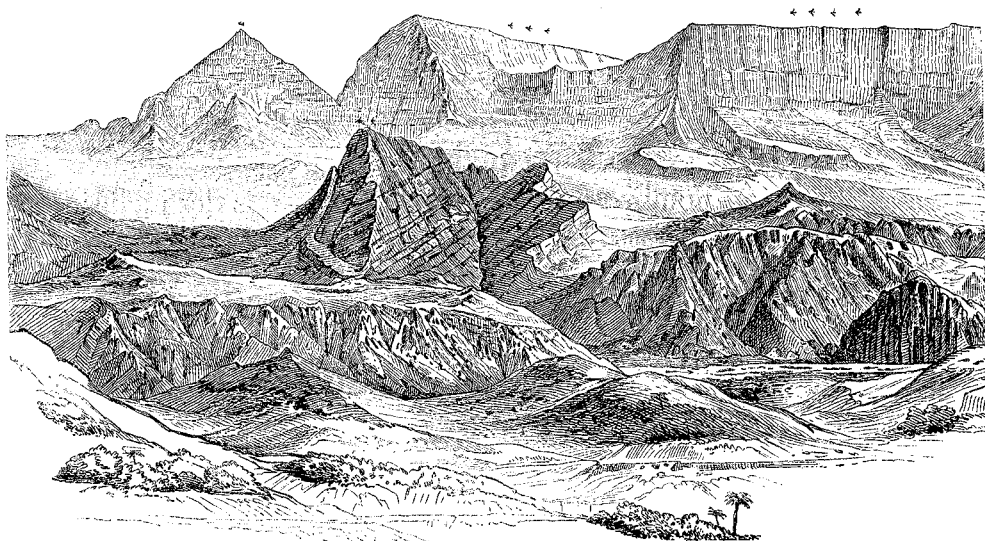
Enfin, on reconnaît encore dans quelques préparations des petits cristaux d'oligoclase allongés, qui s'isolent et se rangent en traînées fluidales, étroites et sinueuses, très singulières.

Cette roche est acide; sa densité, 2,64, et sa teneur en silice, 66,80, s'écartent peu de celles de l'orthose. C'est encore là un trachyte qui, par sa composition (à cette seule différence près qu'il ne contient pas de quartz libre) et sa situation exceptionnelle, se rapproche tout à fait de celui en filon dans les laves basaltiques du bras Rouge.

Le samedi 28, la tempête s'était ralentie et depuis la veille la pluie avait cessé de tomber, mais les torrents avaient grossi et

nous ne pouvions maintenant songer à donner suite à nos projets, la rivière des Galets étant devenue pour longtemps infranchissable. J'avais, d'autre part, hâte de rejoindre le littoral pour ne pas manquer le départ du paquebot, qui devait avoir lieu dans les premiers jours de février; nos hôtes nous engagèrent donc sagement à profiter de l'accalmie pour gagner le village d'Hell-bourg, dans le cirque de Salazie, par le col des Trois-Fourches, tandis que cette voie, la seule qui restât praticable, était encore possible; l'un d'eux s'offrit pour nous servir de guide.

Fig. 20.



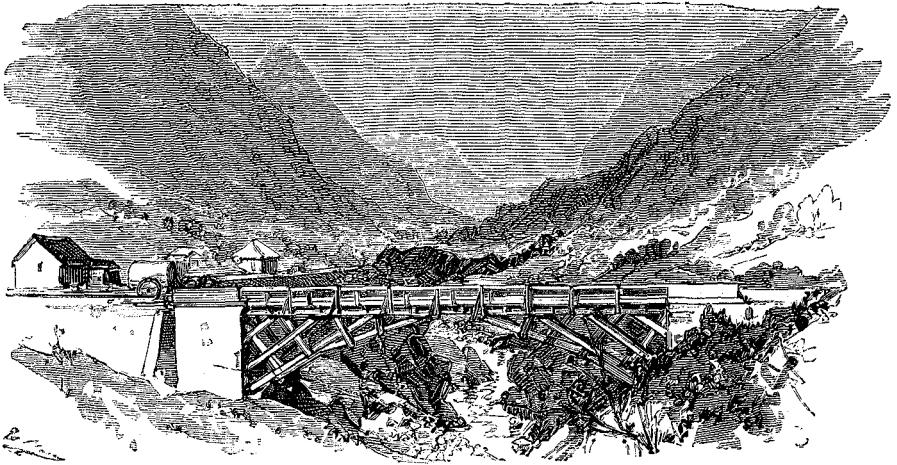
Vue intérieure du cirque de Salazie, prise de la plaine de Belouve.
 * Le Cimandef. — ** Piton d'Encheing. — *** Plaine des Chicots. — **** Plaine des Fougères.

Ce fut une rude journée; gravissant des talus inclinés où nous avions peine à nous tenir debout, traversant des plateaux interminables, sans retrouver aucune trace de chemin, marchant dans l'eau jusqu'aux genoux sous des forêts inondées, il ne nous

fallut pas moins de dix heures d'une marche bien pénible pour atteindre le village tant désiré.

Le cirque de Salazie, ouvert au nord-est et situé dans le nord de celui de Cilaos, n'en est séparé que par le massif imposant du

Fig. 21.



Le pont de l'escalier à l'entrée du village de Salazie.

piton des Neiges et du Gros-Morne ⁽¹⁾ (*Pl. XIV*), qui se dresse entre les deux à une hauteur de 2000 mètres environ au-dessus du niveau moyen de la vallée, élevée elle-même de 1000 à 1200 mètres. C'est de beaucoup le plus connu et le plus fréquenté. Son climat tempéré ⁽²⁾, ses sources thermales précieuses, ses sites pittoresques, sont autant d'attraits qui tous les ans attirent une foule de visiteurs.

(1) Ce massif est souvent désigné sous le nom des *Salazes*, quoique ce terme doive être réservé à la petite chaîne qui sépare, entre eux, les cirques de Cilaos et de la rivière des Galets.

(2) La température moyenne de l'année y est de 19 degrés, et le thermomètre, qui monte rarement au delà de 28 degrés, n'y descend guère au delà de 14 degrés.

Beaucoup plus vaste, moins profond et moins accidenté que les deux cirques précédents, son origine est encore la même, ainsi qu'on peut s'en rendre compte, au sommet de la plaine de Belouve, du haut des magnifiques remparts basaltiques qui, dans le sud-est, dominant le bras d'Amale et la rivière du Mât. De ce point, en effet, on en saisit d'un coup d'œil tout l'ensemble et partout on reconnaît la trace des effondrements et des dislocations qui l'ont produit. Il est difficile de ne pas être frappé, par exemple, de la régularité avec laquelle tous les escarpements qui l'entourent, relevés vers le piton des Neiges, s'inclinent, au contraire, vers la mer sous une pente de 8 à 10 degrés; dans leurs parois, des coulées de lave rayonnent toutes de ce même point et semblent se reproduire à des hauteurs communes de part et d'autre de la vallée.

L'intérieur du cirque (*fig. 20*) présente une longue série de monticules et de collines profondément découpés et formés, comme ceux du cirque de Cilaos, de conglomerats et de blocs éboulés, souvent énormes, confusément entassés, dans lesquels on retrouve en désordre toutes les roches des falaises environnantes. Un piton assez singulier, le piton d'Encheing, qui se dresse entre la rivière du Mât et la ravine des Trois-Bras jusqu'à l'altitude de 1350 mètres, fait seule exception; il se compose de coulées basaltiques compactes, analogues à celles des parois du cirque, mais versées au sud-ouest, sous une pente de 35 degrés, et forme, pour ainsi dire, coin entre les deux torrents. C'est le seul témoin resté debout de la voûte qui, réunissant jadis les plaines des Chicots et des Fougères, dans le nord, à celles des Salazes et de Belouve, dans le sud, constituait les pentes de l'ancien volcan.

Les ravins nombreux qui drainent et sillonnent cette vaste

dépression entament profondément le sol et mettent au jour des roches qui sont encore analogues à celles des deux cirques précédents. C'est ainsi qu'au pied du Gros-Morne, en descendant du col des Trois-Fourches, j'ai retrouvé, dans les hauts du bras de Fleurs-Jaunes, des roches andésitiques verdâtres, si conformes à celles du bras Rouge, que les échantillons pris dans chacune de ces deux localités, pourtant si distantes, peuvent se confondre. Plus bas, dans le lit du même torrent, ces roches sont pénétrées par un puissant massif de trachyte grisâtre, qui paraît s'y être injecté.

Ce trachyte est tout à fait différent de ceux à base de sanidine que nous avons examinés jusqu'à présent; il est d'une composition minéralogique très complexe. A l'œil nu, au milieu d'une pâte rugueuse d'un gris violacé pâle, on y reconnaît distinctement de nombreux petits cristaux de feldspath, tabulaires, blancs ou jaunâtres (de 2 à 4 millimètres), puis isolément de fines aiguilles d'hornblende, avec des grains noirâtres qui paraissent de nature augitique.

Dans les plaques minces, toutes les grandes sections de feldspath se reconnaissent, au microscope, pour appartenir les unes au système monoclinique, les autres au système triclinique. Les premières, non maclées et traversées le plus souvent par des lignes de clivage qui se coupent à angle droit, doivent être considérées comme des sections de sanidine faites suivant la zone ph' , car les extinctions s'y font constamment suivant les clivages. Les secondes, moins abondantes, plus allongées et composées de trois ou quatre lamelles assez larges, n'exerçant sur la lumière polarisée qu'une action faible, s'éteignent par rapport à leur longueur, sous des angles de 7 à 8 degrés, et l'angle compris entre les extinctions successives de deux de ces lamelles contiguës atteint,

mais ne dépasse pas 20 degrés. Ces mesures se rapportent à celles du labrador; un examen chimique des plaques a d'ailleurs vérifié cette détermination.

La pâte, entièrement cristallisée, est également formée de cristaux microscopiques d'orthose, mélangés de quelques microlithes tricliniques qui s'éteignent suivant leur longueur, avec de petits octaèdres de magnétite et de nombreux granules d'augite, qui paraissent surtout logés dans les interstices des cristaux. Ces deux derniers éléments s'isolent également à l'état de cristaux microscopiques et se groupent alors en petits amas très clair-semés, au milieu desquels on reconnaît des grains de péridot ($0^m,0002$ de diamètre) et des cristaux de noséane. Ce sont là, sans aucun doute, les débris d'une roche plus ancienne, dont les éléments, brisés et séparés les uns des autres, se trouvent çà et là disséminés dans cette lave acide. Il en est de même des aiguilles d'hornblende, qui sont toutes corrodées et brisées.

Au delà des mornes d'Affouche, dans les berges de la rivière du Mât, on remarque un grand développement de laves basaltiques criblées de zéolithes, surchargées de péridot et serpentinisées comme celles du bras de Cilaos et de la rivière des Galets (p. 164 et 184). Elles se désagrègent souvent avec une extrême facilité, et, devenues terreuses par suite d'altérations profondes, elles perdent alors leur teinte verdâtre et se recouvrent d'un enduit blanchâtre d'hydrosilicate de magnésie.

Certaines de ces coulées, moins décomposées, laissent voir des cristaux lamelleux noirâtres ou d'un vert bronzé très foncé, avec des plans de clivage bien distincts, qui sont largement développés au milieu d'une pâte terne, traversée par de petites concrétions, les unes blanches et de nature calcaire, les autres verdâtres, d'aspect mat et cireux, se rapportant tout à fait à ce silicate magnésien,

si fréquent dans les roches basaltiques, qu'on désignait autrefois sous le nom de *stéatite des basaltes*.

Cette dernière substance apparaît au microscope très transparente, concrétionnée, et forme des plages irrégulières d'où s'échappent de minces filonnets qui serpentent entre les divers cristaux de la roche. Elle est en relation directe avec les péridots et résulte de leur décomposition. Entre les nicols croisés, elle prend des teintes bleuâtres et se résout en sphérolithes finement radiés, ou mieux en une série de bandes concrétionnées, fibreuses. Déjà à la lumière simple, avec un peu d'attention, on pouvait suivre les contours de ces bandes ondulées, qui prennent tout à fait le caractère de ces concrétions serpentineuses observées dans certains calcaires des terrains anciens, à *structure éozonale*.

Les minéraux lamelleux à l'éclat métalloïde ne sont autres que des péridots altérés.

Le feldspath est devenu opaque, avec une teinte opaline, qui voile complètement sa constitution polysynthétique. C'est à sa décomposition que sont dues les petites concrétions de calcaire spathique observées.

Puis sous ces laves on remarque des masses puissantes de véritables *serpentine*s, au milieu desquelles le torrent a creusé son lit.

Ces roches tendres, onctueuses au toucher, compactes et sans délité apparent, forment de chaque côté du ravin des talus arrondis, glissants; elles sont de couleur foncée, d'un noir verdâtre, nuancées de parties plus claires ou de taches jaunâtres, et se divisent souvent en fragments pseudo-réguliers, revêtus d'un vernis brillant dû à des veinules de chrysotil fibreux qui simulent des surfaces de glissement.

Leurs cassures sont ternes et irrégulières; on y distingue

quelques larges cristaux, mal définis, intimement soudés à la roche, dont les reflets métalloïdes rappellent ceux de la bronzite, mais qui ne sont encore que des péridots altérés.

Ces serpentines résultent, du reste, entièrement de la transformation d'une péridotite massive. Dans les plaques minces, sous le microscope, au travers de tous ces phénomènes d'altération si bien décrits par R. von Drasche ⁽¹⁾, par J. Macpherson ⁽²⁾ et par tant d'autres pétrographes, on reconnaît encore les formes de l'olivine, dont quelques portions restées intactes renferment, en inclusion, des octaèdres réguliers d'un spinelle chromifère brun (picotite) et du fer oxydulé, tantôt en granules d'assez grandes dimensions, tantôt en groupements trichitiques, qui rappellent tout à fait ceux des petits cristaux roulés, attirables à l'aimant, dans les sables ferrugineux de l'Étang-Salé.

Elles ne renferment pas d'enstatite, comme il arrive souvent en pareil cas; tous les cristaux de péridot sont juxtaposés ou reliés entre eux par une sorte de magma basaltique, entièrement cristallisé et composé d'augite en fragments cristallins, d'anorthite et de fer oxydulé ou titané. La matière serpentineuse s'est infiltrée dans toute cette masse cristalline et paraît, à son tour, en cimenter tous les éléments.

Par leur composition, ces roches se rapprochent donc entièrement des basaltes qu'elles supportent; elles n'en diffèrent que par une proportion beaucoup plus considérable de péridot. Leur densité est de 2,86.

⁽¹⁾ *Ueber Serpentine und Serpentinähnliche Gesteine* (Min. Mittheil. Tschermak's, t. I, p. 1-12; 1871). — *Olivinfels von Kraubat in Steiermark* (M. M. T., t. I, p. 57).

⁽²⁾ *On the origin of the serpentine of the Ronda Mountains*, Madrid, 1876. — *Breves apuntes acerca del origen peridotico de la serpentina de la Serrania de Ronda* (Mém. de la Soc. esp. d'Hist. nat., 3 février 1875).

Ces faits s'accordent bien avec ce que l'on sait de l'origine métamorphique des serpentines et tendent à prouver que, parmi les substances serpentino-gènes (pyroxène, amphibole, etc.), le périclase est de beaucoup la plus importante. Ai-je besoin de rappeler, à ce propos, les expériences mémorables de M. Daubrée sur la reproduction des météorites ⁽¹⁾, expériences dans lesquelles le savant académicien, à l'aide d'une simple fusion, est revenu au périclase en partant de la serpentine?

En d'autres points, dans le lit de la ravine du Grand-Sable et dans celui de la ravine Blanche, par exemple, on voit, au milieu de ces serpentines, des amas de roches cristallines verdâtres, dans lesquelles le feldspath fait entièrement défaut, et qui ne sont plus composées que de périclase, d'augite et de fer titané. De ces trois éléments, l'augite est le seul qui se soit conservé intact; il paraît noyé dans les plages serpentineuses qui résultent de l'altération des périclases, et le fer titané se présente recouvert ou entouré de ce produit de décomposition blanchâtre, étudié par M. Dathe ⁽²⁾, et signalé par MM. Renard et La Vallée Poussin dans les gabbros d'Hozémont (Brabant) ⁽³⁾, qui doit être considéré comme un oxyde de titane.

Enfin, plus bas, dans le lit de la rivière du Mât, vers le piton d'Encheing (*fig.* 22), j'ai observé, sous les serpentines et sous les basaltes périclasiques, des bancs particuliers et massifs d'une roche encore verdâtre et décomposée, mais cependant bien distincte des précédentes et d'une composition tout à fait différente.

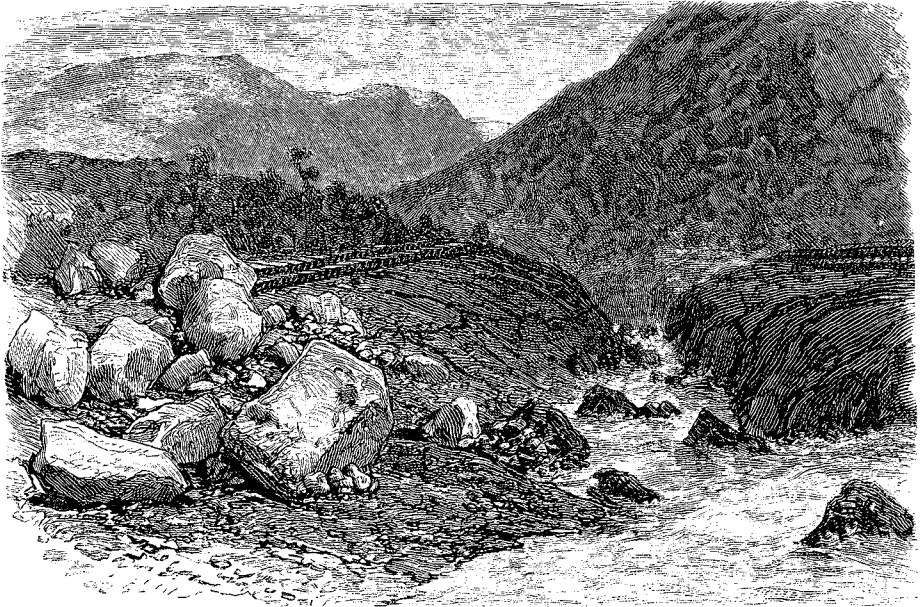
⁽¹⁾ *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, t. XXIII, p. 396. — *Comptes rendus de l'Institut*, t. LXII, p. 660; 1866.

⁽²⁾ JOH. FR. DATHE, *Mikrosk. Unters. über Diabase* (*Zeitschrift der deutsch. geol. Gesellschaft*, 1874, t. XXVI, p. 1-40).

⁽³⁾ *Loc. cit.*, p. 74; Atlas, Pl. VI, *fig.* 32.

Le péridot y est peu abondant; il est remplacé, en tout ou partie, par un pyroxène diallagique.

Fig. 22.



Talus de serpentine recouvert par des coulées de basalte, dans le lit de la rivière du Mât (sous le piton d'Encheing).

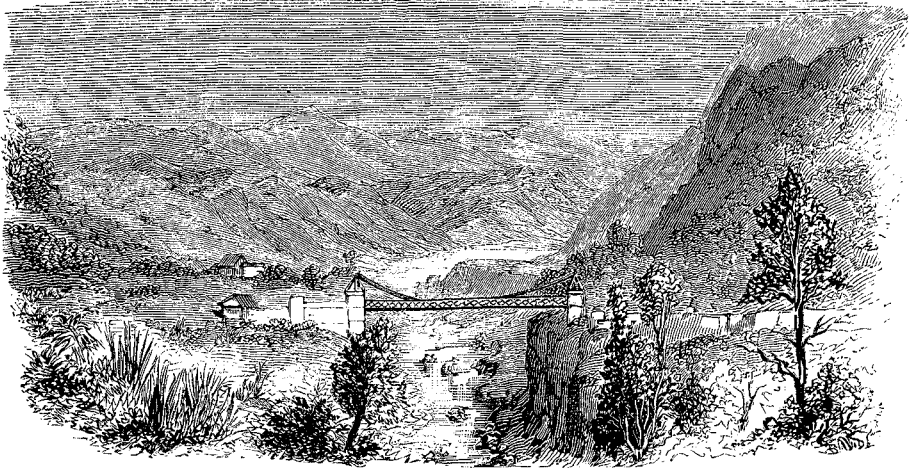
Le magma cristallin, très altéré, qui relie entre eux ces cristaux de diallage, se compose de labrador, d'augite et de fer oxydulé, avec une grande tendance à la structure granitoïde ou cristallitique ⁽¹⁾; cette roche se rapproche ainsi de gabbros anciens.

Mais, parmi les traits qui dominent dans la constitution du cirque de Salazie, il me faut surtout signaler, avant de terminer cet exposé rapide, d'immenses nappes basaltiques qui s'étagent à mi-hauteur dans les escarpements, sous une longue alternance de laves et de

(1) MICHEL LÉVY, *Structure des roches acides* (*Annales des Mines*, t. VIII, p. 402).

scories, et qui forment encore à elles seules la majeure partie des encaissements si pittoresques au fond desquels s'écoule la rivière du Mât, après sa jonction avec la ravine des Trois-Bras.

Fig. 23.



Affleurements des roches à diallago et des serpentines à l'entrée du cirque de Salazie

Ces roches, toujours compactes, tantôt adélogènes, tantôt doléritiques, d'un gris ardoisé ou d'un noir vif, comprennent un nombre infini de variétés, qui toutes se rapportent, cependant, au type basaltique franc (¹). Leurs coulées nombreuses, étendues et

(¹) La *fig. 1* de la *Pl. IV* représente une coupe microscopique d'un de ces basaltes, vue dans la lumière polarisée (nicols à 30 degrés) sous un faible grossissement (50 diamètres).

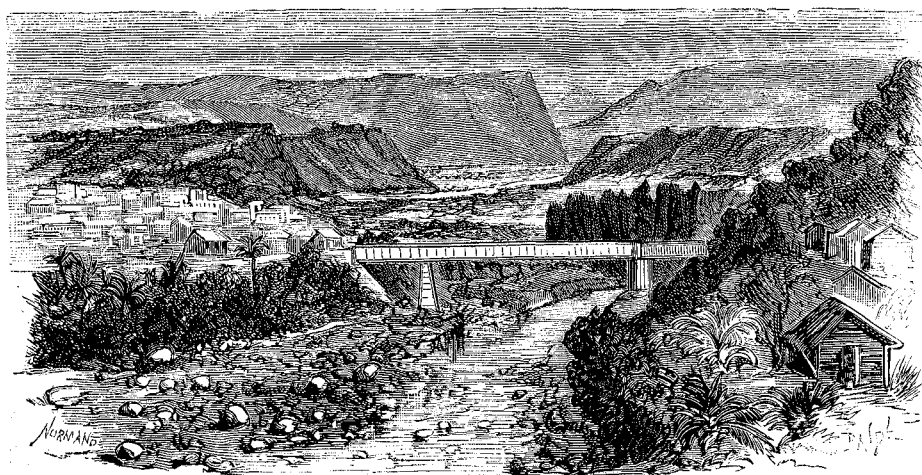
(L'échantillon attribué par erreur sur cette Planche à un basalte de la rivière des Galets provient d'une de ces magnifiques colonnades entaillées par la route de Salazie dans les encaissements de la rivière du Mât.)

Cette roche, entièrement cristallisée, montre un bon exemple de la structure microolithique si propre aux roches basiques du groupe des basaltes. Un grand nombre de cristaux microscopiques d'anorthite (14), enchevêtrés avec des granules d'augite (9) et du fer oxydulé, forment un magma confus, rarement fluidal, au milieu duquel se dé-

puissantes, presque sans scories intercalées, témoignent de la durée et de la fréquence de leurs éruptions, qui, tout à fait différentes de celles du volcan moderne, ont dû se faire jour à travers de larges ouvertures placées dans le voisinage de ces arêtes qui se dressent encore au milieu des trois cirques.

Un de leurs caractères les plus saillants, c'est leur tendance à prendre des formes presque régulières et à se décomposer en prismes allongés. Tantôt ces prismes, implantés verticalement à la

Fig. 24.



Les encaissements basaltiques de la rivière du Mât. — Vue prise de l'embouchure, près de Saint-André.

surface des coulées, absolument pressés les uns contre les autres, figurent de loin des colonnades ou des orgues gigantesques qui,

tachent quelques sections mieux développées du même feldspath (13) avec de gros cristaux d'olivine (8) arrondis et brisés. Ce dernier minéral apparaît bien ici comme un élément ancien, amené tout formé par la lave; souvent les fragments d'un même cristal, disjoints et séparés, sont disséminés au hasard dans les préparations; tous portent la trace des érosions subies pendant ce charriage.

Fig. 25.



Prismes de basalte, aux sources de la rivière du Mât (d'après un dessin du Dr Cassien).

par leur dimension et leur régularité, peuvent rivaliser avec ceux si souvent cités d'Expally et de bien d'autres localités classiques de l'Ardèche ou du Vivarais ; tantôt au contraire, réunis à la partie supérieure de la coulée, ils se désunissent vers le bas et semblent descendre à la manière d'une draperie ou d'un rideau frangé. Cette disposition, due sans doute au refroidissement plus rapide des parties superficielles, est surtout remarquable dans les gorges profondes de la rivière du Mât ; la *Pl. XIII* en reproduit un exemple. D'autres fois, ces mêmes basaltes forment des amas considérables qui se divisent en prismes énormes, groupés en gerbes et bizarrement recourbés. La *fig. 25* représente un de ces curieux accidents pris au pied du Gros-Morne, dans le voisinage des sources de la rivière du Mât.

Il en est ainsi dans toute la partie septentrionale de l'île, où les moindres déchirures du sol mettent au jour de magnifiques colonnades basaltiques ; je citerai, comme exemple, celles de la rivière de Saint-Denis, décrites et figurées par Bory (*loc. cit.*, t. I, p. 276 et suiv., Atlas, *Pl. XI*, vues des différentes dispositions des laves basaltiques dans la rivière de Saint-Denis), et ces dykes nombreux, à prismes transversaux, couchés horizontalement, qui traversent le cap Bernard, et que mettent encore à découvert les grandes et belles falaises, baignées par la mer, entre la pointe des Chiendents et la Possession.

Résumé de la constitution géologique du massif ancien.

Dans le récit de cette excursion au travers du massif ancien de la Réunion, j'ai cherché surtout à présenter une description minéralogique détaillée des différentes roches rencontrées, dans l'ordre même où elles se sont présentées, en indiquant les parti-

cularités de gisement propres à chacune d'elles, comme je l'avais déjà fait pour le massif récent.

Il devient maintenant nécessaire de rassembler ces observations, afin de montrer les rapports que tous ces matériaux peuvent avoir entre eux, de bien établir leur âge relatif et de donner, par suite, une idée générale de la constitution géologique de cette seconde partie de l'île.

A la base des grands escarpements, dressés à la manière de murailles gigantesques entre les trois vallées circulaires qui entament si profondément ce massif et mettent à découvert sa structure intérieure, les roches qui paraissent les plus anciennes sont, sans contredit, les andésites à augite, que caractérise l'absence de péridot. Nous les avons vues, disposées par grandes masses dans le haut des ravines (¹), qui formaient encore, dans les rampes du Bénard, des pointements singuliers enveloppés par les produits éruptifs plus récents. Un aspect trachytique très prononcé, avec des nuances claires, les différencie complètement des roches toujours foncées qui les entourent et qui, parfois, les traversent en filons minces, établissant ainsi leur antériorité.

Elles appartiennent à une phase éruptive bien spéciale et comprennent deux types principaux, déterminés chacun par la nature de leur élément feldspathique. Les unes, en effet, comme celles du bras Rouge, sont à *oligoclase*, tandis que les autres, en filons dans les précédentes, sous le col de Taillebit, sont à *labrador*.

Toutes ont pour caractère commun leur grande cristallinité et s'écartent en cela, comme je l'ai déjà dit, des augites-andésites connues, qui présentent le plus souvent une pâte amorphe très

(¹) Falaises du bras Rouge (cirque de Cilaos); bras du Bénard (cirque des Galets); bras de Fleurs-Jaunes (cirque de Salazie).

développée, avec une structure nettement porphyroïde (1). Leur texture semble prélude à celle des basaltes, c'est-à-dire que leurs éléments, tout en présentant une tendance à se consolider en débris, s'allongent souvent et s'enchevêtrent, tantôt confusément à la manière des laitiers, tantôt en donnant lieu à une belle structure fluidale. Elles sont riches en oxydes ferrugineux, surtout en magnétite, mais ne renferment jamais de péridot.

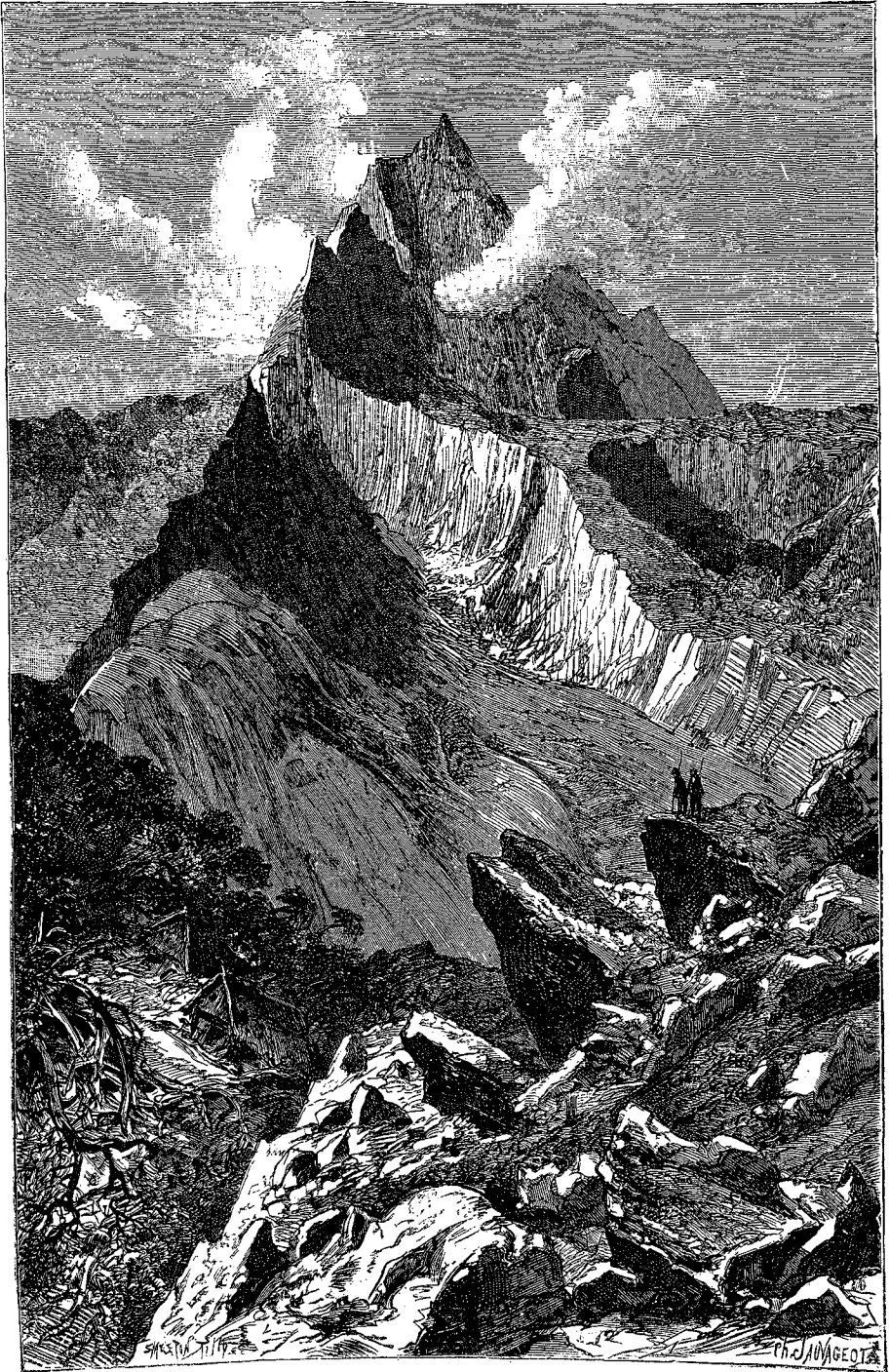
L'augite de consolidation ancienne se montre généralement très coloré et sensiblement dichroïque dans les roches de la première catégorie; c'est l'inverse qui a lieu dans celles à labrador, où sa consolidation paraît en même temps plus récente que celle de tous les autres éléments. Il se moule sur eux, en effet, comble leurs interstices, et ce fait est important, car jusqu'à présent, dans les laves, on a toujours observé que les feldspaths ont cristallisé en dernier. L'élément feldspathique est toujours prédominant; dans quelques cas particuliers, à la partie supérieure des massifs et les salbandes sur des filons, il forme même pour ainsi dire à lui seul toute la roche; c'est ainsi que nous en avons vu, au sommet des falaises du bras Rouge, une variété dans laquelle le pyroxène, très peu abondant, n'existe plus qu'à l'état microolithique.

A la suite viennent se placer les éruptions des roches diallagiques du cirque de Salazie, dans lesquelles le péridot apparaît pour la première fois; elles commencent une série plus basique.

Nous ne les avons vues affleurer qu'en un point très-restreint, sous le piton d'Encheing; je pense, cependant, qu'elles tiennent, dans le massif ancien, une place plus importante que celle qui semblerait devoir leur être assignée d'après cette seule observa-

(1) OTTO LANG, *Grundriss der Gesteinskunde*, p. 204. Leipzig, 1877.

Fig. 26.



Le Gros-Morne après l'éboulement (d'après un dessin du Dr Cassien).

tion. Je dois, en effet, à M. le D^r Jacob de Corbemoy une collection fort intéressante des roches mises à jour par l'éboulement du Gros-Morne (¹), dans laquelle celles à diallage sont tout à la fois nombreuses et variées. Les unes se rapportent exactement au type que j'ai précédemment décrit (p. 250 et 251), c'est-à-dire qu'elles renferment de l'olivine et qu'elles sont profondément altérées; les autres, beaucoup plus fraîches, ne paraissent plus en contenir et se différencient également par leur structure, qui devient cristallitique.

Le labrador et le diallage, en larges cristaux brisés, à contours irréguliers, anguleux, paraissent poussés en désordre l'un contre

(¹) Au pied du Gros-Morne s'ouvrait autrefois, vers le nord, un petit vallon très encaissé, celui du *Grand-Sable*, connu seulement d'un petit nombre de touristes, qui venaient y admirer des cascades et des sources pétifiantes fort remarquables. Son sol fertile y avait attiré toute une population créole qui, repoussée des parties basses de l'île par la difficulté d'y vivre, avait établi là ses demeures. Une petite ravine, au cours sinueux, la traversait en son milieu et venait, après avoir contourné un monticule boisé assez élevé (piton du *Grand-Sable*), se jeter dans un torrent profondément encaissé, le bras de Fleurs-Jaunes, qui séparait cette vallée, dans l'ouest, d'un plateau également cultivé, mais plus élevé, le camp de Pierrot. C'était un des endroits les plus retirés et les plus pittoresques du cirque de Salazie.

Le 26 novembre 1876, un éboulement considérable, provoqué par la chute d'une partie du Gros-Morne (*fig. 26*), dont le sommet se dresse à plus de 3000 mètres, anéantissait tout cet espace, couvrant de ses débris une étendue de 166 hectares. Ce fut un véritable désastre pour la colonie; soixante-deux personnes restèrent ensevelies sous cet entassement prodigieux de blocs éboulés.

En portant à l'Académie la nouvelle de cette catastrophe (séance du 10 janvier 1876), j'en attribuai la cause à un effondrement produit sous l'influence des érosions aqueuses. Cette opinion, qui fut également celle de la Commission nommée par le gouverneur de l'île pour étudier les causes du sinistre, donna lieu à une vive controverse; je crois cependant inutile de venir la défendre ici de nouveau, renvoyant les lecteurs aux Notes publiées à cet égard et surtout à la Communication faite par M. Ch. Sainte-Claire Deville, qui, dans la séance de l'Académie du 16 avril 1876, voulut bien appuyer cette opinion de toute son autorité.

l'autre, sans être reliés par aucun ciment. Le dernier, parfaitement frais, comme celui déjà signalé dans les roches des conglomérats du littoral des Avirons, montre bien l'absence de dichroïsme, les clivages et les inclusions en réseau caractéristiques. Accidentellement, on voit se développer autour de lui des bandes fines d'une chlorite verdâtre qui donne parfois des petites houppes finement radiées. Le fer oxydulé se voit en grands cristaux, peu abondants. Enfin on remarque encore, çà et là, quelques petites lamelles déchiquetées de biotite. Cette roche, par sa composition et sa structure, se rapproche ainsi des euphotides.

C'est encore aux roches de cette série qu'il faut rapporter celles si intéressantes qui forment les conglomérats du littoral des Avirons, et dans lesquelles le diallage se trouve associé à l'hornblende et au péridot. Elles ont, entre elles, les plus grandes analogies de structure. Malheureusement, j'ignore leur véritable gisement, et la situation dans laquelle j'ai trouvé leurs débris indique seulement qu'elles doivent être postérieures à certaines des laves andésitiques.

Ces roches anciennes, les premières surtout, n'occupent, en réalité, qu'une surface restreinte; elles disparaissent sous une énorme accumulation de matériaux, tout différents, qui, par leur texture et leur composition minéralogique, se rapportent au groupe des basaltes. Ces nouvelles roches se disposent par grandes assises, très étendues, qui se succèdent un grand nombre de fois en se superposant régulièrement; elles se sont fait jour, pour la plupart, à travers de nombreuses fractures, ainsi qu'en témoigne tout un réseau compliqué de filons. Elles affleurent au fond des ravines, dans l'enceinte même des cirques, et se voient encore jusqu'à une grande hauteur dans les falaises qui les surplombent. La presque totalité de ce massif en est formée.

L'histoire de cette nouvelle période éruptive demanderait une étude détaillée; malheureusement, dans une excursion aussi rapide, c'est à peine si j'ai pu seulement en entrevoir les traits généraux. Les roches qui se sont épanchées pendant sa longue durée présentent, à une seule exception près, une composition minéralogique élémentaire assez uniforme; toutes sont à base de labrador ou d'anorthite et renferment avec du péridot, qui joue ici un rôle prédominant, un pyroxène augite, associé à des oxydes ferrugineux (magnétite et ilménite). Elles ont pour caractère commun leur grande cristallinité; soit qu'on les examine en filons minces, soit en coulées épaisses, on ne peut y distinguer aucune trace de pâte amorphe intercalée entre les cristaux, qui sont tous confusément enchevêtrés.

C'est là un premier fait important, à cause de sa généralité, qui tient, sans aucun doute, à l'abondance des dissolvants apportés par ces roches au moment de leur épanchement. Leurs variations portent donc exclusivement sur le mode d'agencement, les dimensions et les proportions relatives des divers éléments constituants; elles correspondent à des différences d'âge très tranchées.

Considérées dans leur ensemble, ces masses basaltiques peuvent se grouper en trois catégories d'importance inégale, mais bien distinctes comme âge, qui représentent trois phases d'éruption consécutives et qui sont, par ordre d'ancienneté :

- 1° Serpentes (basaltes péridotiques modifiés), basaltes à zéolithes de Cilaos;
- 2° Laves doléritiques à anorthite;
- 3° Basaltes francs.

Serpentes et basaltes péridotiques modifiés. — Cette catégorie comprend toutes les roches riches en olivine, dans lesquelles ce

minéral, toujours profondément altéré, se trouve, en totalité ou en partie, transformé en un silicate magnésien hydraté. C'est cet état qui règle en quelque sorte leurs caractères physiques. Elles occupent dans l'intérieur des trois cirques la même situation et semblent en constituer les parties profondes.

Cette transformation du péridot en une matière serpentineuse n'a pas lieu seulement dans les parties qui se trouvent en contact direct avec l'atmosphère et ne saurait résulter de l'action seule des agents extérieurs; on doit surtout l'attribuer aux émanations souterraines qui n'ont cessé de traverser ces roches relativement anciennes pendant toute la durée des éruptions qui se sont succédé si nombreuses au-dessus d'elles. Peut-être même résulte-t-elle d'une hydratation qui se serait produite au sein de ces roches avant leur consolidation définitive. Ce qui rend cette dernière hypothèse infiniment plus vraisemblable, c'est que dans chacune d'elles les contours du péridot, restés suffisamment distincts, indiquent encore que ce minéral y a été amené tout formé, à l'état de cristaux en débris, et qu'il a dû être soumis pendant leur épanchement à des actions mécaniques et chimiques intenses.

Il doit être considéré comme une des premières associations cristallines qui se soient faites, dans les profondeurs, au sein du magma basaltique, par suite d'une oxydation du bain, et qui, sollicitées par une sorte de *scorification* ⁽¹⁾ ou de *coupellation naturelle* ⁽²⁾, sont venues ensuite se concentrer à sa surface.

Les éruptions qui ont marqué le début de cette période éruptive

(1) DAUBRÉE, *Expériences synthétiques : origine du péridot comme scorie universelle* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXII, p. 672; 1866).

(2) E. DE BEAUMONT, *Mém. sur les émanations volcaniques et métallifères* (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. IV, p. 1326; 1847).

ont épongé, pour ainsi dire, ces écumes éminemment basiques, et les produits qui se sont ensuite épanchés sont devenus de moins en moins riches en péridot. Ainsi se trouve expliquée la prédominance de ce minéral dans les premiers termes de cette série (péridotites et serpentines).

Le magma cristallin qui relie entre elles les plages serpentineuses métamorphiques se compose d'un pyroxène augite, d'anorthite et de divers oxydes ferrugineux.

Cet augite paraît avoir résisté à toutes les altérations qui ont si profondément modifié le péridot ; il se présente en cristaux brunâtres plus ou moins développés, généralement sans inclusions vitreuses, non dichroïques et très transparents.

Les oxydes ferrugineux (magnétite et ilménite) s'entourent fréquemment de bandes limoniteuses d'un rouge assez vif et paraissent encore avoir provoqué la production de petites paillettes de biotite brunâtres, très dichroïques, qui se voient de préférence autour du fer titané.

L'anorthite, de même que l'augite, est peu altéré. Ses cristaux, qui ne s'écartent guère des dimensions microscopiques, sont toujours très allongés et composés de plusieurs lamelles hémotropes. Il ne joue jamais qu'un rôle secondaire ; souvent il est rare et finit même par manquer complètement. C'est ce que nous avons vu dans les péridotites, qui ne forment en réalité que des accidents très restreints au milieu des serpentines de la rivière du Mât.

Les modifications subies par ces roches sont tellement variées, qu'il est difficile de les résumer ici. Je me propose d'ailleurs d'en faire l'objet d'une étude spéciale. Elles sont d'autant plus riches en péridot et d'autant plus altérées qu'elles sont plus anciennes. De nouvelles combinaisons cristallines, d'origine secondaire, s'y

sont produites, soit à l'aide d'éléments empruntés à la roche même par voie de décomposition, soit avec le concours d'éléments nouveaux introduits accidentellement (zéolithes, calcédoine, opale, etc.).

Basaltes à zéolithes. -- Ce dernier caractère est surtout très accusé dans les basaltes noirs, vacuolaires et zéolithiques du bras de Cilaos, qui se différencient sans doute des précédents par certains détails de leur structure et de leur composition, mais qui forment cependant leur suite naturelle.

Les dykes nombreux qui les traversent ne paraissent pas avoir exercé sur eux d'actions de contact très appréciables. Les roches de remplissage de ces accidents sont en général peu variées, et le plus souvent de nature basaltique. Je dois cependant rappeler ici que nous avons rencontré, à deux reprises différentes, dans les cirques de Cilaos et des Galets, des filons de véritables trachytes, c'est-à-dire de roches à sanidine, au milieu de cette série basique (1).

Mais ce sont là des exceptions, et je ne crois pas qu'on puisse en conclure à un changement brusque de la composition du magma fluide interne pendant cette période. Ces faits isolés tiennent plutôt à des influences qui se sont faites localement sur

(1) Ces éruptions de roches acides ont dû se faire à différentes reprises; ce serait un intéressant sujet d'études que de rechercher les relations qu'elles peuvent avoir entre elles. Nous en avons vu de nouveaux exemples sur le littoral de l'Étang-Salé, dans ces sanidinites et ces trachytes à augite qui affleurent sous les dunes au-dessus des laves basaltiques de la côte.

Dans la plaine de Belouve, au-dessus du rempart de la Fenêtre, à l'entrée du cirque de Salazie, j'ai de même remarqué des tufs ponceux qui sont superposés à toute la grande masse des basaltes, et, de son côté, Von Drasche a signalé, sur le revers opposé du cirque, au sommet de la plaine de Chicots, des sanidinites analogues à celles du lac Laach.

le trajet de la matière fondue pendant son ascension, ou tout au plus à la surface du bain. L'eau, aidée de la chaleur, peut produire, par oxydation, de semblables phénomènes; son action semble du reste bien indiquée, dans un de ces filons, par la présence du quartz libre, ce *témoin de la voie humide*, comme l'a si heureusement dit M. Daubrée (1).

Laves doléritiques à anorthite. — Ces laves, dont je n'ai cité qu'un exemple dans les rampes du Bénard (p. 233), doivent prendre dans toute la chaîne des Salazes un développement considérable, si l'on en juge par la nature des éboulis au pied de ces escarpements, ainsi que par le nombre et la dimension des blocs roulés qu'on en trouve dans le cours supérieur de la rivière des Galets. Il importe donc que nous les citions maintenant à leur date, en insistant sur leur composition et sur leur structure remarquable.

Toutes varient peu dans leur composition minéralogique et se trouvent caractérisées par une belle structure porphyroïde, principalement due au grand développement des cristaux anciens d'anorthite, qui peuvent atteindre jusqu'à 0^m,01 de côté. Ces cristaux se présentent avec un faible éclat vitreux, rarement intacts, le plus souvent arrondis et brisés. Au microscope, ils apparaissent avec des macles multiples et se composent d'un grand nombre de lamelles de dimensions très inégales, qui tantôt sont accolées suivant la loi de l'albite, tantôt et le plus souvent montrent ces réseaux à angle droit qui résultent de la combinaison de la macle précédente avec celle du péricline. (Les *fig. 1* et *2* de la *Pl. II* en reproduisent deux beaux exemples, vus, sous les nicols croisés, à un grossissement de 250 fois.) Ils sont disséminés au

(1) *Études sur le métamorphisme*, p. 105.

milieu d'un magma cristallin de consolidation récente, dont les éléments, réduits à l'état microlithique, se composent de magnétite en petites sections quadratiques, de cristaux d'anorthite allongés, rarement maclés, de petits prismes brisés d'une augite verdâtre, non dichroïque. Le péricote y existe également, comme élément ancien, à l'état de gros cristaux arrondis, plus ou moins altérés.

Ces laves présentent ainsi deux phases de consolidation bien distinctes; les grands cristaux d'anorthite et de péricote sont bien évidemment antérieurs à la production des cristaux microscopiques du magma; ils ont dû prendre naissance alors que la roche était encore à l'état vitreux, comme on en trouve la preuve dans les quelques inclusions de matière amorphe qu'ils renferment.

Basaltes francs. — Sous cette dénomination je comprends toutes ces grandes coulées basaltiques, le plus souvent prismées (*fig. 25*), qui forment les gorges profondes, si pittoresques, au fond desquelles s'échappe la rivière du Mât dans son cours inférieur.

Leur texture et leur composition minéralogique sont celles des véritables basaltes (feldspat-basalt) (¹). Les échantillons les plus nombreux que j'en possède sont à base d'anorthite, d'autres renferment du labrador, quelques-uns présentent enfin un mélange de deux espèces feldspathiques.

Ils représentent encore une longue et importante période pendant laquelle, si l'on en juge par l'étendue, l'épaisseur et la régularité des coulées, les éruptions ont dû se faire à travers de larges ouvertures, aujourd'hui détruites ou recouvertes par les produits éruptifs plus récents.

Ces derniers produits, constitués par des coulées de laves

(¹) *Pl. IV, fig. 1.*

minces, si on les compare aux précédentes, dont l'épaisseur peut dépasser 10 mètres, qui alternent avec des lits plus ou moins développés de matériaux fragmentaires, ont la plus grande analogie avec ceux rejetés par le volcan actuel. J'ai déjà dit que tout le chapeau supérieur du massif du Gros-Morne en était formé; de là ils semblent s'être étendus sur toute la partie ancienne de l'île, pour la recouvrir à la manière d'un manteau épais. Sa composition paraîtrait ainsi bien uniforme si nous n'avions maintenant ces grandes découpures qui, interrompant cette monotonie, nous permettent de jeter un regard sur les produits complexes qui l'ont successivement édifiée.

Ils appartiennent à une dernière phase éruptive, au début de laquelle nous pouvons nous représenter l'île sous une forme arrondie, régulièrement conique, et terminée par ce vaste cratère central dont j'ai plusieurs fois parlé et dont les restes sont si évidents au sommet du piton des Neiges (3069 mètres), qui peut être considéré comme une lèvre, restée debout, de ce foyer ancien (1).

Toutes les roches que nous venons d'examiner sont d'origine récente; les caractères tirés de leur structure, les diverses particularités de leur gisement, leur mode de formation, tout indique qu'elles appartiennent à cette phase éruptive qui ne remonte pas au delà des époques tertiaires. Mais leur âge absolu ne peut être défini en l'absence de toute roche sédimentaire.

En résumé, les observations que j'ai pu faire dans chacune des grandes vallées circulaires du massif ancien m'ont conduit aux résultats généraux suivants :

1° Les parties centrales et anciennes du massif sont formées de

(1) Voir *Pl. XIV* et *XV*.

roches augitiques à plagioclase (*andésites à oligoclase*, puis *andésites à labrador*), qui, entourées ou recouvertes par les produits éruptifs plus récents, n'affleurent qu'en des points très isolés à la base des escarpements.

2° Les éruptions suivantes ont donné des roches encore pyroxéniques, mais dans lesquelles ce silicate ferrugineux devient de plus en plus magnésien (*hyperstène, diallage*) (*hypersténites, granitones*) et s'accompagne d'un autre élément magnésien, plus basique encore (*péridot*) (*gabbros à olivine*), qui bientôt prédomine et persiste seul (*péridotites et serpentines*).

3° Ces dernières roches semblent avoir servi de prélude à une grande période basaltique qui vient ensuite, et pendant laquelle, au début, les produits sont encore massifs, très chargés en péridot, serpentinisés ou plus ou moins modifiés (*basaltes péridotiques et basaltes à zéolithes*), puis qui se termine par de vastes épanchements basaltiques en nappes (*basaltes francs, basaltes prismés*). Entre ces deux phases d'une période éminemment basique sont venues au jour, mais d'une façon tout à fait accidentelle, à travers d'étroites fissures, des roches à sanidine (*trachytes* du Bras-Rouge et de la rivière des Galets).

4° Enfin des *laves basaltiques*, dont l'apparition est liée à celle d'un vaste cratère central établi au sommet de l'île primitive, sont venues recouvrir toutes les roches précédentes à la manière d'un manteau uniforme. Elles ont dû se déverser principalement vers l'est; tous les phénomènes volcaniques se sont ensuite déplacés dans cette direction.

Ces événements se sont succédé sans révolution brusque et pour ainsi dire sans interruption; ils représentent ainsi une longue période éruptive continue qui peut se subdiviser en trois phases successives, d'importance et de durée bien inégales :

Phase pyroxénique et diallagique (émission des augites-andésites et des roches à diallage).

Phase basaltique ou péridotique (serpentes, péridotites, basaltes riches en péridot).

Phase volcanique (laves basaltiques; ère des volcans à cratère),

correspondant chacune à des modifications essentielles dans la composition, la texture et le régime des matériaux épanchés.

Elles indiquent les traits principaux de l'histoire géologique de ce massif complexe; mais j'ai hâte d'ajouter que c'est là seulement une première esquisse qui demande à être complétée par de nombreuses études de détail.

Il est, en effet, bien certain que, dans un exposé aussi rapide, je suis loin d'avoir pu envisager tous les phénomènes qui ont pris jadis cette région pour théâtre, et les études qui précèdent ne peuvent même donner qu'une faible idée de leur complexité.

DESCRIPTION DES ILES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM.

HISTORIQUE.

Saint-Paul et Amsterdam, situées pour ainsi dire sous le même méridien (75 degrés longitude est), entre le 37^e et le 38^e parallèle sud (1), constituent un petit groupe d'îles très isolées, perdues au milieu de l'océan Indien, à plus de 500 lieues de toute espèce de terre. Ce sont des terres hautes, absolument désertes et toujours embrumées, qui sont à peine distantes de 42 milles entre elles (2).

Leur découverte fort ancienne, attribuée à tort, tantôt à Van Diemen (1633), tantôt à Van Vlaming (1696), date en réalité du célèbre voyage autour du monde de Magellan. Ce sont, en effet, les compagnons du grand navigateur portugais qui, le

(1) SAINT-PAUL. { Lat. S. par la hauteur méridienne de 82 étoiles : 38° 42' 50".
Lg. E. par 8 culminations lunaires : 75° 11' (comm^t Mouchez).
AMSTERDAM. { Lat. S. 37° 48' 50". } (comm^t Mouchez).
Lg. E. 75° 23', m. P. }

(2) L'histoire de la découverte des îles Saint-Paul et Amsterdam a été soumise aux plus vives controverses. J'ai cru devoir faire précéder leur description géologique par un résumé succinct de tous les documents que j'ai pu réunir à leur sujet.

Je dois à ce propos des remerciements tout particuliers à M. Carrière, professeur et bibliothécaire à l'École des langues orientales vivantes, qui a bien voulu me guider dans ces recherches et mettre à ma disposition les riches collections de récits de voyage contenues dans la bibliothèque confiée à ses soins.

18 mars 1522, pendant leur voyage de retour en Europe sur la *Victoria*, sous les ordres de Sébastien del Cano, virent pour la première fois la plus grande et la plus haute des deux îles, celle que nous nommons aujourd'hui *Amsterdam*.

Après avoir côtoyé Timor, la *Victoria*, pour achever le tour du monde, s'était dirigée vers le cap de Bonne-Espérance. La route était l'ouest-sud-ouest. La navigation ne présenta rien de remarquable jusqu'au mardi 18 mars; mais, ce jour-là, le bâtiment, par 37°35' de latitude sud, se trouva en vue d'une île très haute, qui n'avait pas encore été signalée, ainsi qu'en fait foi le passage suivant, remarquablement précis, du journal de Francisco Alvo, pilote de la *Victoria* :

A los 18 del dicho, tomé el sol en 49 grados y medio; tenia de declinacion 2°55'; el altura vino a ser 37°35'; y el dia fue martes, y tomando el sol vimos una isla muy alta y fuimos a ella para surgir y no podimos tomarla, y amainamos y estuvimos al reparo hasta la mañana; y el viento fue oeste, y hicimos otro bordo de la vuelta del norte con los papahigos; y esto fue a los 19 del dicho, y no podimos tomar el sol; estabamos con la isla este oeste, y ella esta en 38 grados de la parte del sur, y parece que esta deshabitada, y no tiene arbolado ninguno, y bosa obras de 6 legas.

Le 18 dudit mois, pris le Soleil à 49 degrés et demi; la déclinaison était 2°55'; la latitude se trouva être 37°35'; c'était le mardi, et, au moment où nous prenions le Soleil, nous vîmes une île très haute; nous nous dirigeâmes pour y mouiller; nous ne pûmes l'atteindre; nous amenâmes les voiles et restâmes en panne jusqu'au lendemain; le vent était ouest; nous prîmes l'autre bordée au nord sous les voiles de cape; c'était le 19 dudit mois, et nous ne pûmes prendre le Soleil; nous étions est et ouest avec l'île; elle se trouve par 38 degrés de latitude sud, paraît être inhabitée, ne présente aucun arbre, et peut avoir une circonférence d'environ 6 lieues.

[NAVARETTE, *Collecion de Documentos (Journ. de Franc. Alvo)*, t. IV, n° 22, p. 218.]

Il ne saurait y avoir de doute, la position en latitude, la hauteur de l'île, sa circonférence estimée, tout se rapporte à l'île Amsterdam. C'est aussi l'avis de lord Stanley, qui a traduit en anglais, dans les Mémoires de l'Hackluyt Society, le Journal d'Alvo, à la

suite de la relation du voyage de Magellan par le chevalier Pigafetta.

A son retour en Espagne, del Cano fit partie d'une Commission chargée par le roi d'Espagne de fixer les nouvelles découvertes géographiques dues à ce voyage célèbre. Est-ce lui qui baptisa du nom de *Saint-Paul* l'île mentionnée dans le Journal d'Alvo? Le major Leupe, qui a donné récemment (1866) une histoire très complète de ces deux îles (¹), histoire à laquelle nous empruntons une grande partie de ces détails, le pense ainsi; mais on ne voit ni dans la date de la découverte, ni dans aucune circonstance du voyage la raison de cette dénomination. Il est plus probable qu'un autre navigateur, portugais sans doute, reconnut l'une de ces îles vers la même époque et lui donna le nom de son bâtiment. On en trouve la preuve dans le *portulan* manuscrit d'Evert Gysberth (1599), qui présente, à cette latitude, une île avec cette mention : *T. q. descobrio o náó S. Paulo* (²). Cette dénomination viendrait ainsi du nom du navire découvreur.

Quoi qu'il en soit, cette découverte ne s'était guère répandue; nous voyons, en effet, le commandeur Hendrik Brouwer, à la suite d'un voyage du Texel à Bantam en 1610, conseiller aux navires qui se rendent aux possessions néerlandaises dans l'Inde, et qui jusqu'alors passaient à l'est du Cap, en dedans des Mascareignes, de courir plus au sud, pour venir chercher entre le 36° et le 44° degré de latitude sud les grandes brises d'ouest, et de laisser porter dans l'est pour remonter ensuite directement, parce

(¹) *Verhand. en Berigten betrekkelijk het Zeevezen en de zeevaartkunde*, dor J. Swart, n° 3, 1^{er} afd., p. 219-243; 1866.

(²) Ce document précieux, construit sur parchemin, fait partie des collections de la Bibliothèque nationale. Il figurait en 1875 à l'exposition du Congrès international des sciences géographiques.

que dans tout cet espace, dit-il, la mer est *libre* et qu'on n'a pas à y craindre la rencontre de bancs de sable ou d'îles dangereuses.

Plus tard, dans l'automne de 1617, un navire hollandais, le *Zeewolf* (loup marin), commandé par Harick Claesz d'Hillegom, qui suivait la route indiquée pour se rendre à Bantam, vint tout à coup, par un temps brumeux et sombre, atterrir sur la plus méridionale des deux îles (Saint-Paul). « Comme elle ne se trouve sur aucune carte, écrivit le capitaine au directeur de la Compagnie des Indes en lui signalant sa découverte, nous lui avons donné le nom du *Zeewolf*. Elle se trouve à 38° 40' de latitude sud, à environ 860 milles du cap de Bonne-Espérance (1). »

A la même époque, Adriaen de Wale, sur le *Tertolen*, apercevait celle située plus au nord et lui donnait également le nom du bâtiment qui le portait. Mais ces désignations ne furent pas adoptées, car, dans les instructions pour les navires qui se rendent de la Hollande à Java, nous voyons, à la date du 7 dé-

(1) Le major Leupe (*loc. cit.*, p. 247) cite une lettre du subrécargue de ce navire, qui donne quelques détails intéressants à ce sujet. J'en extrais les passages suivants :

« Sur notre route, dans l'est, nous découvrîmes le 19 avril, par un temps tout à fait brumeux, une nouvelle île. Elle se trouvait tout au plus à 1 mille de nous, à notre grand étonnement, car nos cartes ne marquaient qu'une mer libre.... Nous laissâmes alors porter et courûmes tout le long de la partie méridionale, pour chercher à y débarquer, afin de faire de l'eau. Elle avait 1 $\frac{1}{2}$ mille de long environ sur autant de large; passablement haute, elle paraissait tout à fait verte. La côte était escarpée, sans plages et environnée de forts brisants, de sorte que, ne voyant aucune chance d'y aborder ou même d'ancrer, nous continuâmes notre voyage.... A l'angle nord-ouest, il y avait un rocher isolé qui ressemblait à peu près à une *meule de foin*.

» S'il y a de l'eau sur cette île, le Seigneur Dieu le sait ! Pour moi, je suppose qu'elle est inhabitée. Elle est située par 38° 50' de latitude sud et, d'après l'estime, à 900 milles du Cap.

» A notre arrivée, nous avons appris que le *Tertolen* avait découvert, sur cette même route, par 37° 40', une autre île à laquelle il avait laissé son nom. »

cembre 1619, qu'une île du nom de *Saint-Paul* est signalée par 38 degrés de latitude sud à 700 milles environ dans l'est du Cap, et qu'il est bien recommandé de veiller attentivement dans ces parages, afin de ne pas tomber inopinément sur elle.

A partir de 1618, les navigateurs étaient donc parfaitement renseignés sur l'existence des deux îles; mais toutes deux ne furent en réalité bien connues, et leur position ainsi que leur dénomination fixées d'une façon bien précise, qu'en 1633. A cette date, le gouverneur Van Diemen, en se rendant aux Indes, passa entre les deux et laissa à celle du nord le nom du bâtiment qui le portait, *New-Amsterdam*, celle située plus au sud étant, dit-il, l'île *Saint-Paul*.

Jusqu'alors personne ne les avait encore abordées. Le navigateur hollandais Willem van Vlaming les visita toutes deux, pour la première fois, en 1696, et c'est sans doute à cette circonstance qu'il doit d'avoir longtemps passé pour les avoir découvertes, tandis qu'il avait, en réalité, reçu dans ses instructions l'ordre de s'y arrêter, avant de se rendre à la Terre du Sud (l'Australie), afin d'examiner leur situation et d'y rechercher les traces d'un bâtiment, le *Ridders chap van Holland*, qu'on supposait s'y être perdu, en 1695, pendant une traversée du Cap à Batavia.

Le journal de cette expédition ⁽¹⁾ contient peu de renseignements sur Amsterdam, mais on y trouve des détails très intéressants sur l'état de l'île Saint-Paul à cette époque. Le vaste cratère immergé qui occupe la partie centrale se trouvait alors complètement fermé et ne communiquait pas directement avec

(1) Voir *Histoire des Sévarambes*, peuples qui habitent une partie du troisième continent, ordinairement appelé « Terre australe », composée en français par Denis Vairasse d'Allais (Paris, 1677-1679), et VALENTYN, *Oud en Nieuw Oost-Indien* (Amsterdam, 1724-1726; III^e Partie : *Description de Banda*, p. 68-71).

la mer comme aujourd'hui; une digue peu élevée, mais continue, s'étendait au travers de l'échancrure du nord-est; il fallut haler les embarcations à terre et les faire passer par-dessus les galets pour explorer le lac intérieur.

D'après Valentyn, Van Vlaming assigna aux deux îles les positions suivantes :

Saint-Paul : 38°40' latitude sud ; 95°44' longitude est (méridien de l'île de Fer).

Amsterdam : 37°44' latitude sud ; 95°44' longitude est (méridien de l'île de Fer).

La date de la découverte des deux îles et leur position se trouvant ainsi fixées, je vais maintenant passer rapidement en revue les principales relations de voyage qui mentionnent à leur sujet quelque détail intéressant.

1754. — Un Hollandais, Godlob Silo, à bord du *Drie Heuvels* (trois collines), relâche à Saint-Paul pour y faire de l'eau. Il donne de l'île une description détaillée et signale les changements qui se sont produits depuis le voyage de Van Vlaming. La digue, entre les deux falaises du nord-est, est encore continue; il la trouve couverte de loups marins (otaries), au travers desquels il est obligé de se frayer un passage pour arriver jusqu'au cratère. (Major LEUPE, *loc. cit.*, p. 20.)

1789. — A cette date, le *Mercury*, capitaine Henri Cox, vient mouiller devant Saint-Paul. La passe est alors ouverte (le lac intérieur communique avec la mer), mais elle est peu profonde, et les canots du navire s'échouent en voulant la franchir (1).

(1) According to Vlaming, there was no opening from the sea into this bason in his time; at present however, there is a bar that we struck upon in going in, but some of the people jumping out of the boat easily pushed her over. This indeed is not

Le lieutenant Georges Mortimer, à qui nous devons un récit de ce voyage, intervertit les noms des deux îles, et cette méprise singulière, attribuée par erreur au capitaine Cook (1), amène bientôt une confusion telle, que les traits si caractéristiques et si différents de l'une et de l'autre sont dès lors entremêlés de la façon la plus complète.

1792 (28 mars). — D'Entrecasteaux, au début de son voyage à la recherche de La Pérouse, passe sous Amsterdam; il en contourne les côtes sud et sud-ouest d'assez près, et l'ingénieur hydrographe Beautemps-Beaupré fait de l'île un levé sous voiles.

A ce moment elle était en feu; un immense incendie, qui s'étendait à toute la partie est, s'opposait à ce qu'on y pût débarquer, la côte étant partout ailleurs inabordable; une fumée épaisse, qui s'étendait sous le vent jusqu'à une distance de plus de 5 lieues, obscurcissait l'atmosphère et prenait au-dessus des flammes, qu'elle masquait par instants, des teintes cuivrées sinistres.

Quelques auteurs, en rapportant le fait, ont cherché à attribuer cet incendie à une cause volcanique (2), mais il est plus vraisemblable qu'il avait été allumé par les baleiniers américains, qui déjà commençaient à fréquenter ces parages, attirés par l'abondance des otaries et des cétacés. En effet, dans la relation de ce

always to be done as I have since experienced; for in going with out third mate we struck and the surf breaking at the same time over the bar with great fone, the boat was immediatly filled, so that it was with difficulty she was saved. *Observ. and Remarks made during a voyage to the island of Teneriffe, Amsterdam, etc., on the brig Mercury*, by lieutenant G. Mortimer; London, 1791, p. 9.

(1) LABILLARDIÈRE, *Relation du voyage à la recherche de La Pérouse*, t. I, p. 120-123. Paris, an VIII. R. F.

(2) C'est sans doute à cette circonstance que l'île Amsterdam a dû de figurer pendant longtemps sur la liste des volcans actifs.

voyage, Labillardière, attaché à l'expédition comme naturaliste, nous dit qu'à leur retour des mers du Sud ils apprirent à l'île de France que, peu de temps avant leur passage, un bâtiment américain avait déposé sur Amsterdam quelques hommes pour faire la chasse aux veaux marins.

Cependant il est juste d'ajouter que, sur la côte sud-ouest, les naturalistes de l'*Espérance* et de la *Recherche* remarquèrent certains phénomènes, et en particulier des fumerolles, dont l'origine éruptive était incontestable :

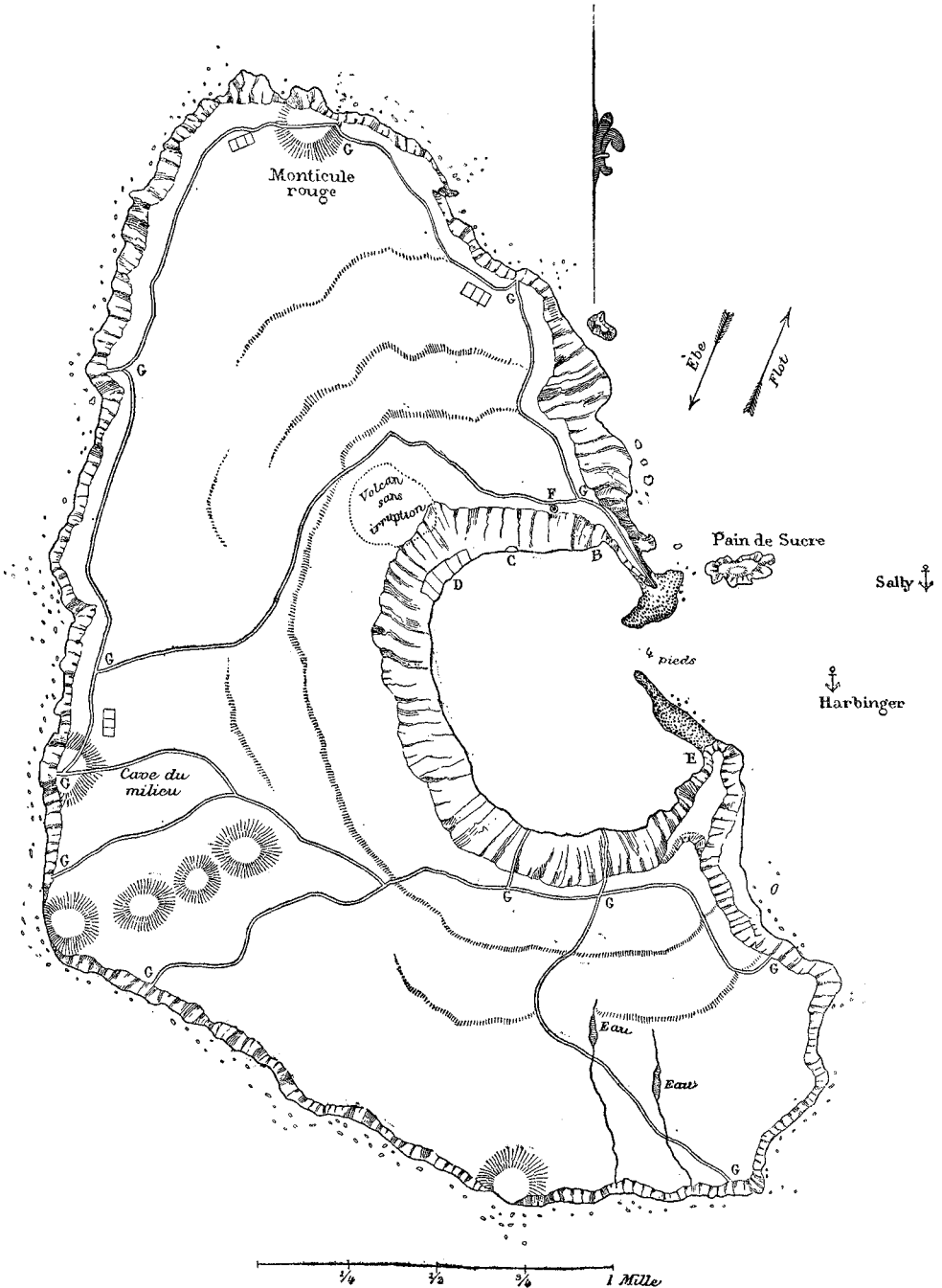
« On a remarqué, le long de la côte que nous avons suivie et d'où les flammes étaient assez éloignées, de petites bouffées de fumée qui semblaient sortir de la terre comme par jets; on n'a pu néanmoins distinguer la moindre trace de feu tout autour, quoique nous fussions très près de la terre (à quatre encablures). Ces jets de vapeur se montrant par intervalles ont paru à MM. les naturalistes être les indices presque assurés des feux souterrains. (DE ROSSEL, *Voy. de d'Entrecasteaux*, t. I, p. 41; Paris, 1808. LABILLARDIÈRE, *loc. cit.*, p. 111.)

1792-1795. — Un marin de Brest, le capitaine Péron, commandant en second le brick de commerce l'*Émilie*, est lâchement abandonné sur Saint-Paul avec quatre matelots. Ces malheureux, délaissés ainsi sur un rocher isolé, y vivent d'une existence misérable pendant près de quarante mois et, dans leur désespoir, finissent par s'armer les uns contre les autres.

Péron, dans ses Mémoires, publiés en 1824 seulement par les soins d'un de ses amis (1), nous a laissé, avec le récit émouvant de ses privations et de ses misères, une excellente description de l'île Saint-Paul, accompagnée d'une Carte remarquablement exacte,

(1) *Mémoires du capitaine Péron*, t. I, p. 171-258. Paris, Brissot-Thivars, 1824.

Fig. 27.



Île Saint-Paul en 1792 (d'après le capitaine Péron).

B, source thermale; C, E, grottes naturelles; D, jardins; F, mât de pavillon; G, G, points accessibles dans les falaises.

que je reproduis ici (*fig. 27*); mais il adopte la nomenclature anglaise et nomme *Amsterdam* le lieu de son séjour forcé. On y trouve des renseignements précieux sur les phénomènes volcaniques dont l'île était alors le théâtre, sur son climat, sur les mœurs des animaux nombreux qui venaient y chercher un refuge. J'aurai, par la suite, plus d'une fois occasion de citer ses remarques intéressantes.

A la même époque (1^{er} juillet 1793), l'île reçoit la visite de lord Macartney, qui, se rendant à l'ambassade de Chine avec les vaisseaux *le Lion* et *l'Hindoustan*, passe en vue de Saint-Paul et vient y débarquer.

Les nombreuses relations que nous possédons de ce voyage (1) renferment un grand nombre d'observations qui intéressent tout à la fois la Géologie et la Zoologie. Lord Macartney et sa suite ne firent pourtant dans l'île qu'une courte excursion, mais ils trouvèrent dans Péron un guide obligeant qui facilita singulièrement leurs recherches en les dirigeant.

J'extrais du récit que nous a donné de cette exploration le secrétaire de l'ambassade, Georges Staunton, les passages suivants, auxquels tous ceux qui se sont occupés de nos deux îles ont fait allusion :

« Quand les vaisseaux furent par le travers de la partie orientale de l'île, ils aperçurent sur la côte une vaste échancrure qui s'élargissait dans le fond et avait la forme d'un entonnoir renversé, présentant du côté de la mer une ouverture très étroite. Au fond

(1) *Voyage de L. Macartney dans l'intérieur de la Chine et en Tartarie*, par G. Staunton; trad. par J. Castéra, p. 268 à 298. Paris, Buisson, an VI, R. F.

Relation de l'ambassade, etc., traduite sur la deuxième édition d'Æncas Anderson, par le traducteur Lallemand, p. 42 à 46. Paris, an IV, R. F.

Voyage à la Chine, par John Barrow, traduit par Malte-Brun, p. 9 à 50. Paris, 1807.

on voyait une crique ou un grand bassin qui communiquait avec la mer par un goulot très peu profond et d'une date récente, puisque le capitaine hollandais Van Vlaming, qui aborda sur cette côte en 1696, rapporte que le bassin n'avait pas de communication avec la mer. Près de la chaussée, maintenant interrompue, la terre s'élève de chaque côté ainsi que tout autour du reste du bassin, et nous trouvâmes, d'après un mesurage trigonométrique, qu'elle avait plus de 700 pieds de haut. Son élévation est en même temps si rapide, qu'elle forme avec l'horizon un angle de 65 degrés.

» Presque de tous les côtés obliques de cet entonnoir, ainsi que sur la chaussée, on trouve, au bord de l'eau, différentes sources chaudes. Le thermomètre Fahrenheit était en plein air à 62 degrés, et, plongé dans une de ces sources, il monta rapidement à 190 degrés. Dans une autre, il s'éleva jusqu'à 204 degrés, et enfin, la boule du thermomètre étant mise dans une crevasse d'où sortait une troisième source, le mercure parvint en une minute au point de l'ébullition de l'eau. D'après différentes expériences faites en plongeant la boule du thermomètre dans les endroits où l'eau jaillissait, on trouve que la chaleur était en général de 212 degrés, et, en creusant à côté une espèce de réservoir, elle s'y conservait à 204 degrés.

» Il est aisé de trouver l'eau chaude sur la chaussée; il ne faut pour cela qu'écarter les pierres là où l'on voit s'élever de la vapeur.

» Il y a en d'autres endroits de la mousse (*marchantia* et *lycopodium*) qui croît avec vigueur et forme de grands lits du milieu desquels, ainsi que du fond de plusieurs crevasses qui sont sur les côtés du grand entonnoir, sort une grande quantité de fumée. En arrachant quelques parties de mousse, on aperçoit au-dessous une espèce de limon chaud, et, en enfonçant la boule du thermo-

mètre dans ce limon, on fait monter subitement le mercure au degré d'ébullition. Quand on approche l'oreille du sol, on entend distinctement au-dessous un bruit semblable au bouillonnement de l'eau.

» Sur les côtés ouest et sud-ouest de cette île, on voit quatre petits cônes réguliers et ayant dans leur centre des cratères où la lave et les autres matières volcaniques ont toutes les apparences d'une formation récente. La chaleur y est encore si grande et il sort de leurs nombreuses crevasses tant de vapeurs élastiques, qu'il n'y a nul doute qu'ils n'aient été naguère dans un état d'éruption. Dès que le thermomètre était appuyé à leur surface, il montait à 180 degrés, et, quand on l'enfonçait dans les cendres, il parvenait jusqu'à 212 degrés. Il se serait sans doute élevé plus haut, mais, l'échelle n'étant graduée que jusqu'au point qui indique l'eau bouillante et la largeur du tube étant proportionnée à cette ascension, on le retirait promptement, de peur qu'une plus grande expansion du mercure ne brisât le verre.

» La terre tremblait sous les pas, et, en frappant avec une pierre, on l'entendait retentir en dessous. La chaleur était si forte, que lorsqu'on restait un quart de minute sans marcher on sentait ses pieds brûler.

» Presque au centre de l'île est un endroit d'environ 200 pas de long sur un peu moins de large, où l'on ne peut passer qu'avec beaucoup de précaution. On dit que c'est là que prend naissance une source d'eau chaude qui roule dans les interstices de la lave jusqu'auprès du grand cratère et jaillit un peu au-dessus de l'étang qui en remplit le fond. La chaleur est trop forte en cet endroit pour y permettre aucune végétation. Il est couvert d'une espèce de bourbe visqueuse, formée par les cendres qu'humecte sans cesse la vapeur des eaux qui sont au-dessus. Quand on remue

cette boue, la vapeur en sort avec violence et quelquefois très abondamment. Elle est si chaude, qu'un des voyageurs, y étant entré par inadvertance, en eut le pied tout brûlé.

» Les causes qui se sont opposées à la végétation en cet endroit ont produit le même effet sur les quatre nouveaux cônes. Leur surface n'est couverte que de cendres, et la lave répandue aux environs n'offre pas la moindre apparence de mousse, ce qui prouve que son éruption est récente.

» ... Tous les réservoirs, ainsi que les sources chaudes, à l'exception d'une seule, sont saumâtres; celle-là prend naissance sur les bords les plus élevés du cratère. Son eau ne monte pas en bouillant à travers les pierres et la bourbe comme celle des autres; elle descend au contraire avec vitesse et forme un petit ruisseau dont la chaleur n'excède pas 112 degrés. Cette eau est très ferrugineuse. Les flancs du rocher dont elle descend et le bassin où elle se ramasse sont incrustés de l'ocre qu'elle dépose. Les marins qui séjournent dans l'île ne boivent pas d'autre eau et n'en éprouvent aucun inconvénient; l'habitude les empêche de la trouver désagréable.

» L'île est dans un si grand état d'embrasement souterrain, qu'en la contemplant du pont du vaisseau nous voyions sur les montagnes des flammes qui sortaient de différentes crevasses et qui étaient plus considérables, mais d'ailleurs telles que celles qu'on remarque à Pietra-Mala, entre Florence et Bologne, ou que celles qu'occasionnent parfois près de Bradly, dans la province de Lancastre, les incendies des mines de charbon. Pendant le jour nous n'apercevions que de la fumée. » (*On authentic account of an Embassy from the king of Great Britain to the emperor of China...*, taken chiefly from the papers of H. E. the earl of Macartney.... by G. Staunton. London, 1797. Traduit par Castéra.)

Le nombre de voyageurs qui sont venus reconnaître ces deux îles, placées sur la grande route de l'Australie et des Indes, ou qui n'y ont fait qu'une courte relâche, devient ensuite considérable; mais leurs relations ne renferment, avec quelques renseignements hydrographiques, que des détails empruntés, le plus souvent, aux récits antérieurs. Je n'essayerai donc pas d'en présenter ici une énumération, qui serait longue et dénuée d'intérêt, je signalerai seulement le voyage de l'amiral Cecile, qui, envoyé en mission sur la frégate *l'Héroïne* pour protéger la pêche de la baleine dans l'hémisphère austral, vint en 1837 mouiller devant Saint-Paul, après avoir longé la côte est de l'île Amsterdam. On lui doit d'avoir fait cesser l'incertitude qui régnait encore au sujet de leur position exacte, les routiers français plaçant, par exemple, celle située le plus au sud par $75^{\circ},5$ longitude est, méridien de Paris, tandis que celui d'Horsburg lui donnait une longitude plus orientale : $75^{\circ},35$.

Voici le résultat des observations faites à bord de *l'Héroïne* :

ILE AMSTERDAM.	{	Latitude sud, $37^{\circ} 46'$.
Observ. rapportées à la pointe nord.	}	Longitude est, m. P., $75^{\circ} 15'$.
ILE SAINT-PAUL.	{	Latitude sud, $38^{\circ} 42'$.
Observ. rapportées au Nine-Pin.	}	Longitude est, m. P., $75^{\circ} 11'$.

Elles étaient alors fréquentées presque tous les ans par des baleiniers américains et anglais, qui souvent y laissaient pendant un certain temps quelques hommes pour faire la chasse aux otaries, dont la fourrure était très estimée en Chine ⁽¹⁾. Ces animaux s'y trouvaient, en effet, par troupeaux innombrables.

(1) Déjà en juillet 1792, le capitaine Péron, dont j'ai parlé plus haut, signale sur Amsterdam une cabane en pierres sèches construite par des pêcheurs de loups marins; il rencontre, en arrivant à Saint-Paul, un bâtiment anglais, le *Noolka*, capitaine

Puis ce furent des pêcheurs, attirés par l'abondance extrême du poisson dans leurs parages, qui vinrent les visiter et s'y établir à différentes reprises. Saint-Paul, à cause de son accès plus facile et surtout de son port naturel, où les bâtiments de faible tonnage pouvaient trouver un excellent abri, fut choisie de préférence; aussi, dès 1820, nous voyons qu'un navire de guerre anglais, le *Clyde*, capitaine Blair, trouve sur l'île un Français et trois nègres qui préparaient du poisson, qu'une goëlette de Maurice venait prendre tous les ans.

Cette première tentative d'exploitation fut de courte durée, et la véritable occupation de ces îles date en réalité de 1843; elle est due à un négociant de la Réunion, M. Camin, qui, après les avoir fait explorer à ses frais, en obtint la concession pour y fonder un établissement de pêche. Sur ses instances et sous la préoccupation des avantages que l'occupation de ces îles pouvait avoir pour la France, le gouverneur de la Réunion crut devoir en prendre possession et y faire arborer le pavillon national, en les plaçant sous le commandement d'un capitaine au long cours français, Polonais d'origine, Adam Mieroslowski, qui était associé à cette entreprise (1).

Mais le gouvernement métropolitain ne voulut pas ratifier cette prise de possession; il fit substituer le pavillon du protectorat au

Wamsley, qui venait reprendre sur l'île sept hommes occupés depuis dix-sept mois à préparer une cargaison de ces peaux.

Vers la même époque, quand lord Macartney vint débarquer à Saint-Paul, Georges Staunton rapporte qu'on ne marchait que sur des squelettes d'otaries; l'air en était empesté.

(1) *Prise de possession des îles Saint-Paul et Amsterdam*, 1^{er} et 3 juillet (extrait du journal du navire *l'Olympe*) :

« Nous soussignés, Dupeyrat, capitaine au long cours, commandant *l'Olympe*, commissionné par l'arrêté du 8 juin de M. le gouverneur de l'île Bourbon afin de

pavillon national, et les quelques soldats d'infanterie de marine qui composaient le poste d'occupation furent rapatriés (1).

Livrée à ses propres ressources et grevée déjà par des opérations commerciales malheureuses, cette société ne put couvrir les frais que nécessitait l'exploitation de l'établissement qu'elle venait de fonder (2), et les pêcheries de l'île Saint-Paul passèrent successivement dans des mains diverses, qui ne furent pas plus heureuses, avant d'être définitivement abandonnées par suite de la perte des bâtiments affectés au transport de leurs produits (3).

prendre possession, au nom de la France, des îles Saint-Paul et Amsterdam;

» Adam Microslawski, également commissionné afin de prendre le commandement des deux îles aussitôt leur prise de possession :

» Attestons de ce jour, 3 juillet 1843, prendre possession, au nom de la France, de l'île Saint-Paul, et y arborer le pavillon national sur la digue du nord-ouest en présence de la garnison sous les armes, qui a rendu les honneurs d'usage.

» Attestons de plus laisser à l'île Saint-Paul M. Ad. Microslawski, à titre de chef de ces îles, avec le détachement d'infanterie de marine pour garnison, etc., etc.

A l'île Saint-Paul, au pied du mât de pavillon, 3 juillet 1843. »

(L'acte de prise de possession d'Amsterdam, qui est identique, date du 1^{er} juillet.)

(1) Par une dépêche ministérielle en date du 8 avril 1844.

(2) Cet établissement, formant un commencement d'occupation très important, se composait de cinq grandes constructions en pierres sèches se développant sur une étendue de 50 mètres, d'une grande maison en bois, apportée de la Réunion, servant de magasin pour le poisson salé, les gréements et les ustensiles de pêche, d'un autre magasin situé sur la chaussée nord, près du mât de pavillon, de divers hangars pour préparer et saler le poisson, enfin de citernes pour conserver l'eau de pluie.

Le matériel de pêche comprenait : deux goëlettes de 80 tonneaux, *la Julie* et *la Mouche*; un brick, *le Souvenir*, d'égale importance; deux chaloupes à voiles de 10 tonneaux, une autre chaloupe plus petite, avec cinq baleinières.

Enfin le personnel se composait de quarante à quarante-cinq hommes, dont vingt-huit pêcheurs et apprentis, douze à quinze marins, avec un poste militaire de cinq soldats du 3^e régiment d'infanterie de marine.

(3) *La Julie*, presque au début de l'entreprise, en avril 1844, *le Souvenir* en 1847, *la Mouche* en 1850.

Si l'on voulait rechercher les causes premières de l'insuccès de ces entreprises, il faudrait assurément les voir dans le peu d'encouragement accordé par le gouvernement aux tentatives d'occupation des deux îles faites à diverses reprises par nos nationaux ; et pourtant les avantages offerts par cette occupation étaient considérables. Elles forment un poste avancé dans l'océan Indien et se trouvent être l'unique point de relâche qu'on rencontre dans plus de 2000 lieues de haute mer. Saint-Paul, à cause de sa configuration naturelle, pouvait être facilement transformée en un port de refuge d'une utilité incontestable dans des parages inhospitaliers, sur une route aussi fréquentée ; il suffisait de rendre praticable, en la creusant de 5 à 6 mètres, la passe qui donne déjà accès dans le lac intérieur aux embarcations et aux bâtiments d'un faible tirant d'eau. Que de désastres, que d'infortunes peut-être, eussent été ainsi évités ! L'importance commerciale des deux îles était encore plus grande et surtout plus immédiate : elles devaient fournir à notre colonie une grande partie du poisson qui forme la base principale de l'alimentation des créoles et des affranchis. Ce poisson, qu'elle est maintenant obligée de tirer de Terre-Neuve, ne lui arrive que difficilement dans de bonnes conditions, et toujours à un prix relativement élevé, à cause du grand éloignement ⁽¹⁾.

On doit à Mieroslawski, ainsi qu'à M. Heurtevent, qui lui succéda en 1849 ⁽²⁾ dans le commandement des deux îles et qui depuis 1853 est resté seul en leur possession, d'excellents rensei-

(1) Le chiffre des importations de Terre-Neuve à la Réunion s'élève en moyenne à 300000 kilogrammes par an ; ce poisson, qui doit être sept mois en route, arrive souvent avarié.

(2) D'après un arrêté du commissaire général de la République à l'île de la Réunion, en date du 8 mars 1849. Cet arrêté confirme de plus le protectorat de la France sur ces îles.

gnements sur leur situation, leur aspect et leur constitution physique. Dans des Rapports adressés soit au Ministre de la Marine directement, soit au gouverneur de la Réunion, ces deux marins, qui avaient fondé de grandes espérances sur l'avenir de ces îlots déshérités, s'efforcèrent, en effet, d'appeler l'attention du gouvernement sur les ressources qu'on en pouvait tirer, et le seul reproche qu'on puisse leur faire, c'est de les avoir souvent dépeints sous un jour trop favorable (1).

Plus récemment, en 1853, un capitaine de la marine marchande, M. Tinot, qui, au début des opérations, avait commandé une des goëlettes de la pêche, donna de Saint-Paul, dans la *Revue coloniale* (2), une nouvelle description, qui mérite une mention particulière; on y trouve, avec des observations météorologiques faites du 1^{er} mai au 30 août 1844, quelques notions, peu rigoureuses à la vérité, mais cependant intéressantes, sur la faune et la flore, ainsi que sur les principales espèces de poissons qui faisaient alors l'objet de la pêche.

Vers la même époque (janvier 1853), un bâtiment hydrographe de la marine anglaise, le *Herald*, capitaine Denham, vint mouiller devant Saint-Paul pour en faire l'hydrographie. Mais la relation de ce nouveau voyage, insérée dans le *Nautical Magazine* de 1854 (3), ne renferme rien de spécial, le capitaine Denham

(1) Ces Rapports ont été publiés en partie dans les *Annales maritimes* de 1844 et de 1846 (*A. M.*, t. III, p. 746; t. LXXXVII, p. 742; t. CII, p. 162 et 542), puis développés dans une étude sur les pêcheries des îles Saint-Paul et Amsterdam, due à M. Textor de Ravisi, officier d'ordonnance du gouverneur de la Réunion (T. DE RAVISI, *Les îles Saint-Paul et Amsterdam*; Saint-Denis, chez Jamin, 1853).

(2) *Rev. coloniale*, 2^e série, t. XI, p. 387 à 404.

(3) *A few days at isle Saint-Paul, with observ. on its condition as found*, by H. M. S. « Herald », captain Denham, in January 1853 (*Nautical Magazine*, 1854, p. 68-75).

s'étant borné à reproduire les descriptions antérieures. La carte levée par les officiers du *Herald*, et publiée en 1860 à l'échelle de $\frac{1}{12000}$ par les soins de l'amirauté anglaise, est elle-même fort inexacte.

Nos connaissances devaient bientôt devenir plus précises, grâce aux expéditions scientifiques modernes. Cinq ans plus tard, en effet, en novembre 1857, la frégate autrichienne *la Novara*, au début de son beau voyage autour du monde, sous les ordres du commodore baron de Wullerstorff-Urbair, s'arrêtait devant Saint-Paul et laissait sur l'île toute une compagnie d'officiers et de savants, au nombre desquels se trouvait un géologue et un voyageur célèbre, Ferdinand de Hochstetter, qui devait en faire une exploration approfondie ⁽¹⁾.

Alexandre de Humboldt, dans des instructions rédigées pour cette grande expédition, n'avait pas manqué d'insister sur l'utilité d'une semblable exploration, en exprimant l'espoir qu'on pourrait résoudre sur un point aussi isolé quelques-uns des problèmes les plus importants de la Physique du globe et de la Météorologie ⁽²⁾.

Il attachait en outre, nous dit M. le docteur Scherzer, histo-

(1) Voici les noms des officiers et des naturalistes qui furent ainsi débarqués : pour l'Astronomie et le magnétisme terrestre, le premier lieutenant Robert Müller ; pour la Géodésie et la Météorologie, l'enseigne de frégate E. Kronowetter ; pour les mesures trigonométriques du bassin du cratère, l'enseigne Battlogg ; pour les recherches relatives aux marées, les sondages dans le bassin, le comte Borelli et le maître pilote Cian ; pour la Géologie et la Physique du globe, le docteur F. de Hochstetter ; pour la Zoologie, G. Frauenfeld et J. Zelebor ; pour la Botanique, le docteur E. Schwarz et le jardinier Jellinek ; pour la Géographie et l'Histoire, le docteur Karl Scherzer ; peintre et dessinateur, Joseph Selleny. Ils étaient accompagnés d'une vingtaine d'hommes d'équipage.

(2) *Reise der Oester. Fregate Novara*, docteur Karl von Scherzer, Volksausgabe, I, Beilagen, p. 216. Vienne, 1869.

riographe du voyage, un intérêt tout particulier à la visite de l'île Saint-Paul. Le 24 août 1853, un navire anglais, le *Meridian*, allant de Londres à Sydney, avait été jeté par un coup de vent sur les récifs sud-ouest de l'île Amsterdam. Les naufragés s'y étaient réfugiés ; puis, après six jours d'angoisses et de cruelles souffrances, ils avaient été recueillis par un baleinier américain, le *Monmouth*, qui les avait transportés à Maurice. Seuls, trois hommes, parmi les cent cinq passagers, le capitaine R. Hermann, un Suisse et un Français, avaient disparu dans ce désastre. On les avait vus s'éloigner dans un canot, et dès lors on pouvait encore supposer qu'ils avaient réussi à gagner l'île voisine.

Cet espoir devait être déçu ; au moment où la *Novara* arrivait au mouillage, les officiers, apercevant une embarcation qui se détachait de l'île pour venir à leur rencontre, se complurent à l'idée que c'étaient là les naufragés attendus, tandis qu'elle n'était, en réalité, montée que par trois pêcheurs qui venaient offrir leurs services. Parmi ces hommes, à l'aspect aussi inculte que celui de leur séjour, se trouvait un Français, du nom de Biot, préposé à la garde de l'établissement de pêche, qui depuis 1841 n'avait cessé de passer tous les ans plusieurs mois sur l'île ; la catastrophe du *Meridian* lui était bien connue, mais il n'avait jamais rien appris sur le sort des malheureux en question.

Les officiers et les naturalistes autrichiens restèrent plus de quinze jours dans l'île ; quoiqu'on fût alors dans la belle saison, des pluies incessantes et des coups de vent violents vinrent pendant tout ce temps entraver leurs travaux. Déjà, au lendemain de leur installation, les constructions en bois rapidement élevées pour abriter les instruments astronomiques et magnétiques avaient été renversées, et la *Novara*, chassée par de brusques rafales, avait été obligée de gagner la haute mer après avoir perdu ses ancres.

Ils purent cependant mener à bien leurs observations, lever de l'île un plan très exact (1) et recueillir des collections qui devaient servir plus tard à nous faire connaître la faune de l'île, sa flore et sa constitution géologique. Sous ce dernier rapport, les travaux de M. de Hochstetter (2) sont des plus importants; je les exposerai en détail dans la description géologique qui va suivre.

Le 7 décembre, dans la matinée, la *Novara* arrivait en vue d'Amsterdam. De Humboldt avait attaché une importance particulière à ce que ce point, qui était resté jusqu'à présent complètement inexploré, fût visité par la frégate.

Depuis Labillardière on savait, en effet, son origine volcanique, mais ses relations avec l'île si rapprochée de Saint-Paul, la nature et la configuration de ses volcans, qui n'avaient jamais été vus que du large, restaient tout autant de problèmes à résoudre. On ignorait même sa forme réelle, la carte de Beautemps-Beaupré (1792) n'ayant donné, avec deux vues, que le tracé de la côte sud et sud-est. De tous les voyageurs que je viens de citer dans le résumé historique qui précède, un très petit nombre y avaient atterri, et jamais leur séjour ne s'était prolongé au delà de quelques heures. Tous étaient d'accord pour signaler les difficultés de son accès et pour la représenter comme couverte d'une végétation épaisse qui empêchait de pénétrer dans l'intérieur.

Les renseignements fournis par les baleiniers et les pêcheurs étaient eux-mêmes peu précis; Textor de Ravisi, dans sa Notice déjà citée, les résume ainsi (p. 74) :

« *Constitution géologique.* — L'île Amsterdam est un ancien

(1) Cette Carte a été publiée en 1862, à l'échelle de $\frac{1}{100000}$, par l'amirauté autrichienne; elle est accompagnée d'un plan en relief fort exact, dû au capitaine Cybulz.

(2) *Annales maritimes*, 184, 4, t. III, n° 28, p. 746.

volcan éteint; elle est de formation beaucoup plus ancienne que Saint-Paul. Outre le grand piton du sommet, des pitons secondaires et de nombreuses cavernes qui se rencontrent sous le sol, des courants de laves que les pluies mettent à nu, accusent partout des traces d'anciennes convulsions volcaniques. Malte-Brun dit qu'une couche de 3 pieds de haut y recouvre la pierre ponce et les laves anciennes.

» *Étendue.* — Cette île est de forme elliptique; elle peut avoir 12 lieues de tour. D'après Mieroslawski, son plus grand diamètre, qui gît est-sud-est et ouest-nord-ouest, est d'environ 11 milles, tandis que le plus petit atteint à peine 8 milles (1). Elle se voit, par un temps découvert, d'une vingtaine de lieues.

» *Aspect.* — Elle est formée d'une haute montagne conique (700 à 800 mètres), qui, par plusieurs contre-forts échelonnés les uns au-dessus des autres, se termine brusquement à la mer dans l'ouest et s'abaisse au contraire graduellement sur une pente douce dans la partie est.

» Le piton, point culminant de l'île, est remarquable par un trou circulaire, de 400 mètres de diamètre, qui se trouve à son sommet. C'est la cheminée d'un cratère éteint, qui sert d'asile à de nombreux oiseaux de mer. Le fond en est rempli d'argile et d'eau; dans la saison des pluies, il forme un grand lac dont le trop-plein déborde en cascades en plusieurs endroits. Là est la source qui alimente plusieurs ruisseaux qu'on rencontre dans les contre-forts de la montagne.

» *Côtes.* — L'accès de l'île est très difficile; les côtes sont fermées par de hautes falaises ou des roches à pic, dont les

(1) *Reise der OÖsterreichischen Fregate Novara um die Erde (Geologischer Theil, p. 39 à 70). Vienne, 1866.*

portions les plus basses n'ont pas moins d'une vingtaine de mètres. »

En 1847, le lieutenant de vaisseau Fiéreck, commandant la corvette *la Zélée*, en mission dans l'océan Indien, avait indiqué dans le nord-est d'Amsterdam un point où le débarquement était sinon facile, du moins praticable par le beau temps. Un énorme bloc de laves, allongé et aplati, qui déborde le rivage et s'avance à 20 ou 25 mètres en mer, forme, en effet, dans cette partie de la côte, une sorte de jetée naturelle dont les embarcations peuvent s'approcher par un beau temps, après avoir mouillé un grappin au large (1).

C'est là que les naufragés du *Meridian* purent s'embarquer sur le *Monmouth*, quand ce dernier, après avoir aperçu leurs signaux de détresse, vint à leur secours.

Au moment où la *Novara* s'approchait d'Amsterdam, le temps était exceptionnellement beau et la mer d'un calme absolu. Malgré ce concours heureux de circonstances favorables qui ne se présente que si rarement dans ces parages inhospitaliers, les embarcations de la frégate ne purent accoster qu'au prix des plus grandes difficultés. Elles n'avaient pas connaissance de la jetée naturelle du nord-est et cherchèrent inutilement pendant toute la matinée, sur les côtes ouest et sud, un point où le débarquement fût possible.

Dans le sud-est, une petite crique, où le ressac ne se faisait pas sentir, permit de s'approcher, et les naturalistes, avec un peu d'adresse, purent sauter à terre sur d'énormes blocs de lave, couverts d'algues et glissants. Malheureusement, les falaises qui se dressaient devant eux, à une hauteur de plus de 200 pieds, étaient

(1) HORSBURG, 6^e édition, app. 47. Rapport du lieutenant Fiéreck.

infranchissables. Elles étaient absolument à pic et se composaient d'une longue alternance de laves et de scories, qui parurent à M. de Hochstetter très analogues à celles qu'il venait d'étudier si soigneusement à Saint-Paul.

En s'élevant dans le nord-est, les Autrichiens purent de nouveau mettre pied à terre et franchir cette fois les coulées de lave, qui s'abaissaient un peu dans cette direction. Mais cette escalade, qui ne fut pas sans dangers, les amena sur un plateau couvert d'une végétation tellement épaisse, que toute tentative d'exploration fut déclarée inutile.

« Une sorte de gros jonc de la hauteur d'un homme, nous dit M. de Hochstetter, ici vert, là desséché, plus loin courbé par le vent, couvre la surface de l'île et rend la marche aussi difficile que dans la plus épaisse forêt vierge. Nous ne pûmes atteindre qu'à grand'peine un petit cône situé à vingt pas du sommet de la falaise que nous venions d'escalader. »

Pendant cette tentative d'exploration, qui, malgré des efforts persévérants, ne fut pas couronnée de succès, le chef de l'expédition, à bord de la frégate, relevait la côte du sud à l'ouest et déterminait sa position :

Latitude S.	37° 58' 30"
Longitude E.	77° 34' 00" (Gr.)

Il obtenait en outre pour la hauteur de deux points les plus élevés les résultats suivants : sommet central, 2784 pieds ; sommet est, 2553 pieds.

Une seconde visite à l'île Amsterdam était projetée pour le lendemain ; mais pendant la nuit le vent s'éleva, le temps devint incertain, et la frégate, dès lors, dut s'éloigner pour continuer son voyage.

Enfin, tout récemment, le 20 août 1873, la frégate anglaise *la Pearl*, sous le commandement du commodore Goodenough, qui devait trouver deux ans plus tard, presque jour pour jour, une fin si malheureuse près des îles Santa-Cruz (1), vint également s'arrêter devant Amsterdam, et le lieutenant, M. Hosken, en profita pour compléter, en l'étendant aux côtes nord et nord-est, le tracé des côtes sud et sud-ouest, levé sous voiles par Beauteemps-Beaupré en 1792.

Cette carte, publiée en mars 1874 par les soins de l'amirauté anglaise, indique pour la première fois la forme générale extérieure de l'île; mais la topographie intérieure, qui paraît n'avoir été faite que d'après des vues de côte prises du large, est absolument inexacte.

La Pearl ne fit, du reste, qu'un très court séjour devant Amsterdam, et le commodore Goodenough, qui descendit à terre avec un seul de ses officiers, ne s'écarta que de quelques centaines de mètres du point de la côte nord-est où il avait débarqué. On trouve dans ses Mémoires, pieusement recueillis et publiés par sa veuve (2), un extrait de son journal de voyage, dans lequel il parle surtout de son étonnement à la vue de jardins plantés de choux, non loin d'une grande cabane abandonnée, solidement construite, qui contenait encore une foule d'objets les plus divers, dont il donne un amusant détail.

Cette cabane était l'œuvre d'un Français, du nom de Heurtin, qui en 1870 s'était fait transporter sur l'île, avec toute sa famille,

(1) Le commodore Goodenough est mort en mer le 29 août 1875, à la suite de blessures occasionnées par des flèches empoisonnées reçues cinq jours auparavant dans la baie de Carlisle (île de Santa-Cruz).

(2) *Memoirs and Journal of commodore Goodenough, R. N., G. B.*, edited by his widow (London, Henry S. King and Co, 1876).

pour y tenter des essais de culture, essais qui n'avaient guère réussi, car une année plus tard il était recueilli par un bâtiment de commerce et rapatrié à la Réunion, où il arrivait dans un état complet d'épuisement.

ILE SAINT-PAUL.

DESCRIPTION GÉNÉRALE.

L'île Saint-Paul est essentiellement volcanique. Sa forme tout à fait caractéristique l'avait indiqué depuis longtemps, car, bien avant les descriptions si précises de M. de Hochstetter, on la regardait déjà comme le type de tous ces volcans insulaires, Santorin dans l'archipel grec, l'Astrolabe et la Déception dans les New-Shetland du sud, dont le cratère se trouve maintenant envahi par les eaux marines.

Toutes les cartes, même les plus anciennes et les plus imparfaites, en donnent une idée suffisamment exacte. C'est une montagne triangulaire, très étalée, tronquée à son sommet par un vaste cratère qui la traverse de part en part et qui communique directement avec la mer, par suite d'une large brèche ouverte dans sa paroi vers l'est. Son aspect est ainsi bien différent suivant qu'on l'aborde par le sud-ouest ou par le nord-est. Dans la première de ces deux directions, elle apparaît comme une terre basse, assez allongée, en forme de tronc de cône, supportée par une ligne continue de falaises noires, très uniformes, environnées de brisants qui en interdisent l'accès. Rien de semblable sur le

revers opposé; là, en effet, deux grandes murailles verticales, qui entament l'île sur toute sa hauteur, se dressent l'une vers l'autre laissant entre elles une large échancrure, au travers de laquelle on aperçoit un vaste bassin entouré d'un rempart circulaire abrupt.

Tous les navigateurs qui se sont approchés de l'île Saint-Paul ont été frappés de la sombre physionomie de cette échancrure singulière; beaucoup s'y sont arrêtés, attirés par le mystérieux attrait de l'amphithéâtre immense dans lequel elle donne accès. Cette partie de la côte est ainsi la plus connue; c'est la seule qui soit abordable. Les navires peuvent y trouver, en face de l'entrée, par le travers d'une grande roche que sa forme régulièrement conique a tour à tour fait dénommer le *Pain de sucre* ou la *Roche-queue* (Nine-Pin Rock), un bon mouillage et un abri contre les vents d'ouest, qui sont dominants et soufflent en tempête la plupart du temps.

L'échancrure a 1500 mètres de large à sa partie supérieure; réduite au tiers seulement au niveau de la mer, elle est encore en partie fermée aux lames par deux jetées de galets qui, partant du pied de chacune des deux falaises, se dirigent vers l'intérieur du bassin en se rapprochant, au point de ne laisser libre qu'un chenal étroit et peu profond, large de 80 mètres, tout au plus, à la marée basse (¹).

(¹) Au moment de notre arrivée, en septembre 1874, cette passe était obstruée par les épaves d'un grand transport anglais, la *Megara*, dont la coque, couchée sur le flanc de tribord, à la pointe de la jetée du nord, débordait de 7 à 8 mètres sur une longueur de 40 mètres. Mais peu de jours après, pendant la tempête qui vint nous assaillir et nous porter à plus de cinquante lieues dans le sud, des lames énormes, en déferlant sur la jetée, soulevèrent ce navire et, le rejetant dans le cratère, en dégagèrent l'entrée.

Autrefois cette communication n'existait pas; une digue continue et de forme convexe s'étendait d'une falaise à l'autre; déjà nous avons vu (p. 276) que Vlaming, quand il mit le pied sur l'île (1696), dut faire haler ses embarcations à terre pour pouvoir explorer « ce lac intérieur dont la merveilleuse beauté l'avait séduit ». En 1754, Godlob Silo, sur le *Drie Neuvels* (trois collines), trouva de même le cratère complètement clos et le décrivit comme une *mer intérieure* fermée au nord-est par une chaussée de galets, large de 60 pas et longue de 900, avec une hauteur de 25 pieds (1).

Plus tard, vers la fin du siècle dernier, un coup de vent d'une extrême violence rompit la digue en son point le plus faible et le canal fut établi. En 1789, Cox constata pour la première fois le changement qui s'était produit depuis Vlaming, mais la passe découvrait encore à chaque marée et les canots s'échouèrent en voulant la franchir. En 1792, Péron lui donne une largeur de 25 mètres avec une profondeur de 4 pieds; ces dimensions étaient déjà doublées au moment de la visite de l'amiral Cecile; enfin, en 1842, Adam Mieroslowski la trouva couverte à marée basse de 0^m, 80 d'eau, sur une largeur de 80 mètres. Elle ne paraît pas s'être modifiée depuis; aussi les embarcations légères et les bâtiments d'un faible tirant d'eau peuvent-ils seuls la franchir par les temps calmes.

Lyell, dans ses *Principes de Géologie*, en discutant la formation du célèbre cratère de Palma, attribue l'état actuel de celui de l'île Saint-Paul d'une part à l'action des vents et de l'autre aux

(1) Cette dernière dimension est assurément fort exagérée; Vlaming doit se rapprocher beaucoup plus de la vérité en n'attribuant à la digue qu'une hauteur de 5 pieds au-dessus de l'eau (le pied hollandais vaut 0^m, 283).

érosions aqueuses, d'après des considérations générales qui ne sauraient trouver d'application ici, car elles y seraient en pleine contradiction avec les faits ('). C'est ainsi que la partie échancrée du cratère, loin d'être au vent, comme il le suppose, se voit au contraire sous les vents généraux, qui hâlent tous de l'ouest. Cette brèche doit, en réalité, son origine, comme M. de Hochstetter l'a si justement fait remarquer, à un éboulement qui, déterminé par une grande fracture dirigée du nord-ouest au sud-est, a entraîné sous les eaux toute la pointe orientale de l'île.

Le relief sous-marin accuse encore nettement la forme primitivement quadrangulaire du volcan : en effet, tandis que du nord au sud, en passant par l'ouest, les grands fonds sont très rapprochés de terre, on les voit, au contraire, s'écarter sensiblement dans l'est et circonscrire un vaste plateau triangulaire, qui correspond à la partie maintenant affaissée. C'est à cette circonstance que les navires doivent de trouver sur cette côte, à 1 mille ou 2 sous le vent de l'île, une profondeur convenable pour jeter l'ancre; les fonds y sont d'une bonne tenue, toute la surface du plateau étant recouverte d'un sable noir fin, souvent très épais, produit par la désagrégation et la trituration des laves.

(') « Tout cratère, dit-il, a presque invariablement un côté beaucoup plus surbaissé que les autres : celui vers lequel les vents prédominants ne soufflent jamais. En effet, dans la direction de ce côté, les cendres et les scories sont rarement chassées pendant les éruptions. Il existe aussi sur la pente inférieure un point, situé plus bas que tous les autres, par lequel, dans le cas d'une submersion partielle, la mer peut entrer aussi souvent que la marée montante ou aussi fréquemment que le vent souffle dans cette direction. Par la même raison qu'elle se conserve une entrée dans le *lagoon* d'un atole, la mer ne laisse pas se combler le passage qui la conduit au cratère, mais elle se retire à marée basse ou toutes les fois que le vent tourne. L'échancrure, par conséquent, devient d'autant plus profonde que l'île s'élève davantage au-dessus du niveau de la mer. » (LYELL, *Éléments de Géologie*, trad. par Ginestou, 6^e édition, t. II, p. 341 et suiv.).

Les hautes falaises, taillées à pic, qui terminent brusquement l'île dans cette direction doivent donc être considérées comme la lèvres orientale, restée debout, de cette fracture ancienne ; l'enceinte du cratère était encore continue au moment où elle se produisit, mais l'arête de rochers qui seule protégeait alors la bouche volcanique contre l'envahissement des flots, impuissante pour résister aux efforts répétés des lames, s'effondra bientôt à son tour, et ses débris emportés et roulés par la mer vinrent s'accumuler au travers de l'échancrure ainsi formée.

Telle est l'origine de cette digue continue que signalèrent les premiers explorateurs et qui ne s'ouvrit que tardivement, donnant lieu aux deux chaussées actuelles. Ces chaussées, larges de 50 à 60 mètres en moyenne, ne s'élèvent que de quelques mètres au-dessus de l'eau ; celle du nord, par exemple, qui s'étend sur une longueur de 160 mètres, atteint, au pied de la falaise, l'altitude maximum de 8 mètres et s'abaisse ensuite régulièrement jusqu'à son extrémité opposée, qui découvre à chaque marée. Celle du sud, beaucoup plus allongée (340 mètres), est en même temps moins élevée, surtout vers son milieu, qui présente une partie déclive que les lames franchissent aisément aux époques des grandes marées ou par les coups de vent. La première n'est jamais couverte qu'exceptionnellement, même dans la mauvaise saison (de mars à octobre), quoiqu'elle soit orientée du nord au sud, et par conséquent plus directement exposée aux grosses mers, qui viennent toujours du sud-est. Toutes deux sont formées de galets et de blocs parfaitement roulés, souvent énormes, qui forment une collection complète des roches du volcan.

La mer amoncelle et déplace ces matériaux, malgré leurs dimensions et leur poids considérable, avec une étonnante facilité. En novembre, à la suite d'un ras de marée d'une violence inouïe, j'ai

reconnu, non sans quelque étonnement, sur la chaussée du nord, un bloc de lave basaltique de plusieurs mètres cubes, qui peu de jours auparavant se trouvait sur la chaussée opposée, où je l'avais martelé pendant de longues heures pour obtenir quelques-unes des belles zéolithes qu'il contenait.

La pointe élevée (265 mètres) qui domine l'échancrure au nord présente à sa base une sorte d'éperon dû, comme le Nine-Pin qui lui fait face, à un éboulement, mais qui, au lieu d'être isolé, se trouve encore relié à la côte par une dépression en forme de col, très abaissée, et constitue au pied de la falaise un véritable contrefort haut de 120 mètres, avec une longueur double sur une largeur de 80 mètres tout au plus. Cette muraille étroite, dirigée du nord au sud, comme la chaussée qui lui fait suite, forme et protège dans l'intérieur du bassin une petite anse très encaissée où les embarcations viennent accoster, après avoir franchi la passe. Les pêcheurs, en dérangeant quelques galets, ont aménagé là un débarcadère d'un accès commode. C'est également là qu'ils ont entaillé, sur le versant ouest de cet amas de rochers, à 20 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, un terre-plein pour y édifier ces constructions grossières, adossées à la montagne, qui forment la partie principale de l'établissement de pêche dont j'ai déjà parlé. Ce point est de beaucoup celui de toute l'île qui est le mieux abrité ; aussi tous ceux qui, explorateurs ou naufragés, ont dû faire dans cet ancien cratère un séjour de quelque durée sont venus s'y réfugier. Nulle part ailleurs on ne voit de partie plane, et nous fûmes heureux de l'adopter, tandis que notre commandant ne trouvait d'autre emplacement possible que la chaussée du nord pour installer son observatoire astronomique.

Le lac intérieur, de forme circulaire, a environ 1200 mètres

dans son plus grand diamètre. L'imagination des anciens navigateurs s'était plu à le considérer comme un bassin sans fond. Les eaux y sont en réalité profondes, et son relief sous-marin, qu'on trouvera figuré par des courbes de niveau sur la Carte de la *Pl. XXV*, d'après les sondages effectués par les officiers de la *Dives*, montre que les fonds tombent brusquement de tous côtés jusqu'à la profondeur de 20 à 25 mètres, puis descendent graduellement par une sorte de plateau incliné jusqu'à 50 mètres ; ils se relèvent ensuite légèrement de manière à dessiner une petite éminence conique, haute de 5 à 6 mètres, dont le centre est occupé par une dépression où la sonde accuse 69 mètres.

Les parois du cratère, qui l'entourent, se dressent, pour ainsi dire, tout d'un jet à plus de 200 mètres de hauteur et semblent infranchissables ; complètement à pic dans tout leur tiers supérieur, elles se terminent dans le bas en un talus très incliné, formé des matériaux éboulés du sommet et couvert d'une épaisse végétation. Ces pentes sont telles, qu'on a souvent peine à s'y tenir debout ; il serait impossible de faire le tour complet du bassin par terre en suivant le niveau de la mer.

Les éboulis ne sont pas réguliers ; ils manquent en partie dans l'est, et la muraille du cratère devient presque verticale sur toute sa hauteur ; dans le nord-ouest, au contraire, ils sont très puissants et se composent d'énormes blocs de lave entassés pêle-mêle. Un sol tourbeux, sur lequel croissent par touffes des plantes herbacées (*Isolepis nodosa*, *Poa Novaræ*, etc.), les recouvre, constituant un terrain mouvant qui cède à chaque instant sous les pas, avec d'autant plus de facilité qu'il est encore percé dans tous les sens par des bandes innombrables d'oiseaux (*Prion vittatus*) qui s'y creusent de véritables labyrinthes souterrains.

Dans le nord, un sentier tracé par les pêcheurs à quelques

mètres au-dessus du niveau de la mer conduit à ces sources thermales bien connues qui sourdent au milieu des galets et des éboulis du rivage, un peu au-dessous du balancement des marées, et ne peuvent ainsi s'observer qu'à mer basse. Elles sont accompagnées de dégagements gazeux abondants qui s'effectuent encore sous la mer, non seulement dans l'intérieur du cratère, et notamment près de la chaussée du nord, mais même à l'extérieur, en face de celle du sud par des fonds de 10 à 20 mètres. Leurs eaux, plus ou moins abondantes, sont fortement alcalines et ferrugineuses, mais elles varient beaucoup dans leur thermalité. Il en est, par exemple, comme celles qui sourdent sur les petites plages sableuses du fond du cratère, qui avoisinent 100 degrés, tandis que d'autres dépassent à peine 30 degrés. En beaucoup de points, dans le nord-ouest, pour se procurer un petit bassin d'eau bouillante, il suffit d'écartier un peu les galets au moment du reflux. C'est cette circonstance qui nous a permis de répéter souvent les expériences bien connues des compagnons de Vlaming, c'est-à-dire d'amener dans ces petites sources, pour ainsi dire sans le tirer de l'eau, le poisson pris dans le cratère et de l'en sortir cuit à point en quelques instants.

L'ancienne activité du volcan ne se borne pas à ces seules manifestations; il est encore des points où le sol, à la surface, présente une température élevée. A l'angle de la jetée du Nord, par exemple, au fond de cette petite anse dont j'ai parlé, un thermomètre couché sur les galets indique rapidement 40 degrés. Enfoncé dans le sol, il atteint successivement 50, 60, puis 72 degrés, et la température va ainsi en progressant de plus en plus. J'ignore à quelle profondeur elle reste stationnaire et quelle est alors sa limite maximum; je manquais, en effet, des moyens nécessaires pour entreprendre des recherches qui auraient

été sans doute d'un puissant intérêt. Il était impossible de creuser bien profondément ; à plus d'un mètre, la chaleur devenait insupportable à ce point que la main ne pouvait tenir les instruments, pioche ou pelle, qui nous servaient. Nos marins, en dégagant la chaussée des blocs énormes qui l'encombraient, pour rendre plus facile l'accès de leurs constructions et surtout aussi celui des cabanes de l'observatoire, qui se dressaient un peu plus loin, furent souvent obligés de se mouiller les mains et de prendre beaucoup de précautions en remuant ces roches, à cause de la température élevée de celles qui étaient enfouies dans le sol.

Cette haute température se retrouve encore dans toute une zone très remarquable, large de 200 mètres environ, qui traverse un peu obliquement les parois intérieures du cratère dans l'ouest, en s'élevant depuis la mer jusqu'au sommet ; toute cette bande se laisse facilement distinguer, même de loin, à cause de la végétation particulière qui la recouvre, et qui se compose surtout de sphaignes (*Sphagnum lacteolum*) et de lycopodes (*Lycopodium cernuum*), dont les colorations tendres, jaune pâle ou vert glauque, tranchent sur le ton sombre des graminées et des cypéracées qui tapissent le cratère aux alentours (1).

(1) Cette végétation, bien en harmonie avec les caractères physiques de cette petite région, diffère totalement de celle qui règne dans toutes les autres parties de l'île. La vapeur d'eau qui se dégage constamment du sol y entretient, avec une température uniforme, une humidité constante bien favorable au développement des sphaignes et des cryptogames vasculaires ; aussi ne trouve-t-on là que ces végétaux à l'exclusion de tous les autres. Saint-Paul présente ainsi deux végétations bien distinctes, l'une s'étendant à toute l'île, constituée par la réunion de quelques espèces, portant toutes l'empreinte d'une latitude froide, l'autre n'occupant qu'une superficie très restreinte, puisqu'elle est absolument localisée dans les espaces chauds et se composant de formes toutes tropicales. Je ne puis que signaler ici ces faits intéressants, renvoyant pour plus de détails aux remarques sur la faune et la flore des îles Saint-Paul et Amsterdam, que j'ai publiées dans le tome VI des *Archives de Zoologie expérimentale* (1878).

Ces plantes, qui sont exclusivement cantonnées dans ces espaces chauds, y forment, soit au-dessus des roches éboulées sur la pente dans le bas de la falaise, soit surtout vers le haut, au milieu des escarpements verticaux qui rendent le sommet du cratère absolument inaccessible, des tapis épais, au travers desquels s'échappent et distillent les vapeurs qui de partout se dégagent du sol sous-jacent. Malheur à qui s'aventurerait sur ces manteaux de mousse, car ils n'offrent aucune résistance, et sous ces tapis trompeurs, suspendus pour ainsi dire au-dessus des rochers, la température s'élève à 50 et 60 degrés. Le sol argileux sous-jacent est lui-même sans consistance et cède sous la moindre pression ; une tige de fer s'y enfonce avec la plus grande facilité et acquiert alors une température telle, qu'on éprouve en la touchant une vive sensation de brûlure. De distance en distance, quelques orifices béants laissent échapper des jets de vapeur chaude, et tout autour la végétation est absolument décolorée et flétrie.

Dans le bas du cratère, à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer, on peut facilement aborder cette bande chaude par son extrémité inférieure. Le sol, formé d'une argile molle, bariolée, résultant d'une décomposition complète des roches du voisinage et tout imprégnée de silice gélatineuse dans les points où s'effectuent les dégagements, résiste suffisamment pour qu'on puisse y marcher sans courir le risque d'enfoncer, mais on ne peut cependant tenir longtemps à la même place. Un thermomètre enfoncé y atteint rapidement le point d'ébullition de l'eau et semble s'y maintenir. Cette température n'est cependant pas fixe : j'ai constaté que, dans certaines conditions particulières, elle pouvait dépasser 212 degrés. Le moindre coup de pioche occasionne immédiatement un jet de vapeurs brûlantes, qui se dégagent souvent avec bruit et se composent surtout de vapeur d'eau entraî-

nant de notables proportions d'acide carbonique avec un peu d'azote.

Anciennement cette bande, qui se trouve aujourd'hui limitée au revers intérieur du cratère, était plus étendue; elle traversait le plateau supérieur en un point que nous voyons indiqué sur la Carte de Péron (*fig. 27*) sous le nom de *volcan sans irruption* et, prenant pour ainsi dire l'île en écharpe, se dirigeait vers le nord-nord-ouest. Dans tout cet espace, sur le versant extérieur, la température du sol était excessive. Déjà nous avons vu, dans la relation de Staunton, qu'un des compagnons de Macartney s'y brûla les pieds en 1793; le capitaine Péron, qui leur servait de guide, en racontant le fait (¹), nous apprend que le D^r Dwen-dee, médecin de l'expédition, plongeant alors un thermomètre sous la mousse, y constata 212 degrés Fahrenheit. En 1857, lors de l'expédition de la *Novara*, cette bande, large de 150 mètres, s'étendait à plus de 400 mètres de l'arête du cratère; on ne pouvait s'y aventurer, à cause du peu de consistance du sol et de sa température, qui, à quelques centimètres de la surface, était encore celle de l'eau bouillante.

Rien de semblable n'avait lieu en 1874; des sphaignes et des lycopodes indiquaient seuls la place de ces anciens espaces chauds, que l'on pouvait traverser impunément. Le sol, sous ces mousses, était toujours humide; quelques dégagements de vapeur d'eau, faibles et intermittents, s'y faisaient encore jour dans des points très clair semés, mais le thermomètre enfoncé n'y accusait plus qu'une température à peine supérieure de quelques degrés à celle de l'air ambiant.

La température des sources thermales paraît également avoir

(¹) PÉRON, *loc. cit.*, t. I, p. 211.

sensiblement diminué depuis que nous les connaissons. Celles situées dans le nord du bassin, les seules qui aient été souvent visitées, atteignaient au siècle dernier, d'après les observations de Cox (1789) et du D^r Gillian, médecin de l'expédition de Macartney (1793), de 87 à 95 degrés; elles ne dépassent plus maintenant 71 degrés, et nous avons également trouvé de quelques degrés plus froides les sources étudiées en 1857 par M. de Hochstetter.

De tous ces faits et de beaucoup d'autres, sur lesquels je reviendrai plus longuement dans les descriptions géologiques qui vont suivre, il résulte que l'île est en voie de refroidissement graduel, et tout porte à croire que bientôt, tous ces phénomènes de chaleur, toutes ces sources thermales, tous ces dégagements gazeux disparaissant peu à peu, les forces volcaniques, qui semblent maintenant exhaler leur dernier souffle, s'éteindront définitivement.

Les pêcheurs vantent les propriétés curatives des eaux thermales dont je viens de parler pour les contusions et les blessures; nous avons eu plusieurs fois l'occasion de vérifier le fait. Quelques-unes d'entre elles, peu minéralisées, deviennent potables quand elles sont suffisamment refroidies; elles sont en cela précieuses, les sources d'eau douce faisant absolument défaut, car on ne peut considérer comme telles les eaux, toujours peu abondantes, qui se recueillent et persistent un certain temps après les pluies, soit dans des petits bassins creusés à la surface de quelques coulées de lave, soit dans des parties du sol tourbeux suffisamment argileuses, sur le versant extérieur de l'île. Leur accès, toujours difficile, ne permet pas de les utiliser; elles sont, en outre, d'un goût désagréable et presque toujours saumâtres, à cause des embruns.

De ces sources temporaires, les plus constantes se trouvent à

200 ou 300 mètres du sommet de la pointe élevée (265 mètres) qui forme l'extrémité nord du cratère (n° 6 de la Carte, *Pl. XXV*). Les pêcheurs, pour les atteindre, ont tracé sur la pente escarpée de cette haute montagne un sentier étroit, qui conduit tout d'abord en un plateau situé à 150 mètres d'altitude, où d'innombrables manchots (*Eudyptes chrysolopha*) ont établi leurs nids, puis grimpe ensuite directement jusqu'au sommet par un abrupt de plus de 60 mètres. La seconde partie de cette ascension devient difficile et même périlleuse en maints endroits. En 1872, les naufragés de la *Megæra* l'avaient améliorée en scellant dans le roc des piquets tendus de cordes, afin de gagner plus facilement le poste à signaux qu'ils avaient établi sur cette pointe élevée.

Il existe encore un autre sentier beaucoup plus long, mais aussi plus facile, qui, partant du même point que le précédent, vient aboutir dans l'ouest, après avoir décrit un nombre infini de lacets, au pied d'une fissure étroite qui entame l'arête supérieure du cratère et permet de la franchir. Enfin, deux autres passages seraient encore à signaler dans le sud; mais ces derniers, très dangereux, ne sont guère fréquentés que par les nombreux troupeaux de chèvres que les naufragés et les pêcheurs ont importés sur l'île (1). Partout ailleurs les parois du cratère restent inaccessibles, le talus incliné qui en forme la base aboutissant à une muraille verticale absolument infranchissable.

L'arête supérieure du cratère est assez régulière; haute de 265 mètres à son extrémité nord, elle se relève assez rapidement jusqu'à 272 mètres, conserve cette altitude maximum sur un espace de 200 à 300 mètres, puis s'abaisse ensuite graduelle-

(1) Ces deux passages, qui ne sont, en réalité, praticables que pour la descente, sont indiqués sur la carte de Péron (*fig. 27*).

ment jusqu'à son extrémité opposée, où elle n'atteint plus que 232 mètres (1).

Son périmètre est de 3440 mètres. Loin d'être aiguë et déchiquetée, comme c'est le cas habituel, elle présente une petite plateforme qui, taillée complètement à pic vers l'intérieur du cratère, s'incline régulièrement de tous côtés vers l'extérieur sous un angle de 20 à 25 degrés. Ce sont là les pentes principales du cône; elles s'étalent à la base en ne conservant plus qu'une inclinaison moitié moindre et s'appuient finalement sur un vaste plateau qui n'en est que la continuation directe, et que viennent interrompre brusquement les falaises qui dessinent le contour extérieur de l'île.

Toute cette surface peu accidentée, couverte d'une maigre végétation presque toujours courbée sous un vent violent, prend un aspect de tristesse et de désolation indéfinissable. Aussi, lorsque, arrivé au terme de l'ascension, on domine cette scène déserte, qu'encadre un océan immense, on ne peut se défendre d'une émotion profonde. Cet isolement absolu, au milieu d'un silence que les grandes voix de la mer seules troublent par intervalles, est écrasant.

Les coulées de lave qui forment le revêtement extérieur du cratère n'affleurent qu'en un petit nombre de points. Dans le nord, elles apparaissent sur un assez grand espace avec des allures très mouvementées, qui rappellent celles des roches basiques rejetées par le volcan de Bourbon, et peuvent même se suivre,

(1) Ces altitudes, relevées avec le plus grand soin au théodolithe par M. Turquet, lieutenant de vaisseau, sous la direction du commandant Mouchez, sont toutes supérieures de 7 à 8 mètres à celles obtenues en 1857 par les officiers de la *Novara*. Ces derniers ne donnent, en effet, que 265^m,75 au point culminant de l'île, dédié au commodore Wullerstorff-Urbair, et le placent un peu plus dans l'ouest. L'extrémité sud (hauteur Kronowetter) ne porte de même sur leur carte que 225^m,60.

presque sans interruption, depuis l'arête supérieure jusqu'à la côte ; mais partout ailleurs elles disparaissent sous un sol argileux qui résulte de leur décomposition et sur lequel croissent, avec une certaine vigueur, les plantes herbacées qui composent la maigre végétation de l'île. Souvent même ce sol, entretenu constamment humide par des pluies fréquentes et des brumes pour ainsi dire continuelles, devient tourbeux et prend une épaisseur relativement considérable. Dans les parties élevées du cratère, par exemple à son extrémité nord, j'ai constaté, sur une grande étendue, des tourbes compactes, qui dépassaient 2 mètres de puissance et reposaient directement sur des laves fortement altérées. Elles sont bien moins développées dans les parties basses, où elles se réduisent à de minces filets qui alternent avec des couches d'argile et des lits de cendres ou de scories (*fig. 42 et 43*).

Ces terres spongieuses et peu résistantes donnent lieu par places à de véritables fondrières, qui entravent à chaque instant la marche et rendent les excursions tellement pénibles et fatigantes qu'il serait, pour ainsi dire, impossible de faire le tour de l'île en une journée. Ses dimensions sont cependant bien restreintes ; elle ne mesure que 5120 mètres dans sa plus grande longueur, de la pointe *Schmith* au nord-ouest à celle dite *Hutchison* au sud-est, et 2700 mètres seulement dans sa largeur, de la pointe ouest à l'entrée de la passe. Sa superficie totale ne dépasse pas 80 kilomètres carrés.

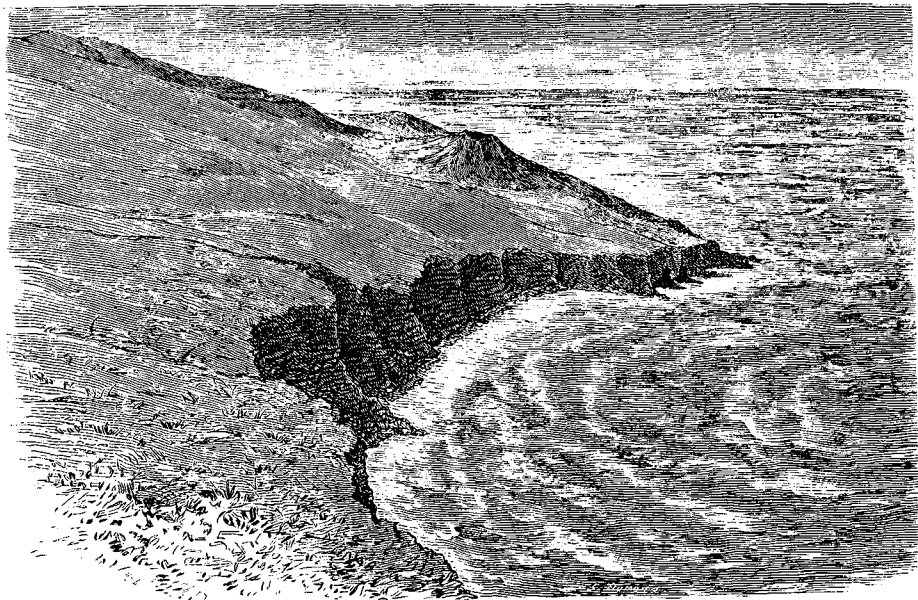
On remarque à la surface de l'île, dans le bas des pentes du grand cratère central, un certain nombre de cônes de scories, plus ou moins élevés (*Pl. XVII, fig. 2, et Pl. XVIII, fig. 1 et 2*), qui sont tous d'origine récente et se sont fait jour dans une des dernières phases d'activité du volcan.

Les plus connus et les mieux conservés sont ceux qui, au nombre

de quatre, s'alignent dans la direction de la pointe ouest, suivant une fissure orientée du nord-est au sud-ouest. Leur activité a dû être médiocre, si l'on en juge par leurs faibles dimensions.

Le premier, en effet, qui se trouve à la limite des pentes et du plateau, ne s'élève guère que de 10 à 15 mètres au-dessus du sol

Fig. 28.



La pointe Hutchis et les Deux-Frères, dans le sud-ouest.

environnant et n'a donné que deux petites coulées, larges de 7 à 8 mètres, qui s'étendent sur une longueur d'une centaine de pas; il est en partie détruit. Les deux autres, très rapprochés l'un de l'autre, se dressent à 200 mètres du précédent; ils ont conservé des formes presque géométriques et se composent de petites scories brunes ou rougeâtres très entassées, creusées au sommet d'un cratère fort régulier, large de 60 à 80 mètres sur une profondeur de 15 à 20 mètres.

Le quatrième enfin, plus considérable, atteint 109 mètres d'altitude et vient former au-dessus des falaises cette pointe avancée qui a pris le nom de *pointe Ouest*, à cause de son orientation (*Pl. XIX, fig. 1*). Toute sa paroi sud est baignée par la mer, qui l'entame même sur une certaine étendue, et cette disposition heureuse permet d'apprécier avec toute certitude l'époque de son apparition. En contournant cette pointe d'assez près avec une embarcation, on voit, en effet, ce cône reposer à la surface des coulées de laves basaltiques noires et compactes qui s'étendent au pied de la falaise, tandis que les laves feldspathiques grisâtres et scoriacées qui en forment la partie supérieure viennent l'envelopper.

Ces cônes, à la fin du siècle dernier, lors de l'expédition de Macartney, émettaient encore des vapeurs et se trouvaient eux-mêmes assez chauds pour qu'on ne pût les gravir; les observations du D^r Gillian et la relation de Staunton (*voir plus haut, p. 282*) ne laissent aucun doute à ce sujet. En 1857, M. de Hochstetter nous apprend que déjà tous ces phénomènes avaient cessé; nous avons trouvé, pendant notre séjour, tous ces monticules en partie envahis par les mousses et les graminées.

La disposition que je viens de signaler pour le cône de la pointe ouest, si nettement intercalé entre les deux systèmes de laves qui constituent les falaises méridionales, se retrouve dans un autre monticule de même nature qui occupe la pointe sud (*Pl. XIX, fig. 2*). Ce dernier, peu élevé (74 mètres), éventré par la mer, qui brise sur cette côte avec furie, est maintenant en grande partie détruit. Les scories, rongées par les eaux, laissent en saillie les coulées de laves qui se sont élevées dans cet ancien foyer, et ces ruines gigantesques, bizarrement déchiquetées, prennent du large un aspect des plus singuliers.

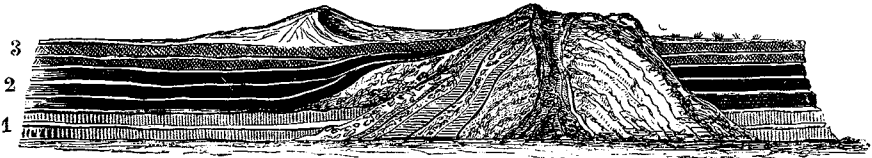
Plus loin, dans l'est, on remarque, à la partie supérieure des falaises (*Pl. XVIII, fig. 1*, vue de la côte sud), des amas de scories marquant la place d'un cône aujourd'hui disparu. La côte s'abaisse d'une façon sensible dans cette direction ; partout à sa surface on reconnaît d'énormes accumulations de cendres, du milieu desquelles s'élève, vers la pointe Hutchison, un nouveau cône très étalé, haut de 75 mètres, dont le cratère, ouvert à l'est, a livré passage à d'abondantes laves qui se sont épanchées jusqu'au rivage. Plus haut, vers l'arête supérieure, on retrouve encore plusieurs dépressions cratériformes qui ne paraissent avoir donné que des projections. C'est, d'ailleurs, dans cette région que se sont accumulées les plus grandes quantités de cendres et de scories. On les reconnaît à leurs colorations vives dans toute l'étendue des falaises du sud-est, dont elles forment pour ainsi dire le couronnement.

Vers le nord, à 600 mètres environ des quatre collines, un petit cône qui se dresse au-dessus des coulées les plus supérieures de la falaise nous indique ce que devait être celui, complètement détruit, dont nous n'avons pu constater que la trace, entre la pointe Hutchison et celle du sud ; il s'accompagne dans l'intérieur des terres d'un autre foyer, pour ainsi dire en miniature, qui ne fait saillie que de quelques mètres au-dessus du niveau du sol, et dont le cratère, parfaitement conservé, a tout au plus 2 mètres de diamètre.

Un cône de scories, plus ancien, occupe la pointe Schmith ; c'est de beaucoup le plus instructif. La falaise l'entame en son milieu et le montre entouré par de nombreuses coulées qui l'enveloppent et s'étendent horizontalement de chaque côté, si bien qu'il ne fait plus saillie que de 7 à 8 mètres au-dessus de la surface de l'île : son élévation absolue, au-dessus du niveau de la mer, est de 31 mètres. Ses parois, composées de scories rutilantes, d'un rouge

vif dans les portions latérales, noires ou jaunâtres au centre, sont disposées par couches régulièrement inclinées autour de la cheminée, qui, restée béante, se présente sous la forme d'un demi-cylindre évasé à la base ainsi qu'au sommet. On discerne aisément les différentes phases de son activité, dont le début est antérieur

Fig. 29.



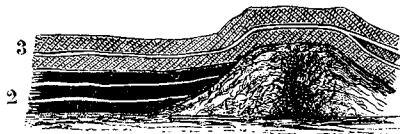
Cône de scories de la pointe Schmith.

1. Laves à anorthite. — 2. Laves basaltiques compactes. — 3. Laves à labrador.

aux grandes coulées basaltiques (n° 2 des *fig.* 29 et 30) sous lesquelles reposent les précédents foyers.

Enfin, dans le nord, en face d'un îlot remarquable formé de grandes colonnades basaltiques, on voit de nouveau, dans le bas des falaises, un petit cône qui doit être de même âge que celui de la pointe Schmith, car il traverse comme lui les laves compactes (n° 2, *fig.* 30) et ses projections se sont intercalées entre leurs

Fig. 30.



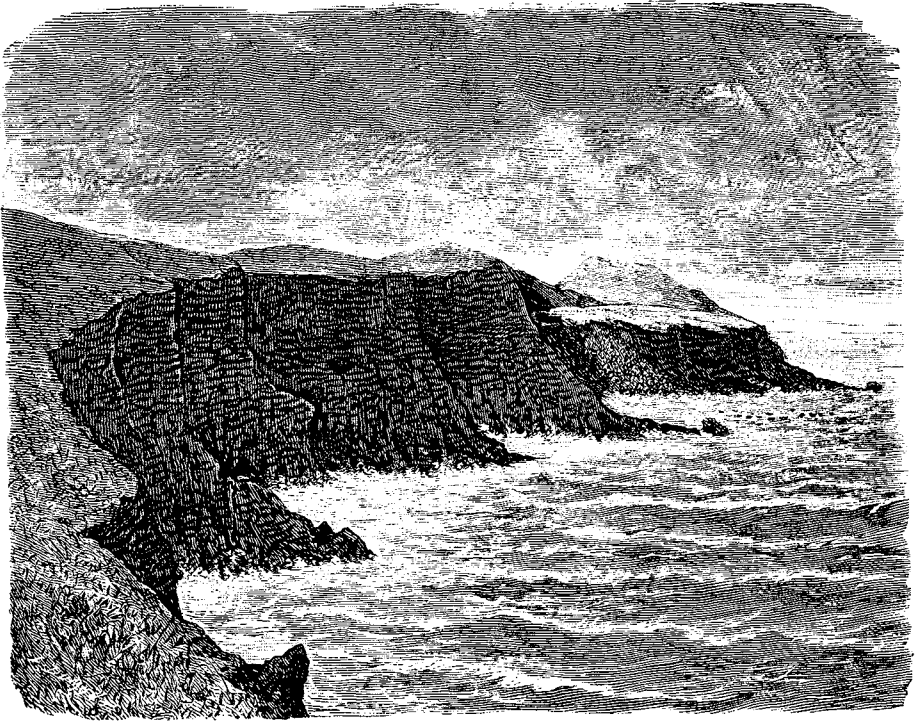
Cône de scories sous les laves, dans la falaise du nord.

bancs; mais il ne paraît pas leur avoir longtemps survécu, et les laves feldspathiques (n° 3) qui se sont ensuite épanchées l'ont entièrement recouvert.

Les côtes se développent sur une étendue de 14 kilomètres et

sur tout leur parcours ne présentent qu'une ligne continue de falaises noires, complètement accores, qui se montrent composées d'une longue succession de bancs de lave parfaitement horizontaux, alternant régulièrement avec des lits de matériaux scoriacés.

Fig. 31.



Les falaises de la côte ouest.

Battues sans paix ni trêve par une mer toujours agitée, elles se dégradent continuellement et se découpent en une multitude de petites pointes peu avancées, très rapprochées les unes des autres et disposées en dents de scie. A leurs pieds, d'énormes blocs de lave éboulés s'entassent confusément et s'étendent encore assez loin au large, ainsi que l'attestent les brisants.

Un simple coup d'œil jeté sur la Carte montre qu'elles s'orientent suivant trois directions et peuvent ainsi se diviser en trois tronçons correspondant chacun à un des côtés de la base triangulaire du volcan. Le premier, qui fait face à l'ouest, compris entre la pointe Schmith et la pointe ouest, court du nord au sud ; le second part de cette dernière pointe et se dirige brusquement vers l'est, en faisant face au sud ; il se termine à la pointe Hutchison. Ces deux côtés sont à peu près égaux, mais leur physionomie est assez différente, le dernier se trouvant beaucoup plus découpé. Enfin, le troisième, dirigé du sud-est au nord-ouest, relie entre elles les pointes Hutchison et Schmith ; entamé vers le milieu par l'échancrure qui donne accès dans le cratère, il se décompose à son tour en deux branches de dimensions presque égales, mais tout à fait différentes d'aspect.

Les falaises de la côte ouest conservent, sur toute leur étendue, une hauteur uniforme de 25 à 30 mètres ; celles du sud, plus élevées, atteignent et dépassent 50 mètres ; mais dans cette portion fortement concave, comprise entre la pointe sud et celle d'Hutchison (*fig.* 28), elles s'abaissent jusqu'à 12 à 15 mètres et deviennent alors accessibles. En se laissant glisser dans de profondes crevasses, en se suspendant aux coulées de lave faisant corniche et disposées en gradins, on arrive facilement jusqu'au rivage. Là, deux rochers très singuliers, aux formes élancées, *les Deux-Frères*, qui surgissent pour ainsi dire tout d'un coup de la mer et sont encore reliés à la côte par une étroite arête de rochers, délimitent une petite anse très encaissée, dans laquelle les embarcations peuvent s'engager par des temps exceptionnellement calmes. Il est alors possible d'accoster et de sauter à terre ; mais partout ailleurs les côtes sont absolument inabordables.

On peut encore gagner le rivage en deux ou trois autres points,

connus des pêcheurs et des chasseurs d'otaries (*Otaria Forsteri*), à la pointe nord par exemple, où ces animaux se tiennent de préférence ; mais c'est toujours là une opération dangereuse, non-seulement à cause de l'abrupt, mais surtout à cause du peu de consistance des bancs de lave et des couches de scories, qui résistent à peine sous le poids du corps (1).

La côte nord-est est beaucoup plus pittoresque. Une vue de l'île prise du mouillage (*Pl. XVII, fig. 1*) rend bien compte de son aspect si particulier. Elle donne au travers du volcan une coupe naturelle qui montre tous les détails de sa structure intime. J'ai déjà dit combien étaient différentes les deux grandes falaises triangulaires qui bordent l'entrée du cratère. Celle du sud-ouest, absolument à pic, laisse voir dans toute sa hauteur (232 mètres) un nombre infini de coulées de laves noires ou grisâtres, alternant régulièrement avec des lits de scories, qui se relèvent toutes fortement vers l'intérieur du cratère sous un angle de 25 à 30 degrés ; d'innombrables filons les traversent perpendiculairement. Celle du nord-est, plus élevée (265 mètres), mais moins abrupte, montre à sa base un énorme massif de roches compactes, dont les teintes rutilantes et bigarrées, tantôt jaunâtres ou blanches, tantôt et surtout violacées ou d'un rouge vif, attirent de suite l'attention. C'est la partie la plus ancienne de l'île ; les laves plus récentes la traversent, sous forme de dykes, dans tous les sens et l'enveloppent de toutes parts sous leurs puissantes coulées.

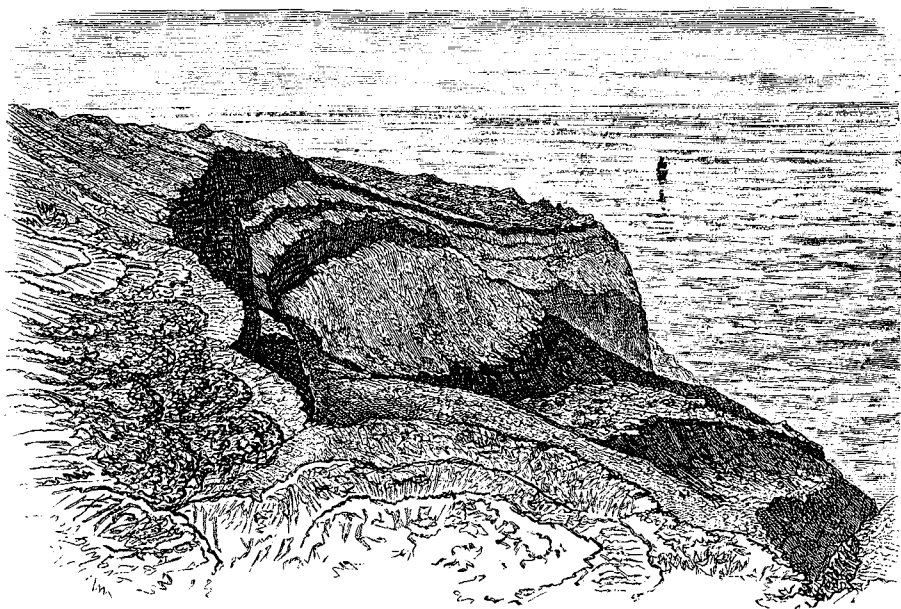
Cette dernière portion de la côte se découpe en un certain nombre de petites baies peu profondes, envahies par des sables, et d'accès peu facile à cause du ressac continu. Une des plus

(1) La carte de Péron (*fig. 27*) indique tous ces points accessibles avec une grande précision.

remarquables, située en arrière du Nine-Pin et largement ouverte au nord-est, a été nommée, par les officiers de la *Novara*, *baie des Pingouins*, à cause du nombre considérable de manchots qui viennent y accoster.

Les falaises verticales qui enveloppent ces petites baies ont

Fig. 32.



Falaises effondrées dans le nord-est.

souvent plus de 100 mètres de hauteur ; sur le versant nord-est de ce massif ancien elles se sont effondrées, et la côte, très excavée dans un espace de 500 mètres, n'offre plus l'image que d'un gigantesque talus d'éboulement, disposé en gradins successifs (*fig. 32*). Vu d'en haut, ce vaste affaissement, avec sa forme semi-circulaire, prend l'aspect d'un immense amphithéâtre naturel ; on l'a, bien à tort, attribué à un cratère démantelé.

Des fumerolles abondantes se dégagèrent autrefois dans tout cet espace, et je tiens des pêcheurs que ces phénomènes étaient encore manifestes, mais intermittents, dans ces dernières années. Les orifices de ces dégagements sont encore bien conservés; on les reconnaît facilement aux concrétions siliceuses qui les tapissent: tout autour d'eux, les roches, profondément altérées sur une assez grande étendue, sont transformées en une sorte d'argile, violacée ou rougeâtre, pénétrée elle-même de calcédoine et d'opale, et dans le voisinage les vacuoles des scories et des laves sont remplies d'hyalite et de michaélite.

Sur toute cette partie de la côte, dans chacune des petites baies que je viens de signaler, des traces d'anciens phénomènes gey-sériens sont également très évidentes, ainsi qu'en témoignent des accumulations de silice souvent considérables. Les roches s'y voient complètement modifiées et décomposées suivant de larges bandes qui parfois traversent les falaises dans toute leur hauteur; c'est à ces altérations qu'il faut attribuer, sans aucun doute, le peu de résistance qu'elles offrent maintenant à l'action des eaux qui les corrodent et qui les creusent à la base, provoquant ainsi fréquemment des éboulements considérables, ainsi que nous en avons été plusieurs fois témoins.

Dans le sud-est, les mêmes phénomènes se sont produits. Une vue de l'île, remarquablement exacte, qui accompagne la Carte de Parish, publiée en 1793 dans la relation du voyage de Macartney, nous montre encore dans le haut de cette falaise quelques jets de vapeur. Les dépôts de calcédoine et d'opale y sont extrêmement abondants et se laissent reconnaître, même de loin, à leurs colorations blanches qui tranchent sur les tons sombres des laves qu'ils recouvrent.

Une petite caverne, assez singulière, qui se voit actuellement

à l'extrémité sud du cratère, au-dessus des galets de la chaussée, se présente entièrement tapissée de concrétions siliceuses des plus remarquables et doit être considérée comme un ancien foyer gey-sérien. Les laves y sont de même par places entièrement désagrégées : aussi ces falaises se démantèlent sans cesse.

Les îlots isolés, l'*îlot du Nord*, celui du *Milieu*, le *Nine-Pin*, et les récifs connus sous le nom de *banc Roure*, qui se voient sur la côte nord-est, à peu de distance de terre, sont encore dus à ces dégradations.

Livré maintenant sans défense à l'action destructive des eaux, ce rocher isolé est assurément condamné à disparaître, si les forces éruptives qui l'ont fait surgir ainsi du sein d'un océan profond ne se remettent en jeu. Il est en effet facile de prévoir que dans un avenir plus ou moins éloigné, les deux pointes qui rétrécissent maintenant l'échancrure à sa base étant abattues, l'île prendra la forme d'une sorte de fer à cheval largement ouvert à l'est; puis, le travail de désagrégation et d'érosion s'accroissant de plus en plus, il ne restera que des débris informes de cette cavité si vaste, si régulière, et l'île, n'étant plus représentée que par un rocher inaccessible, reviendra ainsi à sa forme primitive, jusqu'à ce que ce dernier témoin disparaisse à son tour.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

La constitution géologique de l'île Saint-Paul est assez complexe. Les produits de ce volcan appartiennent aux deux grandes familles des trachytes et des basaltes et se divisent ainsi en deux catégories bien distinctes, se superposant suivant cette loi naturelle qui a fait succéder les roches basiques aux roches acides. Mais leur importance est ici bien inégale : les laves basaltiques prédominent de beaucoup sur les laves trachytiques, qui forment seulement la partie fondamentale de l'île et n'affleurent qu'en un seul point, situé à l'extrémité nord du cratère (1).

M. de Hochstetter, qui le premier nous a fait connaître ce massif

(1) Il n'est peut-être pas hors de propos de faire remarquer ici que cette disposition se retrouve identique dans une autre île du Sud, celle de la Déception, qui forme en quelque sorte la contre-partie de l'île Saint-Paul. Les descriptions données en 1830 dans le *Journal de la Société géographique de Londres*, par M. Kendal, lieutenant de vaisseau à bord du *Chanticleer*, ne laissent aucun doute à cet égard, ainsi qu'on en pourra juger par l'extrait suivant :

« L'île Déception est formée d'une sorte d'anneau de terre dont l'intérieur est occupé par la mer qui y pénètre au sud-est par une entrée de 600 pieds de largeur ; cette petite Méditerranée a une étendue de 5 milles ; l'île entière a 8 milles dans son plus grand diamètre.

» Le fond du lac a 97 pieds, avec un fond de cendres ; les bords, composés de laves et de scories, abondent en sources thermales, ce qui présente le singulier spectacle d'eau à une haute température (140 degrés Fahrenheit) sortant près d'une surface couverte de neige et coulant vers une mer qui est rarement au-dessus du point de congélation ; les montagnes nombreuses que l'on rencontre dans l'île, et dont plusieurs ont 1800 pieds de haut, étaient principalement formées de scories et d'une substance rouge semblable à de la brique pilée ; mais dans quelques points on voyait des laves compactes et de l'obsidienne. Les roches du côté gauche de l'entrée s'élèvent perpendiculairement à une hauteur de 800 pieds et sont d'une formation plus ancienne que le reste de l'île. »

volcanique, a distingué dans son histoire trois périodes principales, dont les deux premières auraient été sous-marines et la troisième subaérienne. Il a signalé les traits généraux de chacune d'elles, en décrivant avec soin la coupe si instructive développée dans les falaises de la baie des Manchots, qui traverse tout à la fois la partie ancienne et les roches récentes, montrant avec une grande netteté les rapports de superposition et de pénétration réciproques de ces divers produits. Je ne pourrais donc mieux exposer les résultats de cette étude, qui doit désormais nous servir de guide, qu'en résumant brièvement sa description.

Ces falaises, sur leur tranche verticale, mettent à nu une série régulière et continue de coulées de laves, reposant sur des lits très épais et non moins continus de matériaux tufacés, traversés, puis soulevés par des roches éruptives massives et de nombreux filons. Tout ce système, fortement incliné, plonge vers le sud-est, de telle sorte que les formations les plus profondes et les plus anciennes apparaissent dans le nord. Là, tout à fait à la base des escarpements, on voit de puissantes masses d'un rhyolithe siliceux, grisâtre, d'apparence zonée, qui se dressent verticalement au milieu des brisants et supportent des tufs ponceux bien stratifiés, dont les assises, relevées d'abord à 45 degrés, s'abaissent vers le sud-est; elles alternent à la base avec des lits presque exclusivement formés de fragments anguleux du rhyolithe sous-jacent et se montrent dans toute leur épaisseur (45 à 50 mètres) littéralement remplies de petits débris d'obsidienne et de perlite.

A l'extrémité nord et dans la partie moyenne de la coupe, ces tufs sont traversés par deux énormes filons d'une dolérite verdâtre, très cristalline, composée exclusivement de labrador vitreux, de fer oxydulé, d'olivine et d'augite. Cette nouvelle roche représente une seconde phase éruptive, et sa sortie a été accompagnée, puis

suivie, comme celle du rhyolithe, de projections sous-marines qui se voient maintenant sous forme de tufs argileux et compactes, entremêlés de quelques débris de roches préexistantes, sur une épaisseur uniforme de 25 à 30 mètres. Ils recouvrent directement les précédents et supportent à leur tour une longue alternance de laves noires et de scories rougeâtres qui appartiennent à une troisième période éruptive. Cette dernière forme la masse principale de l'île, qui lui doit ainsi sa physionomie actuelle.

Ces coulées de laves, qui se sont épanchées au-dessus des massifs précédents alors émergés, les ont profondément altérés et dénudés. En général, la ligne de séparation entre ces divers produits, dont l'origine est si différente, est marquée par une ligne de tufs jaunâtres, sablonneux et scoriacés, peu épais. Les tufs doléritiques, qu'elles recouvrent directement, sont endurcis et transformés au contact en une sorte de latérite d'un rouge brique. Leur nombre est considérable; on en compte plus de cinquante dans les falaises du nord-est qui terminent la coupe; épaisses de 1 à 3 mètres, elles alternent régulièrement avec de petits lits de scories, rouges ou brunes, et varient beaucoup dans leurs caractères physiques extérieurs. Toutes sont de nature balsatique; poreuses et scoriifiées à la base, elles présentent un grand nombre de cristaux de feldspath qui leur communiquent une structure porphyroïde; dans d'autres points on les voit, grisâtres et compactes, qui deviennent tout à fait massives. Enfin les plus récentes, qui forment le revêtement extérieur de l'île et se sont surtout épanchées dans le nord, redeviennent essentiellement poreuses et contiennent en grand nombre des cristaux de labrador vitreux.

Telles sont, dans leur succession, les roches volcaniques qui affleurent dans les falaises de la baie des Manchots. M. de Hochstetter, après en avoir tracé rapidement les caractères distinctifs,

les a groupées dans trois époques successives, représentant, dit-il, l'histoire géologique de l'île tout entière :

1	2	3
<i>Rhyolithe.</i> — Tuf rhyolithique et brèche de perlite, d'obsidienne et de ponces.	<i>Dolerite.</i> — Tuf sablonneux et argileux; latérite.	<i>Laves et scories basaltiques.</i> Filons basaltiques.
Éruptions sous-marines.		Éruptions subaériennes.

C'était une première et importante esquisse qui ne demandait plus qu'à être complétée par des études de détail. Si j'ai pu ajouter quelques faits nouveaux à cette histoire, je le devrais donc d'une part à la durée de notre séjour, qui m'a permis d'explorer l'île, pour ainsi dire pied à pied, dans toutes ses parties, et de l'autre à l'emploi des méthodes nouvelles d'analyse microscopique des roches, qui m'ont fourni les moyens d'arriver à une détermination exacte des éléments constitutifs des divers produits épanchés.

La coupe de la baie des Manchots est loin de représenter, dans leur ensemble, tous les phénomènes volcaniques dont l'île a été le théâtre; il est nécessaire, pour la compléter, de la prolonger au nord comme au sud. Dans la première de ces deux directions, on voit, par exemple, les roches rhyolithiques prendre une grande extension et se décomposer manifestement en plusieurs masses qui, se pénétrant l'une l'autre, indiquent dans leur éruption des phases très diverses. Elles supportent des tufs ponceux (*Pl. XXIV*, vue des falaises du nord-est), différents de ceux étudiés par M. de Hochstetter, qui sont ensuite recouverts par un puissant système de trass volcaniques blanchâtres ou diversement colorés, qui se développent sur une épaisseur de plus de 100 mètres et s'élèvent jusque dans les parties les plus élevées des falaises, où ils disparaissent sous les coulées de laves plus récentes.

Ces dernières sont elles-mêmes très complexes et ne se com-

posent pas seulement de roches basaltiques à feldspath labrador, comme M. de Hochstetter l'a indiqué. Déjà, dans les petites falaises qui dans le sud font directement suite aux précédentes, on pouvait remarquer qu'elles diffèrent beaucoup dans leurs caractères physiques, suivant qu'on les considère à la base ou vers le sommet. Ces différences s'accroissent dans les parois du cratère, où les coulées se divisent en plusieurs séries, disposées par gradins successifs et placées en retrait les unes au-dessus des autres ; elles ne sont pas moins nettes dans les hautes falaises du sud-est, qui donnent une excellente coupe de ce massif récent.

Toutes ces laves superposées, alternant régulièrement avec des lits de matériaux fragmentaires ou scoriacés, se sont assurément formées de la même manière, et chacune d'elles annonce une répétition exacte du même genre de phénomènes dans le même lieu. Mais la composition de la masse fluide ignée qui fournissait la matière de leurs éruptions a varié un certain nombre de fois pendant cette longue période d'activité ; c'est ainsi que nous voyons l'anorthite dominer dans les coulées inférieures, tandis que les coulées supérieures sont caractérisées par la présence du labrador.

De plus grandes différences sont à signaler dans les produits intermédiaires (dolérite et tufs doléritiques), et je dois dire que je ne puis adopter ici l'interprétation que M. de Hochstetter a donnée de cette partie de la coupe. Les tufs sablonneux et argileux, qui, dans sa pensée, ont été le cortège de l'éruption des dolérites, sont en réalité plus récents et se rapportent au début de la période lavique. En les suivant au delà de la baie des Manchots, on les voit superposés aux premiers bancs de laves à anorthite. La présence dans ces tufs de quelques débris bien reconnaissables de ces laves et surtout celle d'un grand nombre de cristaux, non pas de labrador, mais d'anorthite, motivent encore ce rapprochement. De

véritables coulées laviques s'étaient donc épanchées autour des massifs émergés de rhyolithe et de dolérite avant leur formation.

En résumé, les trois périodes précédemment signalées se réduisent à deux principales, correspondant chacune à deux modes bien différents dans le développement de ce massif volcanique. La première comprend les produits d'éruption les plus acides : *rhyolithes*, *ponces*, *perlites*, *trass*, etc. La seconde, au contraire, comprend les mélanges basiques ; elle débute avec la *dolérite* par des roches entièrement cristallisées et se termine par des *laves* à structure microlithique qui deviennent de moins en moins cristallines, par suite d'une diminution graduelle dans l'énergie des dissolvants.

J'étudierai maintenant en détail chacun de ces produits, avant d'examiner les phénomènes qui ont présidé à leur formation.

Massif rhyolithique.

Le terme de *rhyolithe* a été proposé en 1860 par Von Richthofen, pour des roches de Hongrie qui se distinguent minéralogiquement des *trachytes* par la présence de la silice libre, le manque absolu d'augite et la fréquence de l'amphibole hornblende, leur principal caractère consistant en outre dans une texture particulière qui indique que toutes ces roches se sont *écoulées* à l'état pâteux. Le professeur Zirkel, qui d'abord avait rejeté cette désignation, l'adopta par la suite, et, tout récemment, dans un essai de classification publié comme introduction à son étude pétrographique du 40° parallèle (États-Unis), d'accord avec Von Richthofen, il reconnut dans les rhyolithes les divisions suivantes :

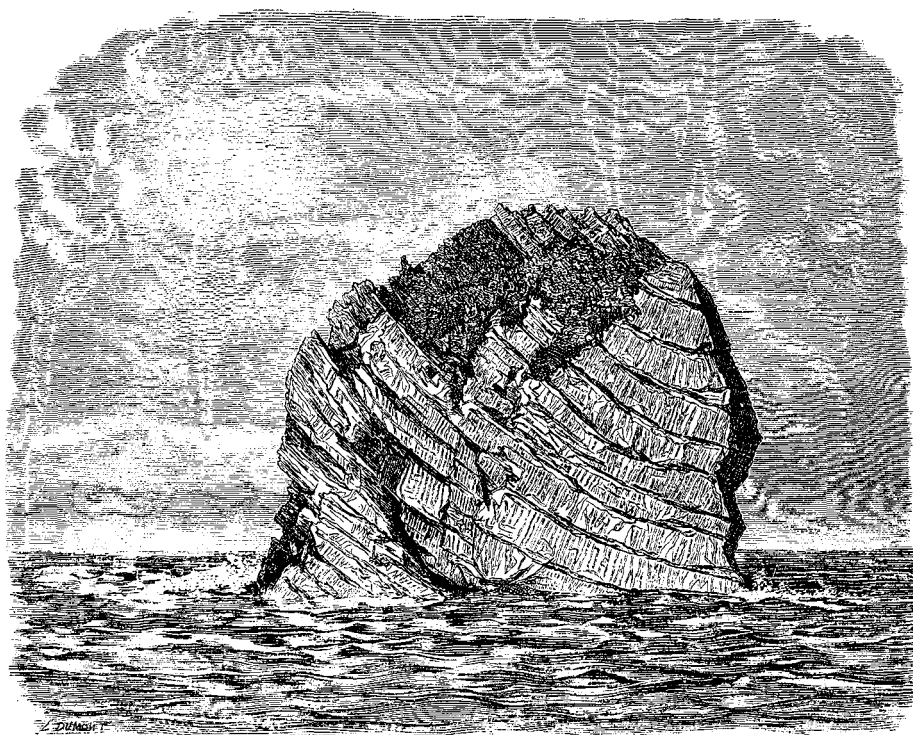
1° *Névadite*, rhyolithe granitoïde, caractérisé par l'état cris-

tallin de ses éléments (quartz, sanidine, plagioclase, biotite et hornblende).

2° *Rhyolithe* proprement dit, pour les variétés felsitiques et porphyritiques.

3° *Rhyolithe vitreux* (obsidienne, ponce, perlite, etc.).

Fig. 33.



L'îlot du Milieu.

Les rhyolithes de l'île Saint-Paul appartiennent tous aux deux derniers de ces groupes, et ceux felsitiques, c'est-à-dire pétrosiliceux, sont de beaucoup les plus intéressants; ce sont ceux dont je m'occuperai tout d'abord. Ils affleurent à l'extrémité nord-ouest

de la baie des Manchots (*Pl. XXIV*), s'élèvent subitement à une grande hauteur dans les falaises qui lui font suite plus au nord, puis s'abaissent sensiblement et se terminent au grand effondrement qui fait face à l'îlot du Milieu, après s'être étendus ainsi sur un espace de 650 mètres. Ces roches sont de couleur claire, d'un gris bleuâtre ou violacé. Une structure schisteuse très développée leur donne de loin l'apparence de couches stratifiées ; souvent leurs feuillettes, extrêmement minces, se montrent plissés et contournés comme pourraient l'être de véritables schistes ardoisiers ; d'autres fois, ils se décomposent en gros bancs très épais, relevés en éventail. L'îlot du *Milieu* (*fig. 33*), entièrement formé de rhyolithe, rend bien compte de cette disposition, qui tient évidemment aux actions mécaniques intenses subies par ces roches au moment de leur épanchement.

Elles sont entièrement adélogènes ; au milieu d'une pâte terne et compacte, à cassure plate ou esquilleuse, on ne distingue à l'œil nu que de petites lamelles feldspathiques, très isolées, qui apparaissent comme des traits brillants et ne dépassent pas 1 millimètre dans leur plus grande dimension. Leur teneur en silice est très élevée, ce qui explique leur grande dureté ; M. de Hauer, qui a analysé les échantillons recueillis par M. de Hochstetter, l'a trouvée oscillant de 71,81 à 72,60 pour 100. Diverses analyses faites sur des échantillons non altérés m'ont donné pour composition moyenne les proportions suivantes, que je rapproche des résultats obtenus par M. de Hauer :

	Analyse d'un rhyolithe lamelleux de la baie des Manchots par M. de Hauer.	Moyenne de trois analyses du rhyolithe des falaises du nord-est. C. V.
Silice.	71,81	71,46
Alumine	14,69	14,28
Oxyde de fer.	3,97	4,65
Oxyde de manganèse.	»	traces
Chaux.	1,57	0,84
Magnésie.	traces	0,15
Potasse	2,27	4,29
Soude	2,70	2,67
Perte au feu.	1,65	1,52
	<u>98,66</u>	<u>98,36</u>

Densité 2,409

Quelques variétés, légèrement poreuses, présentent de petites vacuoles irrégulières et allongées, disposées par traînées au milieu d'une pâte compacte; d'autres, très homogènes, possèdent sur leurs cassures fraîches un éclat résinoïde assez prononcé.

Le type le plus fréquent, fourni par une roche compacte, grisâtre, nuancée de petites bandes violacées, se montre, sous le microscope, composé d'une pâte pétrosiliceuse très développée, marquée de fines granulations opaques qui troublent sa transparence; cette pâte est absolument amorphe; elle reste obscure entre les nicols croisés, mais elle paraît alors parsemée de petits points brillants, qui se reconnaissent de nature quartzreuse aux forts grossissements. On ne peut y distinguer aucune tendance à la structure sphérolithique; les granulations s'alignent le plus souvent suivant des petites bandes qui alternent avec des parties claires et dénotent ainsi une ancienne fluidalité. Cette pâte est pénétrée de tridymite, qui s'y développe partout, tantôt en cristaux isolés, tantôt en petits amas avec les macles caractéristiques. Dans les variétés poreuses, toutes les vacuoles sont tapissées et

même remplies par ce minéral, qui trahit ainsi son origine secondaire.

Quelques microlithes feldspathiques très clairsemés, à contours diffus, paraissent noyés et comme fondus dans cette pâte et laissent à peine soupçonner leur structure triclinique. Enfin, parmi les substances bien cristallisées, mais toujours plus ou moins en débris et d'origine ancienne, il faut citer la sanidine, dont les lamelles assez nombreuses, tantôt simples, tantôt accouplées, suivant la loi de Carlsbad, ont toujours les extrémités émoussées; du fer oxydulé, assez abondant, en grains arrondis; enfin de très rares sections d'apatite.

Des produits secondaires d'altération, tels que des oxydes de fer à divers états d'oxydation et d'hydratation, de la chlorite, y sont encore assez fréquents.

Au milieu du rhyolithe ainsi constitué, on remarque en deux ou trois points des falaises une roche de même nature, mais plus massive et non schisteuse, qui le pénètre et semble même le refouler, si l'on en juge par le contournement de ses feuilletts aux alentours. Elle est généralement plus foncée, plus siliceuse encore que la précédente ($\text{SiO}_2 = 73, 15$), et se mélange souvent de petites bandes rougeâtres qui lui donnent un aspect jaspoïde.

Sa texture microscopique est tout à fait remarquable et bien différente de celle que je viens d'examiner. Au milieu d'une pâte amorphe, incolore, mais peu homogène et comme vermiculée, on distingue, à la lumière simple, une multitude de granulations plus foncées que les précédentes, qui se réunissent en petits amas arrondis, ou, mieux encore, en fines baguettes allongées, distribuées sans aucune régularité d'arrangement. Les parties claires laissent soupçonner une multitude de petites lamelles rectangulaires incolores, assez larges, mais très minces, qui s'enchevêtrent dans

tous les sens et paraissent empilées les unes au-dessus des autres. Leur action sur la lumière polarisée est faible ; pour les étudier, il faut amener les préparations à un état de minceur extrême, ce qui peut se faire facilement à cause de la grande ténacité de la roche ; on les voit alors qui appartiennent au système monoclinique et qui s'éteignent toutes parallèlement à leur longueur : il est naturel de les rapporter à de la sanidine couchée suivant la base. Le quartz s'y distingue très nettement sous l'état granulitique ; il forme de petites traînées limpides et renferme un grand nombre de pores à gaz extrêmement ténus. La tridymite y fait absolument défaut. La sanidine y existe encore à l'état d'élément ancien, en larges cristaux macroscopiques d'une grande pureté, très abondants, renfermant parfois en inclusions de très petits prismes allongés et verdâtres, non dichroïques, qui doivent être de nature augitique. Ce minéral existe du reste dans la roche en sections très nettes, mais toujours brisées et relativement rares. Ce fait constitue une exception parmi les rhyolithes, roches qui, d'après leur définition, ne devraient renfermer que de l'amphibole. Enfin le fer oxydulé et l'apatite s'y présentent comme précédemment.

Les produits d'altération y sont les mêmes. Dans les bandes rougeâtres que j'ai signalées, ceux de nature ferrugineuse sont très abondants ; toutes les petites baguettes noires et les amas granuleux sont transformés en limonite d'un brun orangé.

A l'extrémité nord de ce massif, près des premiers éboulis du grand effondrement, j'ai remarqué une autre bande rhyolithique verdâtre, composée d'une fort belle roche d'aspect euritique, légèrement schisteuse, à cassure tranchante, qui paraît plus cristalline que les précédentes, car on y distingue de très nombreuses petites lamelles miroitantes d'un feldspath vitreux.

En lamelles minces, elle est très transparente et donne l'image, dans la lumière simple, d'un verre incolore, au milieu duquel on distingue tout un semis de petits cristaux de fer oxydulé, quelques sections feldspathiques allongées et très transparentes, et de nombreuses petites veinules vertes de nature chloriteuse. Mais dans la lumière polarisée toute cette substance s'illumine et ne laisse que très peu de parties réellement amorphes; elle se décompose en une multitude de petites lamelles amincies, identiques aux précédentes, mais beaucoup plus nettes, qui polarisent faiblement et donnent à la préparation un aspect moiré. Le quartz y est extrêmement rare, tandis que la tridymite abonde.

Ces diverses masses éruptives ont en général de 20 à 25 mètres d'épaisseur; mais ce ne peut être là qu'une approximation, car leurs salbandes sont toujours peu distinctes; elles semblent se fondre le plus souvent dans le rhyolithe fondamental. Il existe au travers de ces deux sortes de roches d'autres dykes moins épais, mais beaucoup plus nets, par ce fait que la lave qui les constitue est très différente, et surtout aussi parce qu'ils ont exercé au contact des actions métamorphiques énergiques. Ces dykes sont de deux sortes: les uns, qui se présentent comme de véritables filons, traversent la falaise de bas en haut; ils sont remplis par des laves noires basaltiques qui appartiennent aux éruptions basiques; je les étudierai par conséquent plus loin; les autres, plus élargis et s'étendant beaucoup moins en hauteur, dépendent encore du massif rhyolithique. Deux d'entre eux sont représentés sur la vue géologique des falaises du nord-est, donnée dans la *Pl. XXIV*.

Le premier, large de 6 mètres à sa base, n'atteint guère qu'une hauteur triple et se termine en une pointe un peu contournée. La roche de remplissage est d'un gris jaunâtre, compacte par places, poreuse dans d'autres, et ne présente à l'œil nu d'autres éléments

discernables que de nombreuses petites lamelles feldspathiques. Sous le microscope, elle se décompose en une matière vitreuse d'un brun jaunâtre, peu transparente, dans laquelle paraissent noyés une multitude de microlithes allongés, aux extrémités bifurquées, qui, dans la lumière polarisée, se reconnaissent pour de l'oligoclase; ils sont nettement tricliniques et s'éteignent tous suivant leur longueur. Ces microlithes, très nombreux, alignés parfois en petites traînées fluidales, se groupent entre eux, le plus souvent d'une façon régulière, et, s'irradiant autour d'un centre, montrent une grande tendance à se disposer en sphérolithes. On remarque encore une série de petites ponctuations noirâtres qui forment de petits amas irréguliers ou de petites baguettes allongées; elles se retrouvent, aux forts grossissements, disséminées dans toute la pâte, qui leur doit sans doute sa couleur brune.

Les cristaux macroscopiques de feldspath, qui sont d'une grande fraîcheur, plus ou moins émoussés ou déchiquetés, appartiennent ici au système triclinique et se décomposent en trois ou quatre lamelles très réfringentes qui s'éteignent suivant leur longueur, sous les angles de l'anorthite (1).

Ces cristaux ont été amenés tout formés et leur consolidation date du moment où la roche était entièrement vitreuse, ainsi que la nature de leurs inclusions semble l'indiquer. Le fer oxydulé est fréquent, souvent même en cristaux assez développés ($0^{\text{mm}}, 05$); on les remarque surtout accolés à de grandes sections d'augite singulièrement brisées, qui datent également de la première phase de consolidation.

Cette roche, sur les salbandes, est très altérée; elle devient

(1) Sur dix extinctions rapportées à la longueur, j'ai obtenu les résultats suivants : 37, 50, 21, 27, 32, 64, 58, 45, 39 degrés.

tendre, friable même, et se trouve pénétrée par des produits siliceux (calcédoine et opale). Ces changements dans les caractères physiques extérieurs correspondent à des modifications profondes qui se sont faites dans sa texture intime, et que des lamelles minces, taillées dans ces parties latérales, permettent d'apprécier. Les microlithes d'oligoclase ont, pour ainsi dire, entièrement disparu ; les cristaux d'anorthite, si limpides dans la roche intacte, sont profondément corrodés ; leur surface, toute rugueuse, paraît comme chagrinée. Le fer oxydulé s'entoure de limonite, et l'augite lui-même, devenu jaunâtre, est visiblement attaqué ; ce seul fait indique l'énergie des actions chimiques qui se sont exercées. Dans la pâte vitreuse, les granulations opaques, également oxydées, se sont transformées en produits ferrugineux rougeâtres ; la roche est criblée de vacuoles, qui sont alors remplies de concrétions hyalithiques et de tridymite.

Ces altérations ne sont pas moins évidentes sur le rhyolithe encaissant ; de chaque côté, sur une étendue de 0^m,50 à 0^m,60, il est devenu bréchoïde, tous ses fragments semblent ressoudés par des concrétions siliceuses, et sur une assez grande distance la roche, profondément oxydée, prend des teintes d'un rouge vif.

Cette lave, par sa composition et sa structure, s'écarte complètement des rhyolithes normaux ; il n'en est pas de même de celle qui remplit le filon suivant, qui s'y rattache, au contraire, par un certain nombre de caractères et forme un type de transition entre les deux.

Cette nouvelle roche, d'un noir verdâtre et très compacte dans les cassures fraîches, qui sont plates et à bords tranchants, paraît entremêlée d'une multitude de lamelles feldspathiques brillantes, dont les dimensions atteignent en moyenne 3 millimètres en lon-

gueur et 0^{mm} , 5 en largeur; mais il en est d'autres qui, très nettement rectangulaires et marquées de stries tricliniques, facilement discernables à la loupe, sont larges de 1 millimètre sur une longueur double.

Sa densité est de 2,43, et sa teneur en silice de 70,60.

Elle forme une bande verticale, large de 8 à 10 mètres, qui traverse la falaise rhyolithique dans toute sa hauteur, et paraît flanquée, à droite et à gauche, de quelques amas ponceux qu'elle semble avoir soulevés; enfin, elle est elle-même coupée, dans divers sens, par de minces filons basaltiques, qui se sont encore glissés dans ses salbandes, où ils sont restés à l'état vitreux.

Sa texture est assez différente, suivant qu'on l'examine dans les parties latérales ou centrales du filon. Au centre, elle est très cristalline et se montre composée d'une multitude de cristaux microlithiques d'oligoclase rectangulaires et fluidaux, distribués au milieu d'une pâte vitreuse jaunâtre, absolument amorphe, marquée, comme toujours, de fines granulations, mais peu développée. Cette masse fondamentale, parsemée de magnétite en petites sections quadratiques ou en grains arrondis, empâte de larges sections rectangulaires ou octogonales d'un pyroxène augite vert foncé, qui contient de belles inclusions vitreuses. Quant aux cristaux macroscopiques de feldspath, ils sont les uns monocliniques et les autres tricliniques; les premiers, relativement rares, très purs et toujours émoussés, avec les macles de Baveno et de Carlsbad caractéristiques, se reconnaissent facilement pour de la sanidine; quelques larges sections simples, faites suivant ph' , qui se montrent traversées par les deux clivages rectangulaires et s'éteignent suivant leurs côtés, viennent confirmer cette détermination.

Un examen chimique des plaques montre que les sections tricli-

riques appartiennent à l'anorthite. Elles sont très abondantes ; leurs contours beaucoup plus nets et la présence d'un assez grand nombre d'inclusions de matière amorphe, analogue à la matière ambiante, permettent de les distinguer facilement des précédentes à la lumière simple. Elles renferment également en inclusions des prismes aiguillés de pyroxène augite, et, plus rarement, des hexagones de néphéline, limpides, incolores, très réfringents, si l'on en juge par leurs contours très accusés. Ce minéral existe aussi disséminé dans la roche, tantôt en très petits hexagones, tantôt en sections rectangulaires ou carrées, qui restent souvent complètement obscures, dans toutes les positions, entre les nicols croisés. Ces cristaux se troublent et deviennent nuageux quand on attaque la préparation par l'acide azotique, et ne peuvent ainsi se confondre avec l'apatite, qui disparaîtrait entièrement dans ces conditions.

Enfin, ce qui donne encore un aspect tout à fait particulier à cette roche, c'est qu'elle renferme en abondance de la tridymite, qui s'y montre en lamelles minces hexagonales et imbriquées, toujours enveloppées par des concrétions serpentineuses verdâtres, qui se comportent dans la lumière polarisée comme une substance gommeuse et qu'on serait tenté de prendre pour de l'opale colorée, si elles ne disparaissaient pas, en partie, à la suite d'une ébullition prolongée dans l'acide chlorhydrique. Leur origine secondaire, et par suite celle de la tridymite, qui renferme de cette même matière en inclusion, est incontestable. La *fig. 2* de la *Pl. VI* montre une de ces lamelles vue entre les nicols légèrement croisés à un grossissement de cent vingt fois.

Vers les salbandes, cette roche est beaucoup plus riche en fer oxydulé et en augite ; sa pâte, plus développée, est pétrosiliceuse. La tridymite et la serpentine y sont très rares.

Quant au basalte vitreux qui la traverse et l'accompagne, c'est un tachylite d'un brun foncé, sphérolithique par places, très transparent dans d'autres, rempli de cristallites et de microlithes d'anorthite; il entraîne, à l'état de cristaux en débris alignés dans le sens de la fluidalité et contournés par les productions cristallines du verre ambiant, de grandes sections d'anorthite, des granules de péridot, du fer oxydulé et de l'augite. L'apatite y est assez fréquente.

C'est évidemment à l'éruption de ce tachylite qu'il faut attribuer les altérations des ponces, qui semblent vitrifiées au contact et passent à une obsidienne noire faisant, pour ainsi dire, corps avec le verre basique.

Le mélange singulier d'espèces feldspathiques que ce dyke vient de nous présenter, et surtout cette association si étrange de l'orthose et de l'anorthite, se retrouvent dans certaines variétés des rhyolithes massifs. A l'extrémité sud de la petite baie qui s'étale au pied des deux filons dont il vient d'être question, j'ai recueilli en effet une belle roche, à pâte pétrosiliceuse, renfermant de nombreuses lamelles microlithiques de sanidine et du quartz granulitique, qui entraîne, avec de l'augite, des cristaux nombreux et très développés de sanidine, montrant une belle structure testacée et quelques sections d'anorthite toujours corrodées et brisées.

La tridymite abonde encore dans cette roche; elle affecte une disposition curieuse, ses lamelles imbriquées venant presque toujours s'appliquer à la surface des cristaux d'orthose, qu'elles recouvrent à la manière d'un vernis.

En beaucoup de points, les rhyolithes prennent des colorations vives, rutilantes même, et se trouvent fendillés, craquelés sur de grandes surfaces. Ils deviennent alors poreux, presque friables,

ou d'autres fois, conservant une grande ténacité, ils semblent complètement silicifiés. Ce sont là des indices d'altérations énergiques produites par d'anciens phénomènes geysériens, par des émanations acides qui se sont faites en ces divers points, et dont la présence est encore attestée par des accumulations considérables de geysérite et d'opale sous différents états.

L'analyse indique que les roches ainsi altérées se sont enrichies en silice au détriment des alcalis et qu'elles se sont en même temps hydratées :

	Analyse d'un rhyolithe très altéré.
Silice.....	76,61
Alumine.....	14,88
Fe ² O ³	5,02
Chaux.....	traces
Magnésie.....	0,05
Potasse.....	1,39
Soude.....	1,56
	<hr/>
	100,51
Perte au feu.....	2,87

L'examen microscopique y révèle une abondance extrême de tridymite. Tous les minéraux feldspathiques ont disparu en partie; ceux ferrugineux, comme l'augite et la magnétite, sont entièrement décomposés.

Tufs ponceux et perlites. — L'examen approfondi de la structure et des conditions de gisement des rhyolithes nous montre que ces masses ont dû sortir à l'état pâteux ou semi-fluide, par des fentes ou des cheminées souterraines, sans l'appareil habituel des volcans. Ce n'est pas à dire cependant que leurs éruptions se soient faites sans l'intervention des fluides élastiques: elles ont dû être associées aux plus violentes explosions. Au-dessus et au milieu d'elles on trouve, en effet, des amas considérables de ponces,

dont les projections ont été les premiers phénomènes qui, en ce point, aient signalé l'action énergique des forces souterraines. Ces produits meubles, qui ont surgi au sein des eaux, repris par elles, ont été modifiés et stratifiés ; ils forment maintenant de puissantes masses de conglomérats et de tufs ponceux, traversées et recouvertes par les épanchements de matière ignée de composition diverse des époques postérieures.

Ces projections sont de deux sortes (1) : les plus anciennes, soulevées par les rhyolithes, pincées entre leurs feuilletts, s'étalent à leur partie supérieure en une nappe peu épaisse (8 à 10 mètres, au maximum) et discontinue, presque horizontale dans le sud, fortement inclinée, au contraire, sur le revers opposé du massif, à l'extrémité nord de la baie des Manchots ; les plus récentes sont celles qui, dans cette dernière baie, ont été déjà signalées par M. de Hochstetter.

Toutes deux sont loin de se présenter avec l'éclat soyeux et l'aspect fibreux des ponces classiques ; les premières constituent des tufs friables, d'un gris verdâtre ou violacé, qui se mélangent parfois de quelques amas d'une obsidienne noire dévitrifiée et se décomposent en un grand nombre d'assises minces, bien distinctes, régulièrement stratifiées.

Le microscope montre ces tufs composés d'une multitude de petits fragments anguleux de ponce, cimentés par une matière amorphe légèrement jaunâtre et granuleuse. Transparente par places, presque opaque dans d'autres, suivant le degré de concentration des granules arrondis qui la colorent, cette matière prend une apparence corrodée et chagrinée à la surface et porte

(1) Elles ont été représentées dans les vues de côté de la *Pl. XXIV*, les premières par des lignes brisées — — —, les secondes par une suite de points compris entre deux traits

des indices manifestes d'altérations profondes; elle n'exerce aucune action sur la lumière polarisée et ne renferme pas trace d'associations cristallines. Les débris de ponce sont de même entièrement vitreux. Ils paraissent très étirés et leurs fibres simulent des filaments de verre, incolores, plus ou moins cylindriques, contournés et boursoufflés.

L'analyse y indique, ainsi qu'on peut en juger par les résultats suivants, une très grande proportion de silice, qui tient sans doute aux conditions particulières dans lesquelles ces brèches ponceuses microscopiques se sont produites, et surtout aux réactions exercées par l'eau au moment de leur projection.

Silice.....	70,17
Alumine.....	15,39
Fe ² O ³	2,95
Chaux.....	1,04
Magnésic.....	0,61
Potasse.....	6,18
Soude.....	2,26
	<hr/>
	98,60
Perte au feu.....	3,72

Les tufs ponceux de la baie des Manchots, qui recouvrent directement les précédents en stratification concordante, sont encore le produit d'éruptions sous-marines. La disposition régulière et l'alignement des matériaux dont ils se composent l'indiquent suffisamment. Ce sont de véritables conglomérats, formés non-seulement de débris ponceux de toutes dimensions, mais encore de nombreux fragments de rhyolithe et de différentes variétés d'obsidienne. Tous ces matériaux, loin d'être en désordre et confusément entassés, se séparent en petits lits distincts; ils paraissent en outre calibrés de telle sorte que les blocs les plus volumineux

et les plus lourds occupent la partie inférieure du dépôt. A la base, par exemple, immédiatement au-dessus des tufs sablonneux précédents, on voit une accumulation considérable de fragments anguleux de rhyolithes, souvent énormes, presque sans ponces intercalées, qui témoignent de la violence avec laquelle se sont faites ces nouvelles projections au début; puis les débris diminuent successivement de volume, si bien que dans les couches les plus élevées ils ne figurent plus au milieu des ponces que comme un sable grossier. Les ponces elles-mêmes, dont les fragments sont toujours bien reconnaissables à leur structure filamenteuse, mais difficiles à détacher de la masse, varient de bas en haut depuis les dimensions de la tête jusqu'à celles d'une petite noix. Il en est de même pour les obsidiennes, mais ces dernières se retrouvent à divers niveaux dans toute la masse; elles abondent dans la partie supérieure, au point de l'emporter en nombre sur les fragments de ponce, après avoir, pour ainsi dire, cessé sur une certaine épaisseur.

M. de Hochstetter a évalué la puissance de ces tufs, qui se décomposent ainsi en un grand nombre d'assises très inclinées, à 150 pieds (47^m,40). Leurs teintes, noires avec les obsidiennes, rougeâtres quand les débris de rhyolithes, qui sont toujours très altérés, prédominent, grises ou jaunâtres avec les ponces, sont ainsi très variées; elles donnent à l'ensemble un aspect tout à fait bigarré, d'autant plus que les ponces, profondément modifiées par les filons nombreux de dolérite et de laves basaltiques qui les traversent, se parent, au contact, des colorations les plus vives.

Ces ponces altérées se montrent encore, au microscope, très étirées, criblées de pores à gaz et formées d'un verre incolore, transparent, absolument amorphe. La matière vitreuse qui les

cimente, jaunâtre ou diversement colorée, marquée de granulations, porte en elle-même l'indication de son éruption sous-marine; elle ne montre aucune trace de fluidalité, mais prend souvent une apparence concrétionnée et se subdivise en une multitude de globules pyriformes ou arrondis, dont les contours sont marqués par une accumulation de matière brune qui semble s'être condensée à la périphérie, tandis que le centre est à peu près incolore et transparent. Cette disposition rappelle tout à fait celle des palagonites. D'autres fois elle paraît plus homogène, moins altérée; mais elle est alors interrompue par de nombreuses fissures perlitiques, qui ne sont autres que des fentes de retrait dues à un refroidissement subit, tel que le peut seul produire le contact immédiat des eaux. Ce verre, absolument amorphe, a entraîné quelques débris de sanidine; j'y ai reconnu également de rares cristaux d'augite très altérés. Enfin, il est rempli de substances zéolithiques très diverses.

Les obsidiennes, qui se trouvent si abondantes au milieu de ces tufs, varient depuis les dimensions microscopiques jusqu'à celles de la tête. Elles appartiennent surtout à cette variété riche en silice qui a pris le nom de *perlite* et se montrent en totalité formées d'éléments globuliformes ou polyédriques, si bien que, sous le choc du marteau, elles se réduisent en une multitude de petits globules vitreux, très brillants.

Ces perlites, essentiellement vitreuses, sont tantôt d'un noir obscur, tantôt grises avec des reflets bleuâtres. Leurs fissures caractéristiques, emboîtées comme les tuniques d'un oignon, sont faciles à distinguer, même à l'œil nu. Le microscope les indique remplies de silicates magnésiens hydratés, serpentine et chlorite, d'oxyde ferrugineux, et plus rarement de calcédoine, qui polarise vivement. D'autres fois, cette même roche, plus tenace

et légèrement transparente sur les bords, simule un verre bien homogène. Mais au microscope on y reconnaît encore les fissures écailleuses et les fractures rectilignes élémentaires des perlites; toutes ces cassures sont alors réduites à l'état capillaire. La *fig. 1* de la *Pl. VI* en donne un bon exemple.

Elles renferment à l'état de débris, toujours rares et isolés, de la sanidine, de l'oligoclase et, d'une façon tout à fait exceptionnelle, des prismes d'augite assez allongés, avec des petits cristaux en débris anguleux, limpides et incolores, exerçant sur la lumière polarisée une action des plus vives, qui ne peuvent se rapporter qu'à du quartz. Quelques microlithes incolores, probablement feldspathiques, avec des cristallites brunâtres et opaques, s'y laissent encore reconnaître.

Une analyse de cette roche, par M. de Hauer, a fourni les résultats suivants :

Silice	67,53
Alumine	12,50
Fe ² O ³	4,98
Mn ² O ³	0,19
Chaux	2,15
Magnésie	0,12
Potasse	2,98
Soude	1,18
Perte au feu	1,65
	<hr/>
	99,45

Avec ces perlites, il faut citer une obsidienne noire, filamenteuse, qui se présente sous l'aspect d'une ponce vitrifiée et se montre au microscope traversée par une multitude de pores à gaz allongés, manifestement orientés, mais dans des directions très diverses, qui se croisent, pour ainsi dire, dans tous les sens. Cette variété prend ainsi une apparence bréchiforme; elle se décompose

en une multitude de fragments qui, originairement réunis et formant une masse continue, semblent maintenant poussés en désordre les uns contre les autres. Elle ne renferme aucun produit cristallin.

Une autre variété, qui se trouve localisée dans les couches inférieures et ne se montre jamais qu'en très petits fragments, réduits presque aux dimensions microscopiques, est constituée par un verre brunâtre, très transparent, absolument amorphe et bien homogène, mais littéralement rempli de microlithes feldspathiques disposés par traînées régulières qui alternent avec des cristallites et des trichites aux formes très contournées. Le microscope seul permet d'en reconnaître la présence, car à l'œil nu ces petits fragments ne sauraient se distinguer de ceux fournis par les verres volcaniques précédents.

Enfin, au milieu des conglomérats rhyolithiques de la base, on rencontre encore par gros fragments anguleux, affectant parfois des formes polyédriques, une obsidienne lithoïde particulièrement intéressante. Cette dernière, beaucoup plus siliceuse que les perlites, car sa teneur en silice s'élève à 74,57 pour 100, est en même temps absolument opaque, très compacte et très dure. Le plus souvent oxydée et rougie à la surface, ou recouverte d'un enduit siliceux assez épais, elle prend sur ses cassures fraîches un éclat résineux bien prononcé. Une substance brune ou rougeâtre, qui s'isole de la pâte, généralement d'un beau noir, et se dispose en longues traînées sinueuses, lui communique un bel aspect zoné; de nombreux fragments de rhyolithe, larges souvent de plusieurs centimètres, et facilement reconnaissables à leurs colorations claires, s'y trouvent empâtés.

Ce verre acide est absolument pétrosiliceux; on ne peut le rendre transparent qu'en réduisant les plaques à un état de min-

ceur extrême. Il présente au microscope une belle structure fluidale, indiquée surtout par des grains très colorés, vraisemblablement dus à des oxydes de fer, qui s'alignent en petites traînées très continues, absolument pressées les unes contre les autres, au milieu d'une substance vitreuse transparente et décolorée, disposée elle-même par bandes larges de $0^{\text{mm}},5$ à $0^{\text{mm}},2$, alternant régulièrement avec d'autres bandes jaunâtres ou d'un brun assez foncé, qui se décomposent en une multitude de sphérolithes finement radiés. Ces sphérolithes sont formés de petites particules cristallines, orientées, indiscernables individuellement, même aux plus forts grossissements, mais dont la présence est bien accusée par leur action vive sur la lumière polarisée. Leur production est bien évidemment antérieure à la fluidalité, qui les a visiblement entraînés et disloqués. Souvent ils sont absolument pressés les uns contre les autres; mais d'autres fois ils paraissent noyés au milieu d'une substance vitreuse, brune et très transparente, découpée par de nombreuses et belles fissures perlitiques. Au milieu des masses sphérolithiques, quelques micro-lithes feldspathiques apparaissent d'une façon bien indépendante; ils n'ont pas pris part à la formation des sphérolithes, qu'ils traversent d'une façon quelconque.

Au milieu des bandes incolores, on remarque encore des parties cristallisées constituées par des amas de tridymite. Ces bandes représentent donc un état de spécification des éléments plus avancé que dans les parties sphérolithiques. La silice s'y est complètement individualisée, et la matière colorante ferrugineuse s'est condensée sous forme de granules.

Les fragments de rhyolithe que cette roche a visiblement entraînés, et qui s'orientent dans le sens de la fluidalité, sont à peine altérés. Il semble que la substance vitreuse qui les enveloppe les

ait préservés, car leurs éléments apparaissent avec une fraîcheur que ne possède aucune des roches massives étudiées précédemment. Ils appartiennent tous à un type unique constitué par une roche bien transparente, presque entièrement cristallisée et composée essentiellement de sanidine, en petites lamelles rectangulaires soigneusement enchevêtrées avec du quartz granulitique et parsemées de fer oxydulé.

Trass à sanidine. — Les vues de côte de la *Pl. XXIV* montrent que dans toute la partie nord des falaises du nord-est les conglomérats ponceux à perlite manquent absolument. Les rhyolithes et les tufs ponceux anciens sont là, recouverts directement par un puissant système de trass volcaniques, qui se présentent sous forme de masses argiloïdes ou sablonneuses peu cohérentes, d'un blanc assez vif, marquées de taches ou de larges bandes assez irrégulières affectant toutes les teintes, depuis le vermillon jusqu'au violet foncé. Elles sont loin de présenter la stratification régulière des assises précédentes, surtout dans leur partie inférieure, où elles semblent faire corps avec les roches compactes qui les supportent, à ce point que l'on serait tenté de supposer que, loin de représenter une formation spéciale, elles ne résultent que d'une épigénie complète des rhyolithes et des tufs ponceux.

Ces trass, terreux et friables le plus souvent, sont très purs et ne renferment aucun débris de roches plus anciennes. Ils se délayent facilement dans l'eau, en donnant une pâte ductile, ce qui prouve leur nature argileuse, ne font nullement effervescence dans les acides et fondent difficilement au chalumeau en un émail grisâtre, plus ou moins coloré. Quelquefois ils prennent une apparence concrétionnée, passant ainsi à l'état bolaire; ils sont alors plus siliceux et se désagrègent dans les lessives alcalines, qui en dissolvent une certaine proportion de silice gélatineuse.

Au microscope, ils semblent composés d'une matière amorphe granuleuse, très peu transparente, troublée par une multitude de petits corps opaques ou d'un brun foncé, qui disparaissent rapidement dans l'acide chlorhydrique étendu. La matière amorphe, devenue presque incolore, se présente alors en petites masses mamelonnées, contenant souvent de petits globules légèrement verdâtres, isolés ou agrégés. Cette attaque par l'acide, surtout si on la prolonge suffisamment, met en évidence quelques produits cristallins, tels que du quartz, des lamelles de sanidine d'une grande pureté, et plus rarement de petits prismes aiguillés d'augite. Le quartz, dans ces trass, mérite une mention spéciale : il se présente sous une forme pseudo-globulaire, en petites masses bothryoïdes qui exercent sur la lumière polarisée une action des plus vives et rappellent souvent par leur disposition concentrique la structure de l'hyalite.

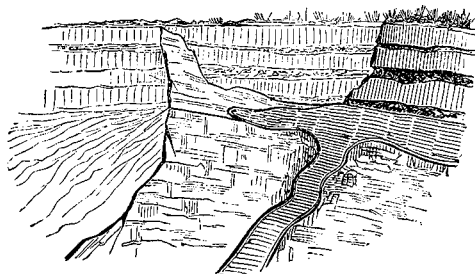
Ces trass portent toujours l'indication bien nette d'altérations profondes, comme celles que peut seule produire l'intervention de l'eau; ils résultent encore de projections sous-marines, moins violentes, mais tout aussi évidentes que celles qui ont donné lieu aux tufs et aux conglomérats ponceux.

En divers points, et notamment à leur partie supérieure, par suite d'une transformation complète, due à des actions secondaires, on les voit passer à de véritables *alunites*. Cette nouvelle roche, plus cimentée, plus compacte, mais cependant se délayant encore facilement sous l'eau, est très hydratée; elle est soluble presque en totalité dans l'acide sulfurique concentré, qui laisse comme résidu d'assez nombreux petits fragments de quartz; elle possède une saveur alumineuse et développe une forte odeur sulfureuse par la calcination. Sa composition est la suivante :

Silice.....	28,60
Alumine.....	33,45
Oxyde de fer.....	2,00
Potasse.....	5,42
Acide sulfurique.....	24,57
Eau.....	6,18
	<hr/>
	100,22

Elle forme des amas irréguliers qui, parfois plus résistants que les trass environnants, s'isolent et restent en saillie en avant des escarpements (*fig. 34*), mais qui, le plus souvent, sans limites

Fig. 34.



Piton d'alunite traversé par un dyke de lave basaltique.

bien définies, passent insensiblement à la roche vive originale; on les reconnaît alors à leur teinte blanche et à l'absence de tout indice de stratification.

L'aspect de ces gisements et leur mode inégal de répartition correspondent bien à l'idée que l'on doit se faire des agents de ces altérations. Ils représentent évidemment des portions de trass traversées par des émanations acides, et notamment par des vapeurs sulfureuses (hydrogène sulfuré), qui, se décomposant au contact de l'air, ont produit de l'acide sulfurique, lequel a fortement réagi sur les roches soumises à son contact. Ainsi se trouve

également expliquée la présence fréquente du sulfate de chaux et du sulfure de fer aux alentours de ces anciens dégagements.

Un autre mode d'altération a amené la formation, en ces mêmes points, de dépôts siliceux très abondants, qui se présentent tantôt sous l'aspect de véritables meulières, tantôt sous celui de silex compactes. Cette silice, due évidemment à l'action dissolvante exercée par des vapeurs surchauffées ou par des eaux thermales sur les silicates alcalins, s'est encore infiltrée dans les trass, qu'elle a pénétrés d'une façon intime suivant des zones minces et séparées, laissant entre elles des bandes altérées, mais non consolidées, et disposées de telle manière qu'elles dessinent une série de plis et de zigzags très singuliers.

Toutes ces actions, qui se sont également produites au travers des rhyolithes et des tufs ponceux, ont exercé sur ces roches les mêmes effets, mais d'une façon moins énergique à cause de leur perméabilité moins grande.

Massif basaltique.

Dolérite. — Aux éruptions rhyolithiques ont succédé des produits tout à fait différents, qui sont devenus essentiellement basiques, et le début de cette nouvelle phase d'activité a été marqué par l'apparition des dolérites.

Ces roches forment dans la baie des Manchots deux énormes filons, d'épaisseurs presque égales (9 et 11 mètres), qui se dressent verticalement au travers des tufs et des conglomérats ponceux (*Pl. XXIV*, baie des Manchots, vue prise du Nine-Pin), et se dirigent ensuite vers l'intérieur du bassin, où on les voit se prolonger jusque sous le grand éboulis qui précède les espaces chauds, en face de l'entrée. Elles constituent ainsi dans le nord, à la base

des parois du cratère, une bande continue qui, sur une longueur de 1000 à 1200 mètres, s'élève en moyenne de 35 à 40 mètres au-dessus des eaux.

La végétation, très épaisse dans toutes les parties basses, les recouvre de telle sorte, qu'on ne les voit affleurer qu'en un petit nombre de points, parmi lesquels il faut surtout citer le sentier qui conduit aux sources thermales. Là, elles apparaissent par blocs énormes, souvent disloqués et séparés, qui peuvent être facilement atteints. Ce sont des roches compactes, d'un noir verdâtre, entièrement cristallines, qui se montrent surtout composées d'un beau feldspath triclinique, dont les cristaux atteignent en moyenne $0^{\text{mm}},5$ dans toutes leurs dimensions; soigneusement enchevêtrés les uns dans les autres et soudés à la roche, on ne peut les obtenir sans les briser par petits fragments, qui sont alors très transparents et colorés en jaune ambré; avec un peu d'attention, on peut encore distinguer, au milieu de cette multitude de facettes miroitantes, quelques cristaux isolés d'augite, noirs et rugueux, puis d'une façon tout à fait accidentelle des grains arrondis d'olivine presque toujours altérés.

Elles sont assez fortement magnétiques. Leur densité est de 2,84.

Un type franc de cette dolérite, pris dans les roches du sentier que je viens d'indiquer, réduit en lamelle mince et examiné au microscope, présente les caractères suivants :

La structure est franchement cristalline; cependant on distingue encore çà et là quelques restes d'une substance vitreuse brunâtre, complètement amorphe, rendue souvent opaque par une multitude de petits grains ou de cristaux de magnétite.

Le magma de consolidation récente est constitué par des micro-lithes de labrador courts et élargis, d'une grande pureté; par

des cristaux d'augite verdâtres, non dichroïques, qui se présentent soit sous la forme microlithique, c'est-à-dire en longues aiguilles fusiformes, presque incolores et très allongées, soit en granules arrondis dont les dimensions moyennes sont de $0^{\text{mm}},04$; enfin, par de très petits octaèdres de fer oxydulé.

Tous ces petits cristaux, distribués sans ordre et sans le moindre indice de fluidalité, sont logés entre les interstices d'autres cristaux beaucoup plus développés, toujours en débris, qui représentent une phase de consolidation plus ancienne. Ces éléments anciens, qui sont encore pour la plupart de même nature que les précédents, se présentent dans l'ordre d'importance suivant :

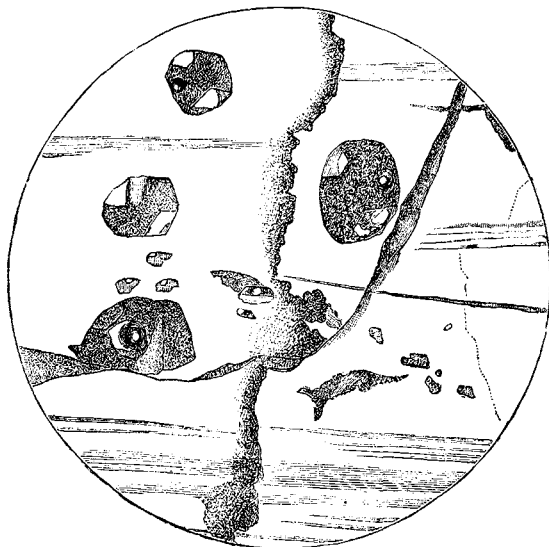
Labrador. — Grandes cristaux tricliniques, exerçant sur la lumière polarisée une action des plus vives, composés d'un grand nombre de lamelles hémitropes, toujours très distinctes. Quelques sections allongées, presque rectangulaires, faites suivant $g'h'$, donnent pour les extinctions de deux de ces lamelles consécutives des angles qui ne dépassent pas 17 ou 18 degrés, ces valeurs sont les mêmes pour les extinctions de chacune de ces lamelles, rapportées à leur longueur. Mais les sections voisines de ph' , perpendiculaires aux précédentes par conséquent, et facilement reconnaissables à leurs formes presque carrées, sont plus nombreuses; elles donnent, pour chaque lamelle, des angles d'extinction beaucoup plus considérables, qui atteignent, mais ne dépassent pas 30 degrés.

Leurs inclusions nombreuses méritent d'être mentionnées; elles sont le plus souvent entièrement amorphes, formées d'une substance vitreuse identique à celle qu'on reconnaît encore dans la roche et chargée, comme elle, de granulations opaques qui les rendent peu transparentes; elles affectent des formes régulières, qui reproduisent exactement les formes extérieures du cristal, et

se trouvent parfois en nombre considérable, alignées d'une façon régulière suivant les plans de maclé.

D'autres inclusions, à contours irréguliers ou arrondis, sont remplies d'une matière très colorée, mais plus homogène et plus transparente que la précédente; elles renferment toujours une ou plusieurs bulles de gaz. Cette substance, également amorphe, présente parfois des indices de cristallisation très évidents, représentés soit par un réseau de petits cristaux ultra-microscopiques, soit par une concentration de la matière colorante au centre de l'inclusion, qui laisse sur les côtés des formes polyédriques incolores et régulières comme celles que reproduit la *fig.* 35.

Fig. 35.



Inclusions semi-cristallines dans un feldspath labrador de la dolérite.
Grossissement : 250 diamètres.

Les pores à gaz sont également fréquents dans ces feldspaths, qui contiennent encore, mais plus rarement, des petits cristaux d'apatite avec des prismes aiguillés d'augite.

Augite. — Généralement très coloré et sans dichroïsme appréciable, ce minéral se présente en larges sections ($0^{\text{mm}},5$ sur $0^{\text{mm}},2$), toujours brisées et traversées par de nombreuses traces de clivages, qui le plus souvent se croisent sous des angles très voisins de 90 degrés. Les extinctions s'y font suivant les bissectrices de ces clivages, parallèlement aux faces h^1 et g^1 , qui parfois sont encore reconnaissables. Ces sections, difficilement attaquées par le polissage, sont rugueuses, mais cependant toujours bien transparentes; elles sont exemptes d'inclusions.

Péridot. — Grains arrondis, d'un jaune cireux, craquelés et fendillés dans tous les sens, portant toujours des traces d'altérations qui se sont faites suivant ces cassures et ont amené la formation d'un dépôt ferrugineux rougeâtre qui parfois envahit le cristal tout entier. Ce minéral est bien moins abondant que les précédents; il en est de même des deux suivants.

Fer oxydulé et titané. — Le premier de ces deux oxydes se présente sous ses formes quadratiques habituelles; le second donne lieu à des sections rhombiques très allongées, découpées souvent de façon à dessiner des figures bizarres, entourées ou recouvertes d'une substance opaline blanchâtre due à une décomposition du minéral.

(M. de Hochstetter avait pensé que cette roche devait contenir de la néphéline; aucune des nombreuses lamelles que j'ai examinées ne m'en a présenté la moindre trace.)

Une analyse de M. de Hauer lui donne pour composition les résultats suivants :

Silice	51,09
Alumine	18,48
Fe ² O ³	13,49
Mn ² O ³	0,05
Chaux	8,72
Magnésie	4,12
Potasse	1,78
Soude	1,99
Perte au feu	0,78
	<hr/>
	100,05

Densité 2,814

Cette roche s'altère facilement sous l'influence des agents atmosphériques; elle prend alors une teinte ocreuse ou grisâtre, et son feldspath semble kaolinisé. Dans le fond du cratère, près des espaces chauds, elle apparaît profondément modifiée par les fumerolles, et se transforme, sous leur action, en une argile blanchâtre, pénétrée de silice et de carbonate de chaux.

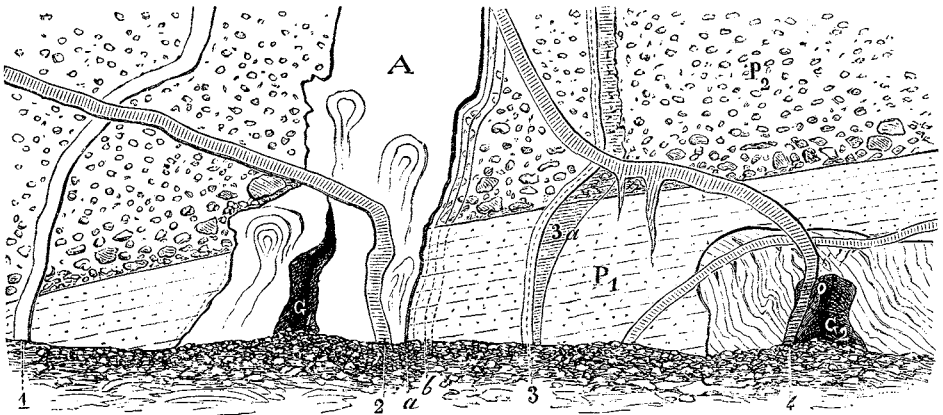
Non loin de là, près d'une petite grotte naturelle qui découvre à marée basse et dans laquelle on peut alors pénétrer, elle se décompose en boules énormes, généralement ovalaires, qui se débitent sous le marteau en un grand nombre de calottes concentriques, emboîtant un noyau compacte qui présente seul tous les caractères de la dolérite franche, les couches extérieures étant absolument altérées.

En d'autres points, et notamment au-dessus des saleries de poissons, cette même roche, par suite d'une orientation manifeste et d'un aplatissement des cristaux de labrador, qui se réduisent à l'état de lamelles minces couchées suivant pg' , devient schisteuse au point de se débiter facilement en dalles grossières, d'une épaisseur uniforme de 0^m,3 à 0^m,5, que les pêcheurs exploitent pour établir leurs abris. Ces points, bien connus des capitaines de pêche,

ont été signalés, dans diverses relations de voyages, sous le nom de *carrières de pierres plates*.

Enfin elle présente encore dans sa masse des parties qui tantôt sont plus cristallines, tantôt sont, au contraire, plus vitreuses, et par conséquent plus compactes encore que le type précédemment étudié. Déjà M. de Hochstetter avait signalé, parmi les blocs du sentier des Sources, un filon dans lequel tous les éléments de la roche, absolument distincts et nettement séparés, se reconnaissent chacun à leur forme cristalline spéciale. Les filons de la baie des Manchots renferment, au contraire, plus de matière amorphe, et les cristaux de labrador y sont moins développés.

Fig. 36.



Détail de la base des falaises à l'extrémité nord-est de la baie des Manchots :

P₁, tufs ponceux anciens ; P₂, conglomérats ponceux et rhyolithiques ; A, dyke de dolérite ; 1, 2, 3, 4, filons basaltiques ; O, rhyolithe schisteuse ; G₁, G₂, grottes naturelles.

Celui situé dans le nord de ces falaises, et que représente en A la coupe ci-dessus (*fig. 36*), est en même temps vacuolaire ; il est criblé de petites cellules arrondies, remplies de silice ou de substances zéolithiques diverses, et traversé en maints endroits par des fissures irrégulières, qui aboutissent à des cavités allongées,

profondes de plusieurs centimètres, dont les parois sont tapissées d'une multitude de petits cristaux brillants (1).

Ces géodes renferment encore souvent une sorte d'halloysite rougeâtre, nuancée de parties jaune vif, à pâte extrêmement fine, qui prend sous l'ongle un beau poli et se casse facilement en fragments anguleux assez résistants. Parmi les espèces minérales nombreuses qui tapissent ces géodes très-remarquables, il faut surtout citer l'*anorthite*, en lamelles minces, nacrées, complètement incolores, larges de 1 à 2 millimètres; ce sont elles qui sont de beaucoup les plus abondantes : absolument pressées les unes contre les autres, elles sont parfois entremêlées de quelques paillettes de *tridymite*. L'*arragonite*, en prismes rectangulaires droits très transparents, forme des petits groupes, élevés de 4 à 5 millimètres. Enfin les substances dont les noms suivent doivent être considérées comme beaucoup plus rares :

Wollastonite. — En petites tables aplaties, chargées de facettes, à reflets nacrés, (1 millimètre sur 1^{mm},5).

Méionite. — Prismes droits à base carrée, d'un blanc laiteux, cannelés sur les côtés, facilement fusibles avec bouillonnement en un verre spongieux blanc (1 à 2 millimètres).

Apophyllite. — Cristaux octaédriques d'un blanc mat, recouverts le plus souvent par des oxydes de fer hydratés (3 à 4 millimètres).

Analcime. — En petits trapézoèdres limpides parfaitement incolores (3 millimètres).

On pourrait supposer que tous ces minéraux ont été produits dans les géodes par voie de sublimation; mais, le plus souvent, au lieu d'être appliqués directement sur la roche, ils sont implantés

(1) Ce filon, à sa base, est divisé pour ainsi dire en deux branches par une grotte assez élevée (G₁, fig. 35), qui semble avoir été produite par un retrait dans la masse; la branche nord, coupée par un large filon de basalte, est très altérée et ne présente aucun des phénomènes que j'indique, qui sont ainsi localisés dans la branche sud.

sur une petite couche d'opale qui recouvre les parois à la manière d'un vernis. Il faut donc attribuer leur présence à d'anciennes sources thermales, ou mieux à des dégagements de vapeur d'eau plus ou moins chargée d'acide carbonique, qui, réagissant sur les silicates alumineux et alcalins de la dolérite, a mis la silice en liberté; elle s'est déposée tout d'abord, puis les différents sels se sont échelonnés en raison de leur solubilité. La régénération du feldspath à l'état d'anorthite est, dans ce cas, un fait fort intéressant.

Laves et tufs à anorthite. — Jusqu'à la fin des dolérites il y a eu écoulement de matière volcanique sans production de cratère, et, si les éruptions s'étaient arrêtées là, on trouverait aujourd'hui un piton uniquement composé de roches rhyolithiques, traversées par des filons de dolérite. Mais l'activité du volcan, loin de se ralentir, est allée sans cesse en augmentant, et de nouvelles roches sont apparues autour de ce premier massif émergé. Ces roches, qui se sont alors épanchées en coulées très fluides, ont été précédées, puis accompagnées de projections subaériennes de cendres et de scories, et l'île a pris la forme cratérique qu'elle a conservée depuis.

J'ai déjà dit combien longue avait dû être cette période lavique et quelles avaient été les modifications qui s'étaient faites dans les produits épanchés pendant toute sa durée; je donnerai seulement aujourd'hui les caractères généraux du type franc de chacune des principales coulées, me réservant de revenir prochainement sur leur étude, afin d'entrer dans tout le détail des variations que chaque coulée comporte, soit dans son épaisseur, soit et surtout suivant sa distance au foyer éruptif, c'est-à-dire suivant qu'on l'examine dans les parois du cratère, sur les pentes du versant extérieur ou dans les petites falaises de la côte.

Les plus anciennes de ces laves, celles qui recouvrent directement la dolérite et les roches anciennes, sont caractérisées par ce fait qu'elles ne renferment que de l'anorthite comme élément feldspathique. Elles se composent d'un grand nombre de coulées très régulières et très continues, d'une épaisseur moyenne de 1 à 3 mètres, qui alternent avec des lits de matériaux scoriacés dont l'épaisseur est moitié moindre.

Très développées dans le nord du cratère, elles forment dans sa paroi intérieure une bande large de 60 à 70 mètres, qui épouse les contours de la dolérite, s'abaisse comme elle vers le sud, où elle paraît s'enfoncer sous les eaux, de telle sorte qu'à l'extrémité opposée elle ne s'élève plus que de 15 à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elles sont en même temps peu étendues en surface et n'affleurent dans les parties basses des falaises extérieures qu'en un petit nombre de points : à la pointe Schmith, par exemple, de chaque côté du cône de scories, on en voit deux coulées (n° 1, *fig.* 29) qui sont en partie masquées par les galets.

Ce sont des roches généralement grisâtres, d'apparence grenue et très scoriacées, qui souvent même sont criblées d'une telle quantité de vacuoles, qu'elles prennent un aspect spongieux. Une grande quantité de cristaux de feldspath largement développés (5 sur 7 millimètres) leur communiquent une belle structure porphyroïde. Leur ténacité est faible ; elles se brisent facilement sous le marteau, en se réduisant en poussière. Leur densité est de 2,79.

En lamelles minces, sous le microscope, elles apparaissent presque entièrement cristallisées. Le magma de consolidation récente est constitué par des microlithes allongés d'anorthite, plus ou moins bien terminés, suivant qu'on les observe dans les parties centrales ou externes des coulées, et par de très nombreux

granules d'augite d'un vert jaunâtre, ne présentant jamais de formes régulières. A ces deux éléments, qui sont de beaucoup les plus abondants, vient s'ajouter le fer oxydulé, qui, toujours bien cristallisé, indique par ses groupements multiples, dessinant des figures régulières très délicates, qu'il n'a subi aucune trace de charriage. Ça et là, entre les interstices de ces différents cristaux, on remarque alors quelques parties restées à l'état amorphe et constituées par un verre brun, plus ou moins foncé, marqué de granulations opaques.

Ces mêmes éléments se retrouvent à l'état de cristaux anciens, en débris, qui représentent une phase de consolidation du magma antérieure à l'épanchement de la roche, et se sont trouvés, par conséquent, charriés dans la lave fluide. Sous ce nouvel état, l'anorthite prédomine; c'est lui qui forme ces beaux cristaux macroscopiques que j'ai déjà signalés. Sa structure triclinique est si accusée, qu'elle se distingue facilement à l'œil nu; il renferme en assez grand nombre des inclusions d'une matière vitreuse, très analogue à celle conservée dans la roche.

Sa pureté est très grande; mais il était difficile de l'extraire et de l'obtenir intact, à cause de son adhérence intime avec le magma qui l'enveloppe. Pour en faire l'analyse, j'ai donc été obligé de réduire ses fragments en une poudre demi-fine que j'ai soumise à l'action d'un électro-aimant faible; ce procédé a encore eu l'avantage d'enlever complètement toutes les particules provenant des inclusions vitreuses riches en fer oxydulé, qui se trouvaient facilement attirables.

Le résidu, obtenu dans un grand état de pureté, m'a donné, pour la composition de ce feldspath, les résultats suivants :

		Oxygène.	Rapport observé de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes.
Silice	43,77	23,01	1 : 3 : 4
Alumine	34,19	16,05	
Fe ² O ³	1,05	0,84	
Chaux	17,64	5,40	
Magnésie	0,86	0,34	
Soude	1,17	0,31	
Potasse	0,82	0,12	
	99,50		

Densité 2,734

L'augite en grands cristaux paraît différent de l'augite micro-lithique qui constitue la pâte; il est plus colorée et légèrement dichroïque; ses sections, peu brisées, mais toujours émoussées, sont le plus souvent allongées (0^{mm},4) et traversées par des lignes de clivage parallèles entre elles et à leur allongement; il est donc vraisemblable qu'elles sont faites suivant *h'*; les extinctions, qui, dans ce cas, sont toutes longitudinales, vérifient cette détermination.

Le péridot, dans cette roche, paraît exceptionnellement rare; il s'y montre très roulé. Je n'en ai vu que deux ou trois exemples bien nets dans toutes les préparations que j'ai examinées.

Le cratère, au début de ces éruptions, ne devait pas être complètement fermé, ou tout au moins il était peu élevé et les eaux de l'Océan pouvaient y avoir un facile accès. Une puissante formation de tufs stratifiés, dus évidemment à des éruptions sous-marines, qui s'intercale parmi les coulées inférieures de ces laves à anorthite, vient en témoigner.

Ces tufs, que M. de Hochstetter avait crus en relation directe avec la sortie des dolérites, sont en réalité plus récents. Appuyés, en stratification discordante, sur les conglomérats ponceux

de la baie des Manchots, ils paraissent d'abord très inclinés, puis s'abaissent jusqu'à devenir presque horizontaux et diminuent alors beaucoup d'épaisseur vers l'est, où on les voit passer par-dessus quelques coulées des laves précédentes, qui affleurent au niveau du balancement des marées et découvrent à la basse mer. Ce sont des masses argiloïdes compactes, jaunes ou le plus souvent verdâtres, qui se disposent par couches épaisses alternant avec des lits de véritables conglomérats, au milieu desquels on rencontre des débris de toutes les roches plus anciennes, rhyolithes, dolérite et laves à anorthite. Ils forment, en totalité, ce talus incliné et glissant que les manchots franchissent pour gagner leurs demeures élevées. Souvent ils sont entremêlés de petits lits, en apparence sablonneux, renfermant une multitude de cristaux d'anorthite, avec quelques prismes d'augite noirs, assez volumineux et fort nets.

Ces anorthites sont remarquables par leurs dimensions, qui rappellent celles des cristaux célèbres de la Somma; ils sont d'un jaune verdâtre, peu transparents et littéralement remplis de magnifiques inclusions vitreuses, formées d'une substance brunâtre peu colorée, absolument amorphe et contenant toujours une ou plusieurs bulles de gaz.

Le microscope montre ces tufs principalement constitués par des concrétions palagonitiques incolores ou verdâtres; ils contiennent, avec d'assez nombreux débris des deux minéraux précédents, quelques cristaux de fer oxydulé et des fragments de scories vitreuses.

Laves doléritiques et basaltiques; latérites. — Ces laves, dont les éruptions ont immédiatement suivi celles des précédentes, se reconnaissent facilement, même de loin, à leurs teintes toujours sombres, à l'épaisseur ainsi qu'à la compacité de leurs coulées.

Elles forment encore dans l'intérieur du cratère une bande continue, large de 80 à 100 mètres, qui prend les parois en écharpe, en s'inclinant fortement vers le sud. Quand on arrive au mouillage, en face de l'entrée, cette bande, dans le fond du cratère, apparaît avec une grande netteté, surtout dans la partie nord, où elle donne lieu à de grands escarpements ruiniformes d'un noir absolu.

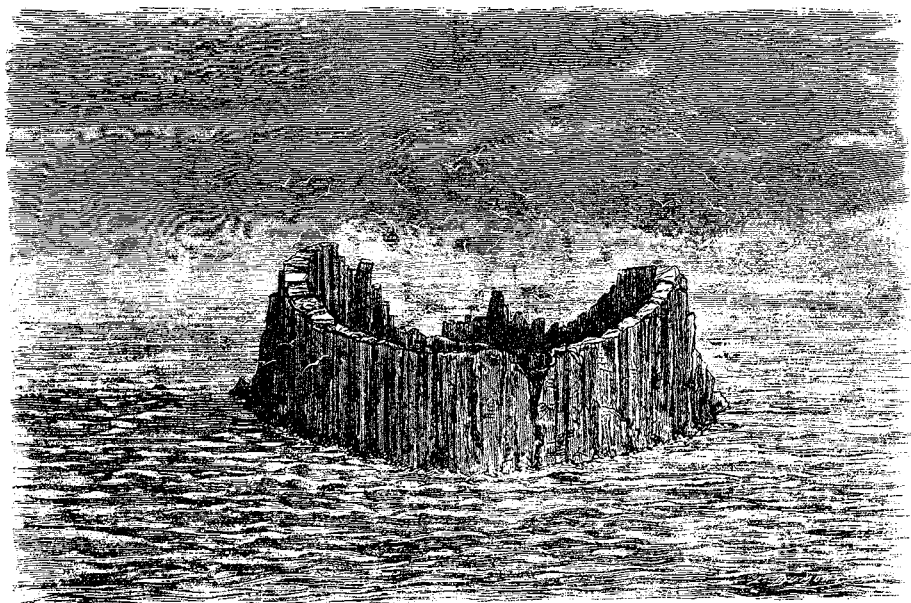
Dans les falaises de la côte extérieure, elles ne sont pas moins distinctes. Elles les occupent parfois dans toute leur étendue; mais le plus souvent, comme autour des cônes de scories des pointes ouest et sud (*Pl. XIX*), elles ne règnent seulement que dans les parties basses. On les voit là se décomposer en une longue série de bancs très épais, dont la continuité peut souvent être suivie sur 500 ou 600 mètres, et pourtant ces coulées sont alors loin d'être coupées dans le sens de leur longueur. Elles alternent régulièrement avec des lits, plus ou moins importants, de scories rougeâtres, meubles, ou parfois réunies par un ciment solide de nature basaltique.

Ces laves sont le plus souvent compactes, bien homogènes et très résistantes; elles prennent encore une structure schisteuse et peuvent alors se cliver en longues plaques tabulaires, douées d'une grande sonorité, qui rappelle celle des phonolithes; les coulées qui surmontent les falaises de la baie des Manchots affectent cette dernière disposition d'une façon tout à fait remarquable. D'autres fois, comme dans les falaises du nord-est, par suite de retraits réguliers, elles ont une tendance à se décomposer en prismes verticaux; l'ilot du Nord (*fig. 37*), qui appartient à une des plus compactes de ces coulées, en montre un bel exemple; mais cette structure, qui n'est en réalité bien nette qu'en ce point spécial, est peu fréquente.

On peut en distinguer deux variétés principales :

Les unes sont d'un gris bleuâtre, finement poreuses, devenant même cellulaires, et criblées alors de vacuoles généralement allongées, dont les parois brillantes semblent recouvertes d'un enduit brunâtre très coloré. Le plus souvent absolument adélogènes,

Fig. 37.



L'îlot du Nord (colonnades basaltiques).

elles se chargent, par places, de grands cristaux feldspathiques d'un blanc mat (2 millimètres sur 3), autour desquels on reconnaît encore quelques prismes noirs d'augite ; mais ces variétés porphyroïdes constituent plutôt un accident minéralogique au milieu des coulées qu'une roche distincte.

Les autres sont toujours plus compactes ; leur pâte fine et serrée, d'un noir verdâtre très prononcé, possède un aspect tout

à fait cristallin : elle prend sur les cassures fraîches, qui sont plates, avec des bords tranchants, un éclat lustré tout particulier. Le plus souvent on y distingue encore, çà et là, de grands cristaux de feldspath (3 millimètres sur 4), mais qui sont alors vitreux et miroitants, sans contours distincts et intimement soudés à la roche. Toutes sont fortement magnétiques, ce qui tient à la présence du fer oxydulé, et surtout à leur nature pyroxénique.

Les premières répondent assez bien à la description que Cordier a donnée des *basanites*; leur densité varie de 2,76 à 2,80. J'en prendrai le type dans ces grandes et belles coulées compactes qui enveloppent le cône de scories de la pointe nord (n° 2 de la *fig.* 29), ou bien encore dans les coulées massives qui forment la base du Nine-Pin.

Elles se composent essentiellement de labrador, d'augite et de fer oxydulé; le péridot, si rare dans les laves précédentes, devient ici plus abondant, quoique toujours peu fréquent. L'anorthite s'y reconnaît encore, mais toujours à l'état de cristaux anciens, en débris.

Leur structure microscopique est bien singulière; quand elles sont bien cristallisées, ce qui a lieu surtout dans les parties centrales des coulées, la roche est tout entière constituée par une infinité de petits microlithes feldspathiques incolores, plus ou moins rectangulaires, toujours très courts, dessinant parfois une belle structure fluidale (*Pl. V, fig.* 1), qui sont associés à de nombreux granules d'augite très légèrement verdâtres, arrondis ou à contours très irréguliers, avec du fer oxydulé en petits grains noirs, isolés ou groupés en amas. Tous ces éléments cristallins, pressés les uns contre les autres, n'exercent que peu d'action sur la lumière polarisée; ils fournissent un magma confus dans lequel on ne reconnaît cependant que très peu de matière

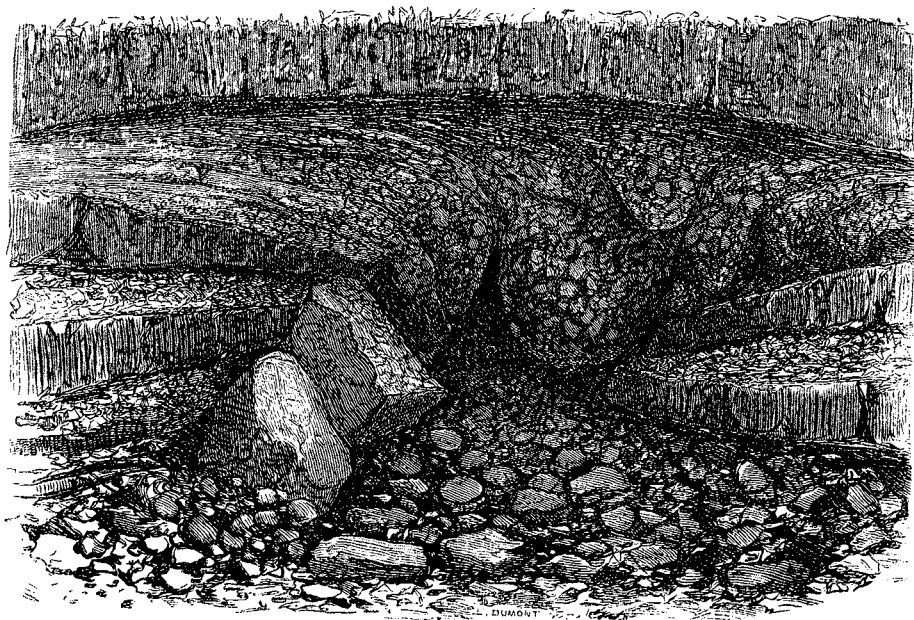
amorphe. Leurs dimensions moyennes, qui sont à peu près les mêmes pour chacun d'eux, atteignent tout au plus $0^{\text{mm}},005$. Quand on soumet les préparations à une courte digestion dans l'acide chlorhydrique porté de 40 à 60 degrés, ces éléments feldspathiques ne sont nullement altérés; mais, si on prolonge l'attaque pendant une ou plusieurs heures, ils deviennent nuageux et disparaissent même en partie, ce qui indique leur nature labradorique. Au milieu de ce magma cristallin, on remarque quelques grands cristaux de feldspath isolés, très tricliniques, appartenant encore au labrador, avec quelques grains arrondis, incolores et rugueux d'olivine, qui s'entourent le plus souvent d'une bande limoniteuse d'un rouge brun. Les cristaux d'augite, de consolidation ancienne, sont très peu nombreux.

Cet aspect n'est pas toujours le même : certaines coulées, notamment celles que l'on recueille dans les parois du cratère, sont composées des mêmes éléments, mais tous plus développés et par conséquent plus distincts. Le labrador s'isole en cristaux allongés ($0^{\text{mm}},06$ sur $0^{\text{mm}},25$), formés de trois à quatre lamelles hémitropes très étroites, entre lesquelles viennent parfois s'aligner des granules d'augite et de fer oxydulé. L'augite, sans affecter de formes régulières, se présente en fragments cristallins larges de $0^{\text{mm}},05$ sur $0^{\text{mm}},1$ au maximum, peu colorés, non dichroïques, très rugueux et presque toujours craquelés. Quelques sections, plus larges et comme déchiquetées, ayant tous les aspects de cristaux anciens, sont traversées par deux systèmes de lignes de clivage entre-croisées et s'éteignent, par rapport à leur longueur, sous des angles de 38 ou 39 degrés, caractéristiques; elles contiennent des inclusions vitreuses avec grains de magnétite.

Le fer oxydulé s'allonge entre ces divers cristaux, dont il semble épouser les contours. Enfin, de place en place, on reconnaît

encore des indices d'une pâte vitreuse, brune et transparente, identique à celle qui est contenue dans l'augite ; elle prend souvent, par suite d'altérations, un aspect concrétionné, et se décompose en globules jaunâtres, entourés de bandes concentriques plus foncées.

Fig. 38.



Coulées basaltiques de la pointe Hutchison.

Le péridot y est toujours peu abondant, très arrondi et souvent difficile à distinguer de l'augite. L'absence de toute coloration et de tout indice de clivages réguliers fournit les seuls caractères qui puissent servir de guide pour sa détermination.

Dans les variétés porphyroïdes, les cristaux macroscopiques de feldspath appartiennent soit au labrador, soit à l'anorthite, ainsi qu'on peut s'en assurer par un examen chimique des plaques. Ils sont, en général, peu roulés et encore moins altérés, surtout

ceux de labrador, qui sont de beaucoup les moins nombreux. Ils apparaissent cependant bien avec tous les caractères de cristaux anciens, charriés dans la lave, enveloppés par les bandes fluidales; l'augite macroscopique est dans le même cas. Ces variétés à grands cristaux, légèrement scoriacées, se voient surtout dans les parois du cratère; dans les falaises extérieures, elles sont moins distinctes. Ce fait semblerait indiquer que les éléments anciens n'ont pas été entraînés dans toute l'étendue des coulées, qui pourtant devaient se trouver très fluides, si l'on en juge par l'aspect de leurs surfaces très tourmentées.

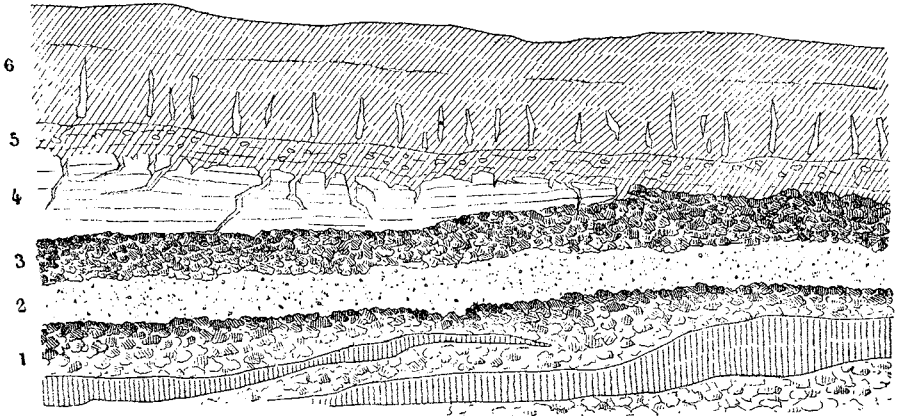
On peut, du reste, juger de l'état dans lequel doivent se trouver les laves au moment de leur épanchement en examinant la partie inférieure des coulées, qui le plus souvent, par suite d'un refroidissement brusque, est restée à l'état vitreux sur une épaisseur de 0^m,30 environ. Ce verre, d'un noir de jais, se montre au microscope très coloré, absolument amorphe, très fluide et comme étiré; quelques microlithes fusiformes, probablement de nature augitique, sont les seuls éléments qui y aient pris naissance.

Sous la pointe Hutchison, en face de l'îlot des Deux-Frères, nous en trouvons un bel exemple dans une grotte assez singulière dont la voûte est constituée par une de ces coulées (*fig.* 38). Sa partie inférieure, mise ainsi à découvert sur une assez grande étendue, se présente sous l'aspect d'un verre compacte qui empâte les scories sur lesquelles la matière fluide s'est écoulée et forme encore des gouttelettes énormes suspendues à la voûte à la manière des stalactites.

Dans les falaises de la pointe nord, une de ces mêmes coulées (*fig.* 39), qui repose d'une part sur des argiles rutilantes, éminemment plastiques, de l'autre sur des scories spongieuses et boursoffées, s'injecte dans les argiles sous forme de petits filets ramifiés,

d'une épaisseur moyenne de 0^m,03 à 0^m,04, et pénètre dans toutes les scories d'une façon tellement intime, qu'elle les transforme en masses compactes qui semblent avoir été refondues. Cette coulée est essentiellement vitreuse et d'un noir de poix à

Fig. 39.



Détail d'une coulée de lave basaltique à la pointe nord.

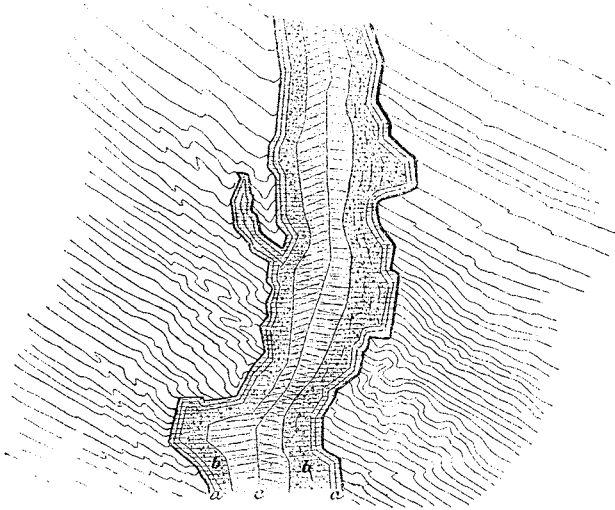
1, alternances de laves et de scories noires, 1^m,50. — 2, cendres volcaniques grisâtres, pulvérulentes ou cimentées par une argile brune, 0^m,50. — 3, scories rougeâtres, très celluluses, 0^m,60. — 4, argiles plastiques bigarrées, 0^m,50. — 5, lave basaltique vitreuse. — 6, lave basaltique compacte à tubulures, 2^m,30.

sa base, sur une épaisseur de 0^m,20 (n° 5, fig. 38); finement poreuse et bien cristallisée dans tout le reste de son étendue, elle est traversée dans sa partie centrale par des vacuoles cylindriques ou fusiformes, très régulièrement espacées, qui figurent de véritables tubulures, longues souvent de 0^m,30 et d'un diamètre de 0^m,04, dirigées toutes de bas en haut, et vraisemblablement dues à des dégagements de gaz.

Les mêmes faits peuvent encore s'observer, avec une netteté plus grande, auprès des dykes nombreux formés par ces laves, au travers des rhyolithes, dans les petites baies du nord-est

(fig. 40). Dans chacun de ces filons, en effet, les salbandes, qui représentent le premier jet de matière éruptive, sont restées vitreuses, par suite d'un refroidissement subit, au contact des roches encaissantes ⁽¹⁾, et la lave cristallisée ne s'observe qu'à une certaine distance de ce contact. Le passage de l'état amorphe

Fig. 40.



Dyke de lave basaltique à labrador, au travers des rhyolithes.

a, a, salbandes restées à l'état vitreux; *b, l*, bandes cristallisées; *c*, partie centrale à structure poreuse et vacuolaire.

à cet état cristallin se fait d'une façon lente et insensible, ainsi qu'on peut s'en assurer dans les plaques minces convenablement disposées. Les cristaux anciens, en débris, s'observent surtout dans les parties centrales du filon. Ces parties, qui sont restées plus long-

(¹) Ces parties vitreuses se montrent parfois traversées par de belles fissures perlitiques, suffisamment nettes pour se laisser reconnaître à l'œil nu, comme dans les filons basaltiques du Grand-Bénard, à la Réunion (*anté*, p. 236). Elles présentent, avec des trichites, quelques microlithes incolores à contours peu accusés, qui n'exercent sur la lumière polarisée qu'une action faible et dont la nature ne peut être définie.

temps fluides, ont dû servir de canaux pour la sortie des gaz; aussi prennent-elles une structure celluleuse très remarquable, et souvent toutes les vacuoles, allongées dans le sens de la direction du filon, se montrent tapissées d'hyalite bleuâtre, ou remplies par des substances zéolithiques diverses.

Les coulées compactes, à feldspath miroitant, qui alternent avec les précédentes, se voient surtout dans les parois du cratère et dans les hautes falaises du nord-est. Je les ai désignées plus spécialement sous le nom de *laves doléritiques*, parce que leurs éléments anciens sont toujours distincts à l'œil nu; leur feldspath macroscopique est identique à celui des dolérites, roches auxquelles elles empruntent encore leur coloration verdâtre. Leur densité varie de 2,78 à 2,86.

M. de Hauer, qui les a analysées, a obtenu, pour leur composition, les résultats suivants, qui sont encore bien voisins de ceux que fournit la dolérite :

Silice.....	51,69
Alumine.....	16,26
Fe ² O ³	15,26
Mn ² O ³	0,06
Chaux.....	7,76
Magnésie.....	4,37
Potasse.....	1,90
Soude.....	2,00
Perte au feu.....	0,23
	<hr/>
	99,53
Densité.....	2,785

Ces laves, au microscope, se montrent généralement plus cristallines que les précédentes; les microlithes de labrador sont plus développés, à contours plus nets et d'une grande fraîcheur. L'augite, toujours peu coloré et particulièrement abondant, ne

possède jamais de formes polyédriques ; le fer oxydulé est par contre mieux cristallisé : ses sections atteignent en moyenne une dimension de 0^{mm},025. Quant au périclote, il est toujours altéré et transformé en serpentine ; c'est à cette circonstance que les laves doivent leurs teintes verdâtres. Enfin l'anorthite ne se montre plus parmi les feldspaths de consolidation ancienne, qui sont tous constitués par du labrador.

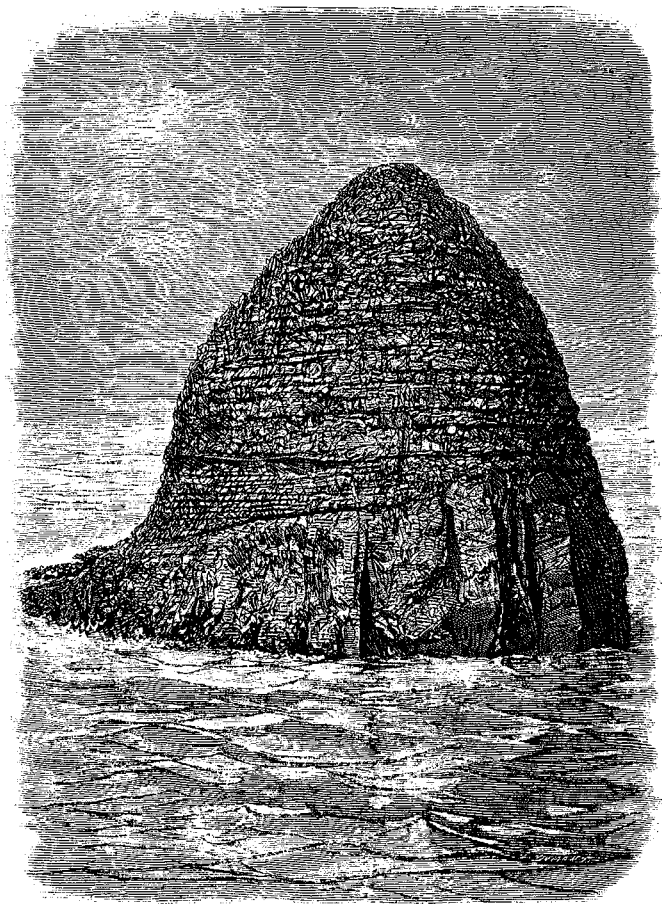
Pendant ces éruptions, le cratère, à diverses reprises, a dû se trouver envahi par la mer, ainsi qu'en témoignent des tufs à palagonite, épais de 0^m,50 à 1 mètre, qui se voient à divers niveaux, mais surtout à la partie supérieure de ces laves, soit dans les falaises du sud-est, soit et surtout dans celles du nord-est, au delà de l'effondrement ; on les trouvera indiqués sur les vues de côte de la *Pl. XXIV* par une ligne jaune.

A la base de ces coulées, dans les mêmes falaises du nord-est, on remarque également, au-dessus des laves et des trass à anorthite, des tufs basaltiques, très argileux, mélangés de cendres et de scories plus ou moins altérées, qui représentent de véritables éruptions sous-marines appartenant à cette même période. Ces tufs, qui sont également palagonitiques, sont parfaitement stratifiés et se décomposent en assises d'un blanc jaunâtre, épaisses de 0^m,20 à 0^m,50, qui sont fortement altérées et rougies quand elles trouvent en contact immédiat avec les coulées de lave ; ils passent ainsi à de véritables *latérites*. Toujours assez facilement délayables dans l'eau, même dans leurs parties les plus consistantes et les plus altérées, ces tufs se distinguent facilement, au microscope, des tufs plus anciens à anorthite, qui souvent, par suite des mêmes actions, présentent dans leur partie supérieure les mêmes phénomènes de rubéfaction, parce qu'ils contiennent toujours des fragments de scories basaltiques non décomposées, des cristaux

d'augite et de fer oxydulé nombreux, avec quelques débris de feldspath labrador.

Laves à labrador. — Ces nouvelles laves forment les parties

Fig. 41.

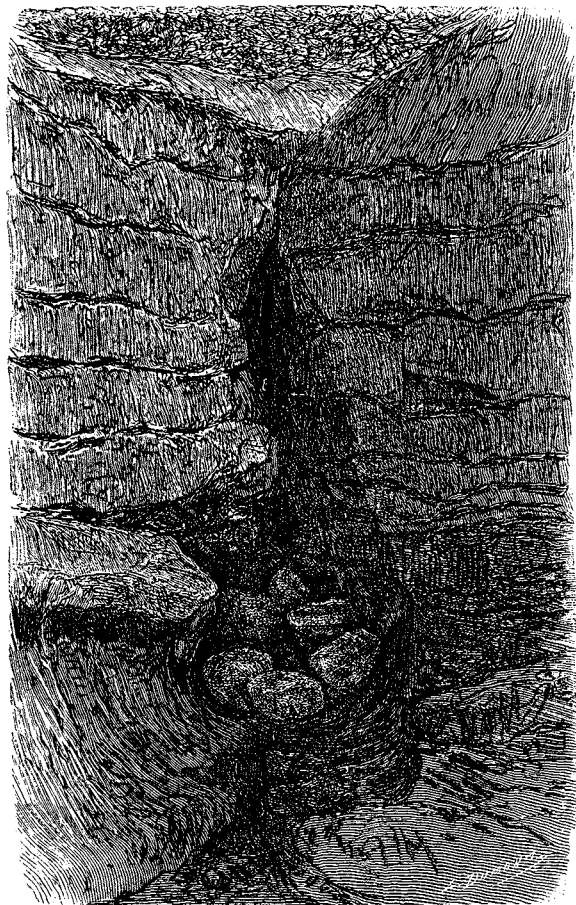


La roche Quillo (Nine-Pin Rock).

supérieures du cratère et s'étendent sur toute la surface extérieure de l'île, en s'avancant jusqu'à la côte; elles sont sur-

tout très développées dans le sud, où elles atteignent plus de 100 mètres d'épaisseur, et se décomposent en un nombre infini de coulées, peu continues, très enchevêtrées et moins épaisses

Fig. 42.



Caverno creusée par los gatets dans les lavas basaltiques de Nine-Pin.

que les précédentes ; les lits de scories avec lesquels elles alternent sont souvent, par contre, beaucoup plus importants. Le Nine-

Pin Rock (*fig. 41*), dont la base est constituée non par des tufs compactes, comme l'avait supposé M. de Hochstetter, mais par des laves basaltiques massives (*fig. 42*), qui supportent un petit lit de tufs à palagonite, surmonté d'un nombre considérable de coulées de laves feldspathiques appartenant à cette série supérieure, montre combien ces deux systèmes de coulées se laissent facilement distinguer rien qu'au seul caractère tiré de leurs épaisseurs relatives et de leur disposition. Ces dernières conservent dans toute leur étendue des caractères constants; elles sont invariablement représentées, soit au sommet du cratère, soit dans les parties les plus éloignées de la côte, par des laves grisâtres ou violacées, d'une nuance toujours claire, criblées d'une multitude de cristaux d'un feldspath vitreux souvent très brillant, avec un éclat adamantin. Ce feldspath, qui prend encore, mais plus rarement, des reflets chatoyants, paraît toujours craquelé; ses dimensions peuvent atteindre jusqu'à 0^m,06 en largeur sur 0^m,01 de hauteur.

La pâte qui enveloppe ces cristaux, tantôt compacte ou simplement poreuse, tantôt extrêmement scoriacée, à ce point que les cristaux de feldspath ne paraissent enveloppés chacun que par une pellicule de matière portant au plus haut degré des traces de fusion, possède tout à fait l'aspect cristallin de certains laitiers de hauts fourneaux. On y remarque, dans le voisinage des cristaux de feldspath, de nombreux et très beaux grains de périclote d'un jaune ambré, qui se parent souvent de couleurs irisées très vives. Des cristaux d'augite noirs se laissent de même distinguer, à l'œil nu, en quelques points très isolés.

Cette pâte, au microscope, se montre le plus souvent très cristalline; elle est encore composée d'une multitude de granules d'augite, dont les dimensions oscillent entre 0^{mm},005 et 0^{mm},01,

qui sont très légèrement verdâtres, fortement arrondis ou parfois bizarrement ramifiés, de manière à figurer de véritables arborescences; ces cristaux s'entremêlent avec un grand nombre de petits octaèdres bien nets de fer oxydulé et fournissent ainsi un magma cristallin, au milieu duquel on ne distingue que très peu de microlithes feldspathiques. Parfois tous ces éléments, ordinairement très condensés et pressés les uns contre les autres, semblent se dissocier et laissent alors entre eux une matière transparente, incolore et complètement amorphe. De place en place on y reconnaît encore quelques cristaux de feldspath triclínique, affectant encore la forme microlithique, c'est-à-dire manifestement allongés suivant pg^1 , terminés par des extrémités bifurquées qui souvent se prolongent par des filaments irréguliers, mais marqués cependant par des contours très nets et atteignant en moyenne $0^{\text{mm}},025$ en largeur et $0^{\text{mm}},2$ en longueur; ces cristaux s'éteignent sous des directions qui font avec leurs arêtes des angles qui atteignent, mais ne dépassent pas 27 degrés, et se rapportent ainsi au labrador. Les petits microlithes de la pâte ne se prêtent pas à une détermination aussi facile; pourtant on les reconnaît encore comme appartenant à cette même espèce feldspathique. En isolant complètement de la pâte tous les cristaux macroscopiques, puis en la soumettant à un électro-aimant puissant après l'avoir pulvérisée, j'ai pu isoler tous ces microlithes de feldspath dans un grand état de pureté, et leur analyse m'a fourni les résultats suivants, qui répondent bien à la composition du labrador :

		Oxygène.	Rapport observé de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes.
Silice	52,01	27,77	6,2 : 3 : 1,1
Alumine	27,13	12,52	
Fe ² O ³	2,20	0,76	
Chaux	12,43	3,55	
Magnésie	0,38	0,15	
Soude	4,35	1,16	
Potasse	1,64	0,27	
	<hr/>		
	100,14		

Densité 2,702

Il n'en est pas de même des cristaux de feldspath macroscopiques, qu'un examen optique, joint à une analyse chimique de plaques, indique comme appartenant soit au labrador, soit à l'anorthite. Leur structure triclinique est admirable; elle apparaît même à la lumière simple. Tous deux, le dernier surtout, qui se trouve être de beaucoup le plus développé et le plus abondant, exercent sur la lumière polarisée une action des plus vives. Cet anorthite ne renferme que peu d'inclusions, qui se réduisent à des granules d'augite et à des enclaves vitreuses remplies d'une matière brunâtre opaque, au milieu de laquelle s'isolent parfois de petits prismes bien reconnaissables d'augite et des cristaux de fer oxydulé. Mais le labrador en contient beaucoup; entre ses plans de macle viennent s'aligner une multitude de lamelles amincies qui ne se traduisent le plus souvent dans les coupes que par une file de petites lignes noires. C'est à cette circonstance que sont dus, sans aucun doute, les reflets chatoyants que j'ai signalés tout à l'heure sur quelques-uns de ces feldspaths. L'augite macroscopique est de même très transparent, plus coloré que celui des granules, et toujours en sections brisées. Les cristaux de péridot, qui sont relativement abondants, sont incolores, très roulés, mais

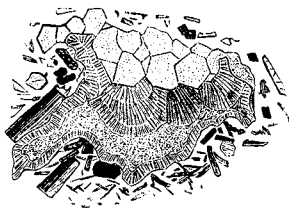
peu altérés. Ces éléments anciens, le plus souvent séparés et distribués au hasard dans la lave, sont encore quelquefois réunis et constituent des groupes cristallins très remarquables.

Filons. — On remarque dans toute l'étendue des parois du cratère, et surtout dans chacune des deux falaises triangulaires du nord-est, un grand nombre de dykes et de filons, dont l'épaisseur varie depuis 0^m,25 jusqu'à 2 mètres, qui appartiennent tous à l'une ou l'autre des trois périodes laviques que je viens d'énumérer. C'est ainsi qu'on en trouve qui ne renferment que de l'anorthite; d'autres contiennent plus spécialement du labrador; d'autres enfin, et des plus nombreux, présentent un mélange des deux espèces.

Le remplissage de ces filons paraît avoir été accompagné, puis suivi d'émanations et de dégagements gazeux importants qui ont réagi sur les roches encaissantes, de telle sorte qu'elles se trouvent profondément modifiées sur des épaisseurs qui parfois atteignent plusieurs mètres. Ces altérations sont surtout évidentes dans le massif ancien, où les rhyolithes et les tufs ponceux, au contact des filons basaltiques, sont souvent méconnaissables; elles ont également exercé leur action sur les roches qui les amenaient, car dans toutes ces laves injectées les oxydes et les silicates ferrugineux sont le plus souvent transformés en chlorite ou en serpentine. Ces laves sont en outre remplies de produits secondaires très complexes, parmi lesquels il faut surtout citer la tridymite, qui manque absolument dans toutes les coulées que je viens de passer rapidement en revue. J'en donne un exemple dans la *fig.* 43; la *fig.* 4 de la *Pl. VI* représente également, à un grossissement de 500 fois, un groupe de tridymite et de chlorite radiée, enchâssé dans une partie tout à fait vitreuse d'un filon des laves à anorthite de la baie des Manchots (n° 5, *fig.* 34).

Je me propose de revenir plus tard sur l'étude de ces différents filons, afin d'entrer dans le détail de tous les phénomènes qui s'y rattachent. J'ai pu en explorer quarante-trois dans les falaises du nord-est, où ils sont si nombreux. Dans l'intérieur du cratère on les atteint moins facilement, parce qu'ils disparaissent, dans le bas,

Fig. 43.



Tridymite et chlorite radiée dans un filon de lave basaltique à labrador.
(Grossissement 80 fois.)

sous les éboulis et la végétation, et que dans le haut les escarpements sont inaccessibles; ils y sont cependant encore abondants. Dans les falaises de la côte extérieure, ils manquent absolument.

Après ce coup d'œil d'ensemble sur les principaux produits de ce volcan, nous pouvons maintenant nous faire une idée des phénomènes qui ont présidé à sa formation et retracer les différentes phases de ses éruptions.

L'île Saint-Paul n'a pas toujours existé sous sa forme actuelle, et, quoiqu'on l'ait pendant bien longtemps prise pour type des *cratères de soulèvement*, nous avons désormais acquis la certitude que cette vaste enceinte maritime qui lui donne un aspect si particulier n'a pas été produite par une poussée unique, et qu'elle n'est pas apparue telle que nous la voyons aujourd'hui à la suite d'une rupture de couches distendues outre mesure sous les efforts de forces soulevantes, issues des profondeurs.

Nous avons vu, au contraire, qu'elle s'est édifiée par suite

d'éruptions successives, dont les produits se sont accumulés sur un même point. Des projections de matières *ponceuses* pulvérulentes, puis tufacées (*trass à sanidine*), se sont d'abord répandues sur le fond de la mer et se sont stratifiées; elles ont été suivies par des éruptions de roches plus massives (*rhyolithe pétrosiliceux fondamental*) qui les ont disloquées, relevées, puis traversées.

Le niveau de la mer ne dépassait pas encore celui de ces premières éminences rhyolithiques; la formation sous-marine de tous ces produits est, en effet, bien indiquée, non-seulement par les strates régulières de ces masses incohérentes primitives, mais surtout par les altérations qu'elles ont subies, altérations qui ont également affecté le rhyolithe d'une façon énergique et qui ne peuvent être attribuées qu'aux actions chimiques exercées par l'eau au moment de leur apparition.

Puis de violentes explosions se sont produites; elles ont été tumultueuses au début, ainsi qu'en témoignent les *conglomérats rhyolithiques* énormes de la baie des Manchots, et sont devenues ensuite plus modérées et plus régulières; c'est alors que se sont formés les nombreux feuilletés des *tufs ponceux à perlite* qui leur succèdent sans interruption. Il s'est opéré une sorte de départ au milieu de ces produits volcaniques meubles et pulvérulents; les plus lourds, comme les obsidiennes et les rhyolithes, ont gagné le fond, et cette séparation par ordre de densité n'a pu certainement s'opérer qu'au sein de l'eau. En même temps, les émissions de rhyolithes ont augmenté en importance; de nouvelles roches sont apparues (*rhyolithe à sanidine*, *rhyolithe à anorthite*); comme elles ne pouvaient s'épancher librement, à cause de leur rapide solidification au contact immédiat de l'eau, et que l'écoulement était continu, elles montaient et soulevaient tout ce massif.

C'est à ces éruptions de rhyolithes que l'île doit donc sa première apparition au-dessus des flots; elle leur doit également d'avoir vu son existence assurée. Un simple amoncellement de produits éruptifs incohérents, comme les tufs ponceux ou les trass, n'aurait pu offrir une résistance suffisante aux mouvements d'une mer si agitée, et son existence eût été de courte durée, comme celle de tous ces îlots historiques qui n'ont été aperçus que pendant un temps très limité.

Après une interruption qu'il est tout naturel de supposer, mais dont on ne peut apprécier la durée, les forces éruptives se sont de nouveau mises en jeu; ce massif s'est entr'ouvert et les *dolérites* sont apparues. Elles ont marqué le début d'une nouvelle période d'activité, pendant laquelle les produits épanchés se sont trouvés tout différents des anciens.

Autour de l'îlot primitif, des projections subaériennes de cendres et de scories, provoquées par une production considérable de gaz et de vapeurs, se sont faites ensuite, et, retombant autour de leur orifice de sortie, suivant des lois connues, elles ont édifié un cône volcanique d'où sont sorties à leur tour des coulées de laves. C'est à cet appareil subaérien que sont alors dues les nombreuses alternances de laves et de scories qui forment les falaises intérieures du cratère ainsi que le versant extérieur de l'île, et la bouche d'émission qui a produit toutes ces coulées n'est autre que la baie occupée aujourd'hui par la mer, agrandie sans doute par suite d'éboulements et d'explosions successifs.

Ce vaste cratère, d'abord incomplet et peu élevé, était encore au début envahi par les eaux marines, qui provoquaient la formation de ces tufs (*trass à anorthite*) et de ces *palagonites* qui s'entremêlent avec les premières coulées; il ne se compléta que

plus tard, par suite de nouveaux mouvements d'exhaussement bien accusés par la disposition actuelle des laves, et surtout par suite de son accroissement régulier. Les éruptions se faisaient alors tranquillement, sans secousses, sans paroxysmes, sans projections violentes. Les laves liquides remplissaient continuellement le cratère et le phénomène se réduisait à un déversement, comme par un trop-plein; elles se répandaient uniformément sur les pentes pour former ces superpositions régulières que nous avons remarquées, et la montagne s'accroissait par de véritables épanchements circulaires.

Ainsi, pas de cône central formé de matériaux fragmentaires, de projections, comme cela s'observe dans la plupart des appareils volcaniques actuels. Le volcan de Saint-Paul, au moment de sa grande période d'activité, ne devait être qu'un immense lac de feu, comparable à ceux dont les îles Sandwich nous fournissent encore des exemples.

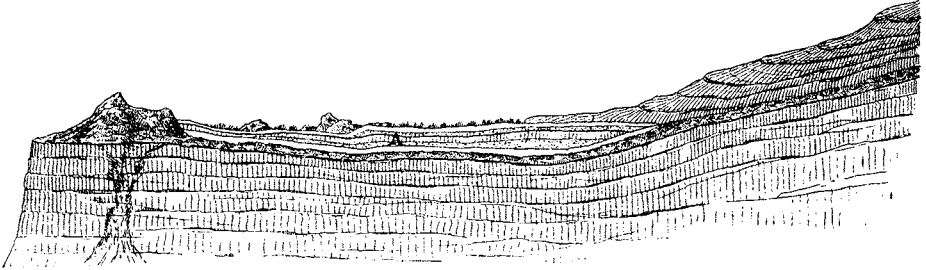
Cette hypothèse explique seule la grande régularité de ses coulées et l'uniformité remarquable que chacune d'elles présente dans sa texture et dans sa composition chimique, aussi bien dans les falaises intérieures que dans celles qui règnent au pourtour de l'île.

Ces éruptions de lave ont joué le rôle principal pendant toute cette longue période, ainsi que le prouvent la rareté des produits meubles, le peu d'épaisseur des couches de scories qui séparent chacune des coulées, et qui, loin d'être produites par des projections, ne sont souvent que de simples conglomérats de friction. Elles se firent d'abord d'une façon continue, pour ainsi dire non interrompue, car les alternatives d'activité et de calme ne s'observent que dans sa partie moyenne. En même temps, quelques foyers secondaires se firent jour, vers les extrémités, en des

points assez éloignés du cratère principal, et donnèrent lieu à de petits monticules coniques formés de matériaux scoriacés.

La génération de ces cônes de scories ne semble pas avoir

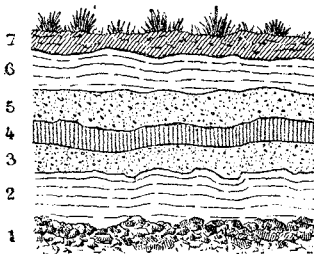
Fig. 44.



Coupe nord-ouest sud-est au travers du plateau qui aboutit à la pointe nord.

interrompu l'activité du foyer central, qui continua à fonctionner longtemps après leur apparition, mais en se ralentissant graduellement, de telle sorte que les périodes de repos devinrent de

Fig. 45.



Détail des couches A, dans la coupe précédente :

7, sol tourbeux et végétation actuelle de l'île — 6, argile rouge plastique, 0^m,40. — 5, cendres volcaniques, 0^m,30. — 4, tourbe noire compacte, 0^m,20. — 3, cendres volcaniques et rapilli, 0^m,25. — 2, argile grises feuilletées, mélangées de scories décomposées, 0^m,45. — 1, scories rougeâtres projetées par le cône de la pointe nord.

plus en plus marquées. Vers la fin des laves à labrador même, la durée de ces interruptions fut telle, que sur la surface des coulées, décomposée par les agents atmosphériques, une épaisse vé-

gétation put s'établir et vint constituer une série de sols tourbeux qui furent successivement recouverts par les laves. Cette disposition s'observe en maints endroits dans les petits ravins qui découpent les parties basses de l'île, sur le versant extérieur : j'en donnerai pour exemple la coupe ci-dessus (*fig. 44*), qui, partant de la pointe Schmith et se dirigeant au sud-est, jusqu'au pied des pentes du cratère, montre les laves de la dernière coulée étendues au-dessus de diverses couches d'argile et de tourbe (A), dont la *fig. 45* donne le détail.

SOURCES THERMALES ET FUMEROLLES.

Ainsi que nous l'avons vu précédemment, les relations des anciens navigateurs et surtout les descriptions de M. de Hochstetter, que j'ai si souvent eu occasion de citer, s'accordaient pour indiquer que l'île Saint-Paul est encore actuellement le théâtre de phénomènes volcaniques importants, et qu'en particulier de nombreuses sources thermales et des dégagements gazeux abondants se font jour dans l'intérieur du cratère.

C'est au milieu de ces dernières manifestations d'une activité volcanique à son déclin que nous allions nous installer, et notre séjour devait durer plus de trois mois. On comprendra sans peine combien il était intéressant de pouvoir suivre pendant une aussi longue période la marche de ces divers phénomènes. Les émanations volcaniques situées dans ces conditions, c'est-à-dire disposées autour d'un ancien foyer éruptif, sont, en général, d'une extrême variabilité. Leur température, et quelquefois aussi leur

composition, présentent, par instants, des différences notables suivant la diminution ou l'augmentation de l'énergie des réactions volcaniques (1). Il importait donc de constater ces variations par de fréquentes analyses faites sur place, et de rechercher leurs causes en examinant surtout quelle pouvait être l'influence exercée par les agents extérieurs.

M. Fouqué voulut bien nous rendre ce travail facile en nous initiant de bonne heure, au moment de notre départ, M. le Dr Rochefort et moi, au maniement des instruments imaginés par Ch. Sainte-Claire Deville (2) pour recueillir et conserver, avec toutes les garanties de pureté désirables, les substances gazeuses, et surtout en nous indiquant les procédés pratiques que lui avait suggérés une longue expérience pour les analyser sur place, au moment de leur émission. Les appareils qui lui avaient tant de fois et si utilement servi à l'Etna, aux Açores, à Santorin, et qu'il nous avait confiés, nous permirent ainsi d'examiner avec un soin minutieux toutes les fumerolles de l'île et d'exécuter sur place un grand nombre d'analyses sommaires afin de déterminer, pour ainsi dire jour par jour, leur composition. Depuis, j'ai repris toutes ces analyses, en les effectuant d'une façon plus

(1) Les sources connues sous le nom de *Pisciarella*, au pied de la solfatare de Pouzzoles, celles de l'île Tanna, l'une des Hébrides, possèdent chaque jour une température différente. Dans les nombreuses analyses que Ch. Sainte-Claire Deville a données des gaz rejetés par les événements volcaniques de l'Italie méridionale, on peut voir que pour une même fumerolle les variations aussi bien dans la température que dans la composition sont souvent considérables, même à des intervalles de temps très courts. Enfin, tout récemment, M. Fouqué, dans sa dernière exploration de Santorin, a constaté également des changements considérables dans la température des sources et des dégagements gazeux de cette région.

(2) CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE et F. LE BLANC, *Mémoire sur la composition chimique des gaz rejetés par les événements volcaniques de l'Italie méridionale (Mém. des Savants étrangers, t. XVI, p. 5 et suiv.)*.

rigoureuse, à l'aide de l'appareil Doyère (¹), dans le laboratoire du Collège de France, où j'avais eu l'heureuse chance de pouvoir rapporter absolument intacts, malgré de nombreux transbordements à la suite d'une longue traversée, soixante-quatre tubes d'une capacité moyenne de 100 centimètres cubes, remplis de ces mélanges gazeux recueillis dans les divers dégagements à des intervalles de temps déterminés.

Les dégagements gazeux et les sources thermales forment à l'île Saint-Paul un ensemble dont les diverses parties sont localisées dans l'intérieur du cratère, au-dessus du niveau du balancement des marées. Mais, loin d'y être répartis uniformément, tous ces phénomènes sont très abondants du nord au sud, en passant par l'ouest, et manquent absolument dans le sud-sud-est. Il semble que la moitié seulement du cratère leur soit réservée.

Ces phénomènes peuvent se diviser en six groupes, qui sont :

1° Groupe de la jetée du Nord;

2° Groupe des sources du Bain;

3° Groupe de la Caverne;

4° Groupe des petites plages du sud-ouest;

5° Groupe des espaces chauds;

6° Le sixième groupe peut être constitué par des dégagements, particulièrement remarquables, qui se manifestent soit dans l'intérieur du bassin, soit en pleine mer, c'est-à-dire à l'extérieur du cratère, par les fonds de 12 à 30 mètres, dans le nord-est.

Je vais maintenant passer en revue chacun de ces différents groupes, en notant avec soin les particularités qui les distinguent avant d'indiquer les résultats généraux que l'on peut déduire de leur étude.

(¹) *Ann. de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXVIII, p. 6.

1^o GROUPE DE LA JETÉE DU NORD.

Ce groupe comprend un certain nombre de dégagements qui s'effectuent sur le revers intérieur de la jetée du Nord, depuis l'angle interne de cette jetée, et même un peu au delà, jusque auprès du premier des hangars où les pêcheurs salent et préparent leur poisson.

Ces dégagements, qui peuvent surtout s'observer à marée basse, se continuent en mer jusqu'à une certaine distance, par les fonds de 15 à 18 mètres. Quand la surface de l'eau n'est pas troublée par un clapotis presque continu, causé par les rafales de vent qui descendent si souvent des hauteurs du cratère, on voit de nombreuses bulles de gaz s'élever du sein du liquide, en formant de petits chapelets continus, par intermittences assez rapprochées, et souvent en produisant un petit bruissement singulier qu'on entend du rivage. Les bulles varient depuis le volume d'un pois jusqu'à celui d'une grosse noix ; quelquefois une bulle plus grosse apparaît isolément et vient éclater avec bruit à la surface, indiquant alors que le gaz se dégage sous une pression assez forte.

Ils sont surtout abondants au niveau du balancement des marées ; il suffit, en effet, de plonger un bâton dans le sable ou de déranger quelques galets pour provoquer une émission d'eau et de gaz. Le sol, jusqu'à une certaine distance de la mer, est manifestement échauffé. Déjà j'ai dit (p. 243) qu'un thermomètre placé sous les roches atteignait successivement de 50 à 72 degrés ; mais cette température n'était pas fixe : elle variait avec l'état de la mer et suivait pour ainsi dire les oscillations de la marée. Le thermomètre, légèrement enfoncé dans le sol, au niveau des

plus hautes eaux, indiquait toujours une différence de plus de 1 degré entre les deux états de la mer, et, loin d'atteindre son maximum quand elle était au plus bas, ainsi qu'on aurait pu le supposer et facilement l'expliquer, c'était l'inverse qui avait lieu.

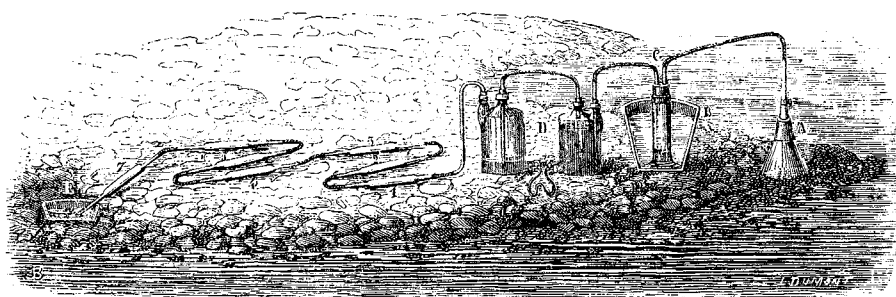
L'échauffement du sol, et c'est là un fait remarquable qu'il importe de signaler, loin d'être uniforme, est au contraire irrégulier et ne se fait que par places, assez circonscrites, qui doivent être considérées comme les orifices des canaux par où s'effectuent les dégagements. Autrefois elles étaient plus étendues, si l'on en juge par l'état de décomposition des roches dans le voisinage, un des principaux effets du passage continu de ces gaz surchauffés et mélangés de vapeurs consistant dans la désagrégation des roches feldspathiques et dans leur transformation en une argile bariolée, assez onctueuse, tout imprégnée de silice hydratée.

Ces fumerolles accompagnent sur le littoral de petites sources thermales qui sourdent au milieu des galets, entre les niveaux de la haute et de la basse mer, et ne peuvent bien s'observer, par conséquent, qu'à marée basse. La température de ces eaux est en moyenne de 76 degrés quand la mer est au plus bas. Leur composition est à peu près celle de l'eau de mer, un peu plus minéralisée cependant ; elles sont peu abondantes prises isolément, mais très nombreuses et réparties sur une longueur de plusieurs dizaines de mètres, à l'angle et sur le revers interne de la jetée, elles sont cependant suffisantes pour donner lieu à une nappe d'eau chaude, dont la température varie entre 36 et 50 degrés, qui s'étale à la surface de la mer quand cette dernière est étale. Cette nappe est peu épaisse et ne s'étend pas bien loin ; à 8 ou 10 mètres du rivage on ne remarque plus qu'une différence de 2° à 2°, 5 entre la température de la surface et celle des eaux profondes.

Le gaz qui se dégage, et qu'il est très facile de recueillir au-

dessus de ces sources en creusant un petit bassin, se compose d'acide carbonique mélangé d'air appauvri avec une grande proportion de vapeur d'eau.

Fig. 46.



Disposition des appareils pour la récolte des gaz, sur la jetée du Nord.

A, entonnoir en verre placé sur le dégagement; C, éprouvette placée dans un réfrigérant B pour condenser la vapeur d'eau
D, flacons laveurs avec dissolution de soude pour l'absorption de l'acide carbonique; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, tubes de verre pour la récolte du gaz; E, cuvette à eau pour les analyses sommaires.

Cette proportion est telle, que les tubes qui contenaient les gaz issus de ces dégagements se remplirent presque complètement de ce liquide au moment de leur ouverture sur le mercure dans le laboratoire. Un petit appareil distillatoire, composé d'un entonnoir renversé, placé au-dessus d'un de ces orifices, et communiquant avec une éprouvette graduée, maintenue dans un vase rempli d'eau qu'on avait soin de renouveler constamment, accusait une condensation de 5 à 6 centimètres cubes d'eau par heure. Ce liquide, soumis aux essais sulfhydrométriques, d'après la méthode de Dupasquier, est resté parfaitement inactif. Le gaz, privé de vapeur d'eau à la suite de cette distillation, avait pour composition :

Acide carbonique.....	14,36
Oxygène.....	16,80
Azote.....	68,94
	<hr/>
	100,00

Dans le laboratoire, les analyses de deux tubes remplis dans les mêmes conditions, à deux époques bien différentes, ont donné des résultats à peu près identiques :

	Composition des gaz recueillis à sec	
	le 21 octobre.	le 10 novembre.
Acide carbonique.....	14,24	14,80
Oxygène.....	17,01	16,34
Azote.....	68,75	68,86
	100,00	100,00

2° GROUPE DES SOURCES DU BAIN.

Ce groupe comprend deux sources très différentes, l'une acide et ferrugineuse, l'autre alcaline, quoiqu'elles soient très rapprochées l'une de l'autre et situées de la même façon contre les parois du cratère, entre les niveaux de la haute et de la basse mer (1).

La première et la plus importante se trouve à 200 mètres environ dans le sud-ouest des saleries de poisson; un sentier,

(1) Les analyses des eaux de ces diverses sources thermales ont été confiées à M. le Dr Garrigou, si expert en ces recherches délicates; elles seront publiées ultérieurement.

En 1843, le Dr Bostock a donné, dans le *Bulletin de la Société géologique de Londres*, l'analyse suivante d'une de ces eaux, dont la température était de 212 degrés Fahrenheit, mais sans indiquer le point précis où elle avait été recueillie :

	gr
Chlorure de sodium.....	2,300
Sulfate de soude.....	0,053
Chlorure de calcium.....	0,340
— de magnésium.....	0,059
Perte.....	0,038
Éléments solides (total).....	2,799 pour 1000 gr.

(*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. V, Ch. II, p. 112.)

tracé par les pêcheurs à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer y conduit. Elle forme, au milieu des dolérites, complètement décomposées et transformées en une argile grasse, plus ou moins colorée, un bassin naturel large de 2^m,20, avec une profondeur moitié moindre, que les pêcheurs, en dégagant quelques blocs de lave qui l'obstruaient, ont aménagé pour pouvoir y prendre des bains. Ce bassin, à la marée haute, disparaît sous 1 mètre d'eau; quand la mer vient de le quitter, les eaux qui le remplissent se maintiennent, pendant une heure environ, de 30 à 35 degrés. Elles atteignent rapidement une température plus élevée, à la basse mer, quand toute communication avec les eaux du cratère a cessé, le fond de la source se trouvant alors plus élevé que le niveau de la marée basse.

En 1857, cette température, d'après M. de Hochstetter, était de 44 degrés C.; nous ne l'avons jamais trouvée supérieure à 42°,3, même dans les grandes marées, alors que la mer était au plus bas et que les eaux du bassin, à cause de leur écoulement incessant, pouvaient être considérées comme exemptes de tout mélange.

Cette source est très abondante; elle est accompagnée d'un dégagement de gaz, qui se fait d'une façon irrégulière, par intermittences assez rapprochées, souvent même avec violence: il suffit, en effet, d'introduire et d'agiter un bâton dans le fond pour faire jaillir les bulles par torrents.

En recevant ce gaz sous un entonnoir qui communiquait avec une éprouvette graduée, j'ai constaté que sa pression, au moment de la sortie, était supérieure à celle de 35 centimètres cubes d'eau. Sa composition, déduite d'un grand nombre d'analyses sommaires exécutées pendant les trois mois de notre séjour, est la suivante :

	Moyenne des analyses faites sur place		
	en octobre.	en novembre.	en décembre.
Acide carbonique.	27,30	26,80	27,00
Azote	72,70	73,20	73,00
	100,00	100,00	100,00

Ces résultats ont été corroborés par les analyses des tubes dans le laboratoire, qui ont donné :

	30 octobre.	10 décembre.
Acide carbonique.	27,33	27,15
Azote	72,67	72,85
	100,00	100,00

Dans ces dernières analyses, je me suis assuré, par les méthodes eudiométriques, que le résidu d'azote ne contient aucune trace de gaz combustible. Sa prédominance sur l'acide carbonique ne saurait provenir d'une plus grande quantité d'air introduite par imprudence dans les appareils, puisque l'oxygène fait absolument défaut.

Ainsi qu'on devait s'y attendre, l'eau de la source retient en dissolution une proportion inverse d'acide carbonique.

Pour recueillir cette eau avec les gaz qu'elle contenait, nous avons opéré de la façon suivante.

Un flacon d'une capacité de 1 litre, muni d'un bouchon de verre à deux tubulures, portant l'une un tube deux fois recourbé, dont la plus grande branche descendait jusqu'au fond du flacon, l'autre un second tube droit, affleurant à peine l'extrémité inférieure du bouchon, et muni à sa partie supérieure d'un long tube en caoutchouc non vulcanisé, garni intérieurement d'une petite spirale en fil de laiton, était descendu dans la source à une distance aussi grande que possible des points où s'effectuaient direc-

tement les dégagements; en aspirant lentement par le tube en caoutchouc, le flacon se remplissait par le fond. On continuait l'aspiration pendant un certain temps; puis on retournait le flacon, toujours sous l'eau, pour remplacer le bouchon à tubulures par un bouchon plein, rodé à l'émeri, luté avec soin immédiatement après la sortie de l'eau.

Les flacons ainsi préparés arrivèrent intacts à Paris; ils furent ouverts sous l'eau et placés de suite en communication avec une pompe pneumatique, afin d'en extraire les gaz qui s'y trouvaient dissous. Ces gaz se trouvèrent ainsi composés :

Acide carbonique.....	92,26
Oxygène.....	0,27
Azote.....	7,47
	<hr/>
	100,00

Cette source dépose sur les roches qu'elle baigne un enduit limoneux, souvent assez épais, dû évidemment à l'action de l'acide carbonique sur les roches ferrugineuses traversées. C'est ce gaz qui, joint à la vapeur d'eau, décompose et décolore la dolérite; il se combine avec le fer, l'entraîne, puis l'abandonne; les particules ferrugineuses mises en liberté se réunissent alors et s'accumulent sous forme de petites couches concrétionnées.

En poursuivant plus loin, à 150 mètres environ au delà de cette source, on rencontre à la marée basse, sous les blocs de laves éboulées qui forment le littoral, un autre petit bassin de dimensions très réduites, car il n'atteint guère que 0^m, 50 dans son plus grand diamètre, d'où s'écoule lentement, sans le moindre dégagement appréciable, une source très limpide qui laisse autour d'elle un abondant dépôt de carbonate de chaux. Cette eau est sensiblement plus chaude que la précédente; le thermomètre s'y

élève jusqu'à 51 degrés C. ('). Elle est légèrement alcaline et ramène au bleu le papier de tournesol. Les pêcheurs la considèrent comme potable quand elle est suffisamment refroidie, surtout lorsqu'elle a été brassée à diverses reprises, pendant plusieurs jours, dans les grandes citernes où ils la conservent.

3° GROUPE DE LA CAVERNE.

Sous ce nom je désigne deux autres sources situées vers l'extrémité de la bande doléritique, qui paraissent différer peu de celle dite *du Bain*; leur thermalité est moins forte, mais leur saveur est la même et les mélanges gazeux qui s'en dégagent, quoique peu abondants, sont encore riches en azote. Elles sont placées dans les mêmes conditions et à peu de distance l'une de l'autre. La plus éloignée (n° 2), qui devient ici la plus importante comme débit, se trouve presque à l'entrée de cette caverne singulière que j'ai déjà citée précédemment pour y signaler des dolérites en boules.

Je donne ici comparativement les analyses des gaz recueillis sur ces sources, faites sur place et dans le laboratoire :

	ANALYSES FAITES		
	sur place.		dans le laboratoire.
	20 nov.	8 déc.	8 déc.
SOURCE N° 1 (temp., 38°). Acide carbonique.	19,5	19,0	19,30
Oxygène	6,3	5,8	6,15
Azote	74,0	75,2	74,55
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,00</u>
SOURCE N° 2 (temp., 34°). Acide carbonique.	25,0	22,6	23,67
Oxygène	12,4	13,0	12,58
Azote	62,6	64,4	63,75
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,00</u>

(') M. de Hochstetter, en signalant cette nouvelle source, lui a donné une température de 55 à 66 degrés C.

La vapeur d'eau est peu abondante; l'acide carbonique se trouve mélangé ici avec un air appauvri; les eaux des sources en dissolvent une certaine proportion; celle d'acide carbonique devient par cela même moins forte que dans le gaz dissous par la source du Bain.

Analyse du mélange gazeux retenu en dissolution par les eaux		
	de la source n° 1.	de la source n° 2.
Acide carbonique.....	79,77	81,67
Oxygène.....	4,84	5,68
Azote.....	15,39	12,65
	100,00	100,00

4^o GROUPE DES PETITES PLAGES DU SUD-OUEST.

Des dégagements gazeux beaucoup plus importants que tous ceux dont il vient d'être question, accompagnés encore d'une grande quantité de vapeur d'eau, se produisent sur le littoral, dans la partie médiane des parois du cratère qui fait directement face à la jetée du sud. Là, sur de petites plages sableuses entrecoupées de galets, qui découvrent à la marée basse, on voit s'échapper, sur une étendue de plusieurs centaines de mètres, de nombreux petits ruisseaux d'eau chaude dont la température varie, d'un point à un autre, de 72 à 96 degrés. Elles paraissent très abondantes et souvent jaillissent par minces filets à 2 ou 3 centimètres au-dessus des sables environnants. Elles abandonnent un sédiment notable de carbonate de chaux, qui prend à l'air des teintes ocreuses, dues à une certaine proportion d'oxyde de fer hydraté qui teint également les galets du rivage. A la marée haute, la température de la mer au-dessus de ces divers points s'élève de 20 à 25 degrés, tandis qu'elle n'est que de 14 degrés en moyenne au milieu du bassin. Sur le passage de ces courants d'eau chaude, la végétation sous-marine est absolument décolorée ou

détruite; il en est de même aux alentours de toutes les sources dont nous venons de parler; aussi, quand on s'élève quelque peu dans les parois du cratère, tous ces points se reconnaissent facilement, même lorsqu'ils sont sous l'eau, parce qu'ils forment de grandes taches d'un jaune clair, au milieu des teintes vert sombre fournies par les algues nombreuses qui croissent avec une vigueur exceptionnelle dans toute la zone littorale.

Le gaz qui se dégage non seulement de tous les points où sourdent les eaux chaudes, mais pour ainsi dire de toute la surface des sables, où la température est souvent assez élevée pour qu'on ne puisse s'y tenir longtemps sans être obligé d'aller mouiller à chaque instant ses chaussures dans la mer, se compose principalement d'acide carbonique. Il suffit de creuser un petit bassin dans le sable humide et de le remplir d'eau, pour le voir immédiatement traversé par une quantité de petites bulles de gaz qui s'échappent avec une extrême vitesse en faisant entendre un petit bruissement très accentué.

De nombreuses analyses sommaires, effectuées dans tout cet espace, m'ont démontré que ces dégagements ont une composition très uniforme et ne varient sensiblement dans aucune circonstance. Je ne donnerai donc ici que les moyennes des résultats obtenus soit dans les analyses sommaires, soit dans les analyses du laboratoire (1).

	MOYENNE DES ANALYSES EFFECTUÉES			
	sur place pendant les mois de			dans le laboratoire (trois analyses).
	octobre.	novembre.	décembre.	
Acide carbonique...	95,2	94,8	95,0	94,71
Azote.....	4,8	5,2	5,0	5,29
	100,0	100,0	100,0	100,00

(1) Je crois qu'il n'est pas sans intérêt de faire remarquer ici que Ch. Sainte-Claire

5^o GROUPE DES ESPACES CHAUDS.

Ce groupe, tout à fait différent des précédents, ne comprend uniquement que des émanations, de véritables *fumerolles*, essentiellement aqueuses et chargées d'acide carbonique, qui s'effectuent, sans émission de sources thermales, dans toute cette large bande dont j'ai déjà tracé les limites (p. 244 et suiv.). Je ne reviendrai donc pas sur les particularités de gisement de ces nouveaux dégagements, qui déjà ont été énumérées, et j'indiquerai seulement ici les principaux phénomènes qui s'y produisent, ce sujet étant encore un de ceux sur lesquels je me propose de revenir par la suite.

On les distingue facilement de loin, surtout par les temps secs et froids, aux petits nuages de vapeurs blanches qui s'élèvent constamment de tout l'espace qu'ils occupent et qui viennent se réunir à la partie supérieure du cratère (1).

Ces vapeurs se dégagent d'une façon irrégulière, souvent avec une certaine violence, par un grand nombre d'orifices assez pro-

Deville, dans ses études sur la composition chimique des gaz rejetés par les événements volcaniques de l'Italie méridionale, a signalé, soit auprès de Vulcano, soit autour de l'Etna, un certain nombre d'émanations qui ont avec celles de ces petites plages la plus grande analogie (*Mém. des Savants étrangers*, t. XIV) :

	VULCANO.	ETNA.		
		Acqua Rossa.	Lac de Polici.	Valancella.
Acide carbonique....	86,0	93,23	96,5	98,6
Oxygène.....	0,0	0,97	3,5	0,0
Azote.....	14,0	5,80		1,4

(1) Dans des études sur la faune et la flore des deux îles (*Arch. de Zoologie expérimentale et générale*, t. IV, n^o 1, p. 1 à 144; 1877), j'ai donné les caractères de la flore spéciale qui recouvre ces espaces chauds et qui aide encore à les faire reconnaître de tous les points du cratère, à cause de sa coloration toute particulière et très tranchée.

fonds, dont le diamètre varie depuis quelques centimètres jusqu'à 0^m,50. Tout autour de ces trous béants sous les roches, la végétation est absolument décolorée et flétrie; un thermomètre y indique une température qui est loin d'être la même pour chacun d'eux, car elle varie de 50 à 72 degrés et va en augmentant à mesure qu'on se rapproche de la mer. Sur un petit terre-plein élevé de 7 à 8 mètres au-dessus de l'eau, on remarque, par exemple, deux de ces orifices où la température atteint en moyenne 84 degrés.

Aux alentours, le sol, sur un espace de plusieurs mètres carrés, est échauffé à ce point que le thermomètre couché à la surface monte rapidement à 46 degrés. Mais cette température n'est pas répartie uniformément; dans le voisinage immédiat des dégagements de vapeurs, elle est plus considérable et atteint même 104 degrés à quelques centimètres de profondeur.

Les mélanges gazeux qui s'échappent de ces divers orifices se composent uniquement d'acide carbonique et de vapeur d'eau, entraînant quelquefois, surtout dans les parties supérieures, de petites quantités d'air appauvri en oxygène. La prédominance de la vapeur d'eau est telle, que les tubes ouverts à Paris sur la cuve à mercure se sont remplis jusqu'aux $\frac{18}{20}$ de leur capacité totale. Le gaz recueilli à sec, c'est-à-dire après condensation aussi complète que possible de la vapeur d'eau, a pour composition :

Acide carbonique.....	97,00
Oxygène.....	0,85
Azote ..	2,15
	<hr/>
	100,00

L'eau condensée à ces fumerolles ramène au bleu la teinture rouge de tournesol.

Les parois intérieures de ces orifices sont recouvertes d'un abondant dépôt de silice qui imprègne encore tout le sol jusqu'à une grande distance. Ces vapeurs acides, portées à une haute température, agissent en effet fortement sur les roches volcaniques traversées; elles les désagrègent, les transforment en argile et entraînent vers les parties supérieures la silice qui provient de cette décomposition; cette silice se dépose ensuite à l'état gélatineux, ainsi que l'indiquent ses formes amorphes et enveloppantes; quand on l'extrait du sol humide, elle est presque plastique et ne durcit qu'après un certain temps d'exposition à l'air.

En recevant, pendant un mois, ces vapeurs dans des tubes de verre maintenus enfoncés dans le sol, j'ai obtenu 32 grammes d'une silice amorphe qui était encore molle au moment de l'ouverture des tubes, à notre arrivée à Paris; elle formait sur leurs parois un certain nombre de feuillets, d'un blanc mat ou grisâtre, se recouvrant les uns les autres et peu adhérents. Son action sur la lumière polarisée était nulle; elle se présentait sous l'apparence d'une masse gélatineuse transparente, traversée par des lignes tortueuses et concentriques. Son analyse a donné la composition suivante, réduite en centièmes :

Silice	90,27
Alumine	2,11
Fe ² O ³	0,84
Chaux	0,35
Magnésie	0,05
Potasse et soude	0,48
Eau	5,62
	<hr/>
	99,72

On trouve là toutes les variétés d'opale, tantôt très pures et d'un blanc éclatant, tantôt mélangées de carbonate de chaux con-

crétionné qui provient évidemment de la décomposition des feldspaths calciques (labrador et anorthite). La silice pénètre encore dans tous les vides capillaires des laves exposées à l'action de ces vapeurs; elle tapisse et remplit leurs vacuoles, en s'y présentant tantôt sous l'état absolument amorphe de l'opale, tantôt sous les formes bien cristallines de la tridymite et de la calcédoine. Le plus souvent, ainsi que les *fig.* 47 et 48 en fournissent des

Fig. 47.

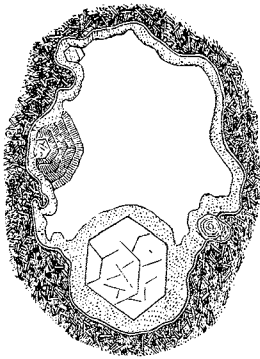
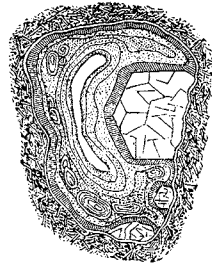


Fig. 48.



Opale, hyalite, tridymite et calcédoine dans une lave basaltique altérée (espaces chauds).
Grossissement : 100 fois.

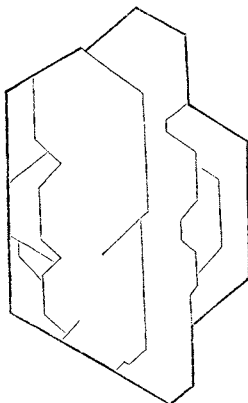
exemples, ces deux états sont associés dans la même vacuole et passent de l'un à l'autre par toute une série de formes intermédiaires.

Les variétés fibreuses et hyalitiques d'opale sont des plus fréquentes; ces dernières enveloppent le plus souvent un ou plusieurs hexagones de tridymite, dont les cristaux se voient encore, mais plus rarement, isolés au milieu des masses argileuses, simples ou maclés comme ceux que représente la *fig.* 49.

Les roches volcaniques soumises à ces altérations ne conservent plus aucune ténacité; elles se laissent facilement tailler au couteau et même rayer sous l'ongle; complètement brunes ou noi-

râtres quand elles sont humides, elles se colorent, sur les surfaces exposées à l'air, des tons les plus vifs, qui varient du bleu pur au rouge carminé. L'examen microscopique les montre profondément modifiées : le magma cristallin des laves basaltiques ou des dolérites n'exerce pour ainsi dire plus d'action sur la lumière polarisée; les microlithes et les cristaux de feldspath sont devenus nuageux, le fer oxydulé est transformé en limonite ou en hémate rouge très transparente; le pyroxène, qui d'ordinaire résiste

Fig. 49.



Cristaux de tridymite mâclés. (Grossissement : 150 diamètres.)

avec tant d'énergie, est lui-même altéré à ce point qu'il est devenu presque méconnaissable. Le péridot a disparu entièrement. Les produits serpentineux sont peu abondants.

J'ai dit que la température du sol où s'effectuaient ces dégagements était de 104 degrés à quelques centimètres de la surface; elle ne semblait pas augmenter sensiblement avec la profondeur, mais elle était loin d'être fixe et subissait au contraire des oscillations incessantes en rapport avec les marées.

Dans les premiers jours de novembre, mon attention fut

éveillée par le fait de trouver fondus, à la suite d'une surélévation considérable de l'eau dans le bassin, les soudures et l'étamage des appareils que j'avais laissés enfoncés dans le sol, à 1 mètre de profondeur, pour recueillir la silice et mesurer la quantité de vapeur d'eau dégagée dans un temps donné. J'entrepris alors des mesures journalières rigoureuses, soit dans ces espaces chauds, soit dans ceux situés à l'extrémité opposée du bassin, c'est-à-dire à l'angle de la jetée du Nord, qui me conduisirent aux résultats généraux suivants :

Dans tous les points échauffés du sol, la température atteint à la marée haute un maximum qu'elle conserve pendant toute la durée du plein.

Un minimum s'observe à la basse mer et la différence comprise entre ces limites extrêmes peut atteindre 1°, 3.

Ces différences s'accroissent aux marées des syzygies; l'écart observé peut alors devenir considérable et s'élever à plus du double de la température moyenne.

C'est ainsi que, le 27 novembre, des fils d'étain suspendus dans des tubes de verre, à une profondeur de 2 mètres, dans les espaces chauds du fond du cratère, subirent une fusion complète, ce qui suppose une température au moins égale à 218 degrés. La mer s'était alors élevée dans le cratère à une hauteur double de celle qu'elle atteignait habituellement (1).

6° DÉGAGEMENTS GAZEUX SOUS-MARINS.

Des mélanges gazeux analogues aux précédents se dégagent encore dans l'intérieur du bassin, en des points très profonds,

(1) C'est la plus forte marée que nous ayons observée; le sentier du littoral en face des saleries et le quai de débarquement furent entièrement recouverts.

ainsi qu'en témoignent les bulles de gaz qui, de temps à autre, viennent en certain nombre éclater à la surface de l'eau dans toute une bande dirigée nord-ouest-sud-est, depuis les espaces chauds jusqu'à l'angle interne de la jetée du Sud. Ces dégagements sont trop irréguliers et les bulles trop espacées pour que j'aie pu les recueillir; il m'eût fallu des instruments tout autres que ceux dont je disposais, et qui demandaient, pour être mis en fonction, une stabilité toute terrestre. Mais, en faisant quelques prises d'eau à des profondeurs déterminées à l'aide d'un appareil approprié, dans les points les plus sujets à ces apparitions de bulles, j'ai pu reconnaître tout à la fois la nature de ces mélanges gazeux et la proportion suivant laquelle ils se trouvaient dissous dans les différentes couches de liquide.

Ces nouvelles analyses, effectuées avec un soin minutieux dans le laboratoire, m'ont fourni les résultats suivants.

A la surface de l'eau, parmi les gaz dissous, l'acide carbonique est en faible quantité (2,16 pour 100), mais sa proportion augmente rapidement avec la profondeur; ainsi, à 25 mètres, on en constate 8,40 pour 100. L'oxygène y est alors en proportion à peu près égale, 8,94. La température, variable à la surface, est, à cette profondeur, sensiblement constante, et, en moyenne, de 12 à 14 degrés. C'est à ce niveau que cesse la vie animale, qui était exubérante sur les bords du cratère, surtout entre les niveaux de la haute et de la basse mer. Ainsi, une proportion de 8,5 pour 100 d'acide carbonique en dissolution dans l'eau de mer suffit pour empêcher la vie, malgré la présence de 9 pour 100 environ d'oxygène.

Enfin, plus profondément, à 47 mètres, j'ai constaté 12,58 pour 100 d'acide carbonique.

Cette augmentation d'acide carbonique se fait aux dépens de

l'oxygène, la proportion d'azote restant sensiblement la même, comme on peut en juger par le Tableau suivant :

	Eau de mer puisée		
	à la surface.	à 25 mètres.	à 47 mètres.
Acide carbonique.....	2,16	8,40	12,58
Oxygène.....	14,38	8,94	6,99
Azote.....	83,46	82,64	80,42
	100,00	100,00	100,00

Enfin, à l'extérieur du cratère, dans le nord de la jetée du Sud, à 200 mètres de terre, par les fonds de 10 à 15 mètres et jusque sous 30 mètres d'eau, on constate encore des dégagements importants, qui se traduisent par de longs chapelets de bulles, au travers de la nappe liquide. Par instants ces chapelets s'interrompent, et d'énormes bulles viennent isolément éclater avec bruit à la surface. A cause de l'agitation incessante de la mer, je n'ai pu recueillir, de façon à pouvoir les conserver, les gaz qui se dégagent ainsi sous une pression considérable; quelques analyses sommaires effectuées dans un canot, au commencement de janvier, m'ont indiqué qu'ils ne se composaient, pour ainsi dire, que d'acide carbonique (1).

(1) A l'extérieur du cratère, par le travers de la passe, à 500 mètres de terre environ, dans l'eau de mer puisée à la surface, j'ai trouvé une proportion d'oxygène qui mérite d'être signalée. La composition des gaz dissous par cette eau est la suivante :

Acide carbonique.....	0,84
Oxygène.....	60,56
Azote.....	83,60
	100,00

Cette grande quantité d'oxygène, jointe à l'absence d'acide carbonique, peut s'expliquer par l'agitation continue de la mer, ainsi que par la présence en ce point de grandes prairies d'algues (*Macrocystis pyrifera*).

Conclusions.

De toutes ces études et de ces analyses il ressort ce fait, que les émanations gazeuses actuelles de l'île Saint-Paul témoignent d'une combustion peu énergique. Elles se composent essentiellement d'acide carbonique, gaz qui joue dans l'échelle de la vulcanicité un rôle peu important, peut-être même le dernier.

Cet acide carbonique, toujours accompagné de vapeur d'eau, est encore mélangé d'oxygène et d'azote, en proportions variables, qui représentent de l'air entraîné et appauvri.

Ces mélanges gazeux, quoique confinés dans un espace très limité et s'effectuant toujours dans des conditions identiques, présentent, dans les proportions relatives des éléments composants, de grandes variations, suivant les différents points d'émission. Leur température est également très variable; elle influe sur la quantité d'acide carbonique rejetée, qui augmente et s'abaisse sensiblement avec elle.

Dans chacune des fumerolles, la composition et l'énergie du dégagement varient peu : elles ne sont nullement influencées par conditions météorologiques; mais il n'en est pas de même de leur température, qui s'élève ou s'abaisse suivant les marées et paraît ainsi soumise à des oscillations incessantes.

Cette variabilité dans la température démontre avec évidence que les phénomènes de chaleur observés sont dus à l'énergie plus ou moins grande des réactions causées par la pénétration des eaux de la mer jusqu'au foyer volcanique sous-jacent (1).

(1) Peut-être pourrait-on y voir encore une confirmation de la théorie de Perrey, qui attribue les éruptions volcaniques à l'effet des attractions luni-solaires et qui

Dans les sources thermales qui accompagnent la plupart de ces dégagements, nous avons encore un exemple frappant de l'infiltration des eaux marines jusque dans les profondeurs et de leur réapparition au jour après avoir acquis une température élevée et dissous certains principes minéraux.

Je terminerai maintenant en donnant trois analyses de l'air atmosphérique recueilli en divers points du cratère, le 28 décembre dans l'après-midi, par un temps calme, à la température de 18 degrés et sous la pression de 767 millimètres :

- 1° Au-dessus des espaces chauds;
- 2° Auprès du laboratoire d'Histoire naturelle (n° 4 de la Carte);
- 3° A l'extrémité de la jetée du Nord.

	1°.	2°.	3°.
Oxygène	20,18	20,49	20,92
Azote	79,25	79,17	79,06
Acide carbonique	0,57	0,11	0,02
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

admet qu'à chaque marée de l'Océan correspond une marée souterraine, amenant une poussée de liquide fluide interne contre la face inférieure de l'écorce terrestre.

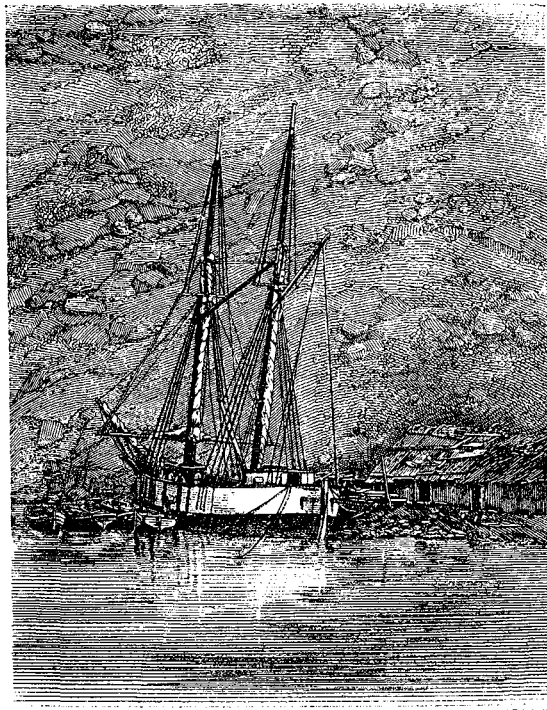
ILE AMSTERDAM.

Vers le milieu de décembre, une petite goëlette de 80 tonneaux, le *Fernand*, qui depuis un mois stationnait dans le cratère de Saint-Paul pour y faire la pêche, se disposait à partir pour Amsterdam, afin d'y compléter son chargement de poisson et de laisser à terre quelques chasseurs d'otaries qu'elle devait venir reprendre en mars suivant. Son capitaine, M. Hermann, qui déjà, pendant son séjour à Saint-Paul, nous avait rendu de grands services en mettant à notre disposition ses embarcations et son équipage de Cafres pour explorer les îlots et les falaises de l'extérieur, s'offrit encore pour nous déposer sur l'île, et notre commandant, M. Mouchez, voulut bien nous donner l'autorisation de nous embarquer. Le 12 décembre, dans l'après-midi, nous quittons donc Saint-Paul, M. Lantz, M. de l'Isle et moi, avec deux matelots; nous emportions quinze jours de vivre, et la *Dives* devait venir nous chercher à la fin du mois; elle devait en même temps amener M. Turquet, qui avait reçu du commandant la mission de lever la Carte de l'île et d'en faire l'hydrographie tandis que nous en achevions l'exploration.

L'île Amsterdam est située à 42 milles dans le nord-ouest de Saint-Paul; notre traversée, qui ne devait être que de quelques heures, dura quatre jours. Ce furent des journées terribles. A peine étions-nous hors de vue de la terre, qu'une tempête se déchaînait sur nous; notre frêle esquif, prenant la cape, était obligé de fuir devant le temps.

Aux vents violents succédèrent presque immédiatement des calmes absolus, et pendant les journées du 14 et du 15 nous restâmes enveloppés dans des bancs de brumes si épais, que nous ne pouvions même plus distinguer les vergues de la voile de for-

Fig. 50



Le *Fernand* au mouillage dans le cratère de l'île Saint-Paul.

tune qui battait le long du mât. La goëlette, balancée par une longue houle, flottait comme un bouchon, entraînée par des courants qui pouvaient avoir 1 nœud de vitesse. Ne sachant le chemin parcouru pendant la tempête, nous ignorions notre position, quand notre attention fut éveillée, dans la matinée du 16, par

un bruit singulier : la mer déferlait à peu de distance ; à n'en pas douter, nous marchions vers des brisants, et, la sonde n'accusant pas de fond, on ne pouvait songer à mouiller.

Fort heureusement, alors que notre inquiétude était à son comble, un souffle de brise vint déchirer le manteau de brume qui nous enveloppait, et qui, se retirant comme un rideau, nous laissa voir à quelque cent mètres de nous les hautes et sombres falaises de la côte ouest d'Amsterdam.

La goëlette se couvrit de toile ; poussée par une petite brise de terre, elle mit tout un jour à faire le tour de l'île, en rasant la côte d'assez près pour chercher un mouillage, qu'elle ne put trouver avant la nuit. Il nous fallut donc reprendre le large ; mais le lendemain nous atterrissions au petit jour, et l'ancre tombait, par 10 brasses de fond, à deux encâblures des falaises, dans le nord-nord-est. Contre toute attente, la mer était absolument calme, la houle ayant cessé ; le débarquement put ainsi se faire sans difficultés, et notre première descente sur l'île fut marquée par un véritable massacre d'otaries, dont les nombreux troupeaux couvraient littéralement le rivage.

La cabane construite par Heurtin était encore en très bon état ; elle nous fut d'un précieux secours pendant la première partie de notre séjour, qui fut consacrée à l'exploration des côtes et de la partie basse de l'île.

Le 20, un coup de canon nous avertit de l'arrivée de la *Dives*. Nous courûmes à la côte, où M. Turquet nous eut bientôt rejoints, et dès le lendemain nous commençâmes l'ascension des sommets. Je renonce à décrire les difficultés de cette entreprise, que des mauvais temps continuels vinrent encore entraver. Elle fut cependant en partie couronnée de succès, puisque, le 24, les plus hautes cimes étaient franchies ; mais les opérations trigonomé-

triques devinrent impossibles sous la brume, et M. Turquet, malgré sa persistance à veiller les moindres éclaircies, ne put que relever à la hâte la position de quelques-uns des points les plus remarquables.

Le 25, nous regagnions la *Dives*, qui appareillait tout aussitôt, fuyant ces tristes parages, et faisait route pour Saint-Paul.

Dans les premiers jours de janvier, après avoir quitté cette dernière, la *Dives* vint de nouveau jeter l'ancre devant Amsterdam. Notre commandant désirait tenter un nouvel effort pour en dresser la Carte, faire quelques sondages avec le bâtiment et nous débarquer de nouveau, afin que nous pussions compléter notre première exploration. Nous étions plus nombreux cette fois, car M. Rochefort, qui n'avait pu nous accompagner dans notre premier voyage, retenu par les exigences de son service, descendit à terre avec nous. Mais ce second séjour fut encore moins favorisé que le premier ; d'épaisses masses de brumes et des nuages très-bas, qui masquaient les sommets à notre arrivée, descendirent le lendemain jusqu'à la côte et nous plongèrent dans une obscurité complète qui nous tint enfermés, pendant trois journées consécutives, dans une caverne humide et froide, creusée sous les laves.

Désespéré d'attendre une éclaircie que rien ne faisait pressentir et ne pouvant d'ailleurs retarder davantage l'époque du retour, notre commandant fut alors obligé de donner le signal du départ définitif. Dans la matinée du 8, la *Dives* levait l'ancre, et bientôt nous perdions l'île de vue, en lui jetant avec regret un dernier adieu.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

Amsterdam est, comme Saint-Paul, d'origine absolument éruptive, mais sa forme est toute différente. L'activité volcanique, au lieu de se concentrer en une bouche unique, semble s'y être divisée à l'infini en une multitude de cônes et de cratères qui, s'étagant les uns au-dessus des autres, ont contribué par leur exhaussement successif et l'entassement de leurs produits à édifier une grande terre conique qui s'élève à 900 mètres. Cette hauteur suffit à elle seule pour indiquer l'importance des volcans qui l'ont produite, leur activité prolongée et la violence même de leurs éruptions.

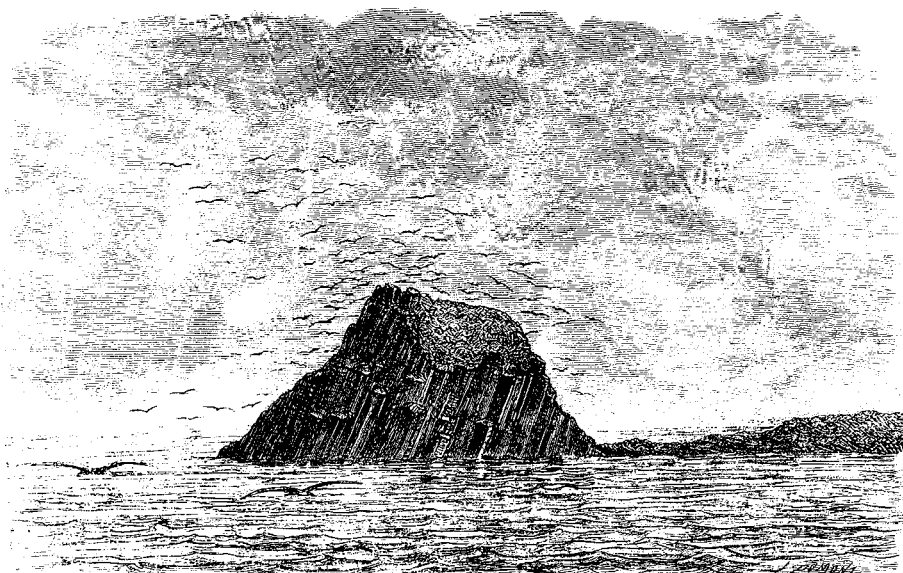
Longue de 8600 mètres sur 5500 mètres de large, sa superficie totale peut être évaluée à 400 kilomètres carrés. Sa base dessine une sorte de rectangle, orienté du nord-ouest au sud-est, dont toutes les pointes sont émoussées, sauf celle du nord-ouest, dite *de la Recherche*, qui se trouve être de beaucoup la plus basse et la mieux accentuée; une série de coulées de laves, disposées en retrait les unes au-dessus des autres, à la manière d'un escalier gigantesque, lui donne un aspect tout à fait particulier.

Elle ne présente aucune crique, aucune baie qui puisse servir d'abri; une ligne continue de falaises noires, plus élevées que celles de Saint-Paul et moins découpées, mais constituées comme elles par une longue alternance de bancs de laves et de scories, règne à son pourtour et la rendrait inaccessible, si elle ne s'abaissait sensiblement dans le nord-est sur un espace de 300 à 400 mètres. Là, une coulée de lave, qui s'est étendue jusqu'à la mer, se décompose en plusieurs jets, assez espacés, qui débordent de 20 à 25 mètres, et constituent de véritables quais naturels,

presque à fleur d'eau, dont les embarcations peuvent s'approcher par les temps calmes. Il est alors facile, avec un peu d'adresse, de sauter à terre, entre deux lames, et de pénétrer dans l'intérieur.

Dans le sud-ouest, les terres s'élèvent brusquement au-dessus

Fig. 51.



Le d'Entrocasteaux.

de ces falaises; elles se dressent tout d'un jet jusqu'à une hauteur de 700 ou 800 mètres, et se montrent même absolument taillées à pic sur une étendue de 2 milles marins, par suite d'un effondrement gigantesque qui a amené sous les eaux une notable portion de l'île. La côte paraît alors assez profondément excavée, et vers le milieu de cette échancrure un énorme rocher, le *d'Entrocasteaux*, formé de grandes colonnades basaltiques, relié à la

terre par un petit isthme étroit et bas, témoigne encore des éboulements considérables qui se sont produits.

Ces grandes murailles verticales, sur lesquelles la végétation a peine à se fixer, prennent, sous un ciel de plomb, sous les brumes incessantes qui masquent leurs cimes aiguës et déchiquetées, l'aspect le plus triste et le plus sauvage que l'on puisse imaginer. Elles sont habitées par un nombre considérable d'oiseaux de mer, qui, trouvant là des retraites assurées, devant une côte où le poisson abonde, viennent littéralement s'y disputer l'espace. Dans le bas des falaises, notamment, et jusqu'à mi-hauteur, d'innombrables manchots se cramponnent aux anfractuosités des roches, à côté de grandes et belles cascades qui jaillissent à divers niveaux. Les albatros, les pétrels, les stercoraires ne sont pas moins nombreux. Au moment de notre arrivée, ils formaient autour du d'Entrecasteaux comme un nuage épais qui masquait complètement l'îlot; leur vacarme était effroyable, et bientôt ils s'enlevèrent en une troupe qui commençait aux falaises, mais dont on ne voyait pas la fin.

Vers le sud, la côte présente une disposition tout autre; à ce sombre tableau succède brusquement l'aspect accidenté d'une terre montagneuse, découpée par de profonds ravins d'où s'échappent des ruisseaux abondants qui, sous une pente rapide de 30 à 35 degrés, rebondissent en cascades et viennent se perdre sur un plateau assez vaste qui règne au-dessus des falaises. Ce plateau se continue dans toute la partie de l'est, et de partout les terres s'en élèvent uniformément, sous une inclinaison assez faible, jusqu'à l'altitude de 600 à 700 mètres, pour aboutir, non en un sommet unique de forme pyramidale, mais vers une arête rectiligne, assez étendue, d'où surgissent isolément, à des hauteurs diverses, quelques pitons très espacés.

Toutes ces pentes, constituées par des coulées de laves superposées, sont recouvertes d'un sol tourbeux, souvent très épais, qui se prête facilement aux infiltrations des eaux pluviales et, par suite, au développement d'une épaisse végétation ; leur uniformité est interrompue, çà et là, par des saillies rocheuses, aux tons rougeâtres, et surtout par de nombreux cônes de scories qui se montrent souvent très élevés. Les uns apparaissent isolés ou par petits groupes au-dessus des falaises dans les parties basses ; d'autres, des plus importants, s'alignent sur les flancs de la montagne, suivant de grandes fissures qui la traversent de la base au sommet et qui, restées béantes dans toute leur étendue, se traduisent du large par des lignes anfractueuses, d'un noir obscur, dirigées du nord-ouest au sud-est. Ces fentes si remarquables semblent converger vers un cône de scories très élevé, qui, faisant saillie au-dessus de l'arête supérieure dont je viens de parler, termine presque régulièrement les pentes de la montagne, dont il figure ainsi le sommet, les pitons plus élevés, situés en arrière-plan, se trouvant presque toujours embrumés. C'est là, sans aucun doute, ce qui explique l'altitude toujours trop faible donnée pour Amsterdam, ce cône ayant été jusqu'à présent représenté et décrit comme son véritable sommet (1).

J'ai compté quatorze de ces cônes parasites sur le versant méridional et oriental de l'île, seule région que nous ayons pu explorer. Les plus rapprochés de la côte sont ceux qui, dans le sud et le sud-ouest, marquent et surélèvent les pointes *Flaming* et de la *Novara*. Ce sont des monticules coniques très réguliers formés par l'accumulation de produits de projection, meubles

(1) La Carte publiée en 1874 par la *Pearl* figure ainsi les pentes de l'île convergeant toutes vers ce sommet unique, dont les dimensions sont alors exagérées.

et scoriacés, autour de leur orifice de sortie, au travers desquels s'est épanchée, en dernier lieu, une coulée de laves qui semble avoir épuisé l'activité de chacun de ces foyers.

Le cône de la pointe Vlaming est très étalé; il disparaît en partie sous les bouquets de myrtacées (*Philica arborea*) qui l'entourent. Celui de la pointe de la Novara est beaucoup plus élevé et dépasse de 80 mètres le sommet de la falaise à l'extrémité de laquelle il se trouve situé; il est accompagné d'un second cône qui atteint 205 mètres d'altitude et qui laisse échapper, au travers d'une échancrure largement ouverte au nord-est, un véritable torrent de laves arides et dénudées. A mi-distance entre ces deux pointes, on remarque sur le plateau un nouveau monticule de scories fort élevé, qui, de loin, m'a paru tronqué à son sommet par un vaste cratère très régulier.

Dans l'est, ces foyers secondaires manquent absolument; mais on les retrouve nombreux, vers le nord, à l'extrémité des grandes fissures dont j'ai déjà parlé. Ils forment là, à 400 mètres de la côte, un groupe de petits cratères fort singuliers, très rapprochés les uns des autres et supportés par des monticules coniques qui ne sont élevés que de 20 à 25 mètres au-dessus du sol environnant. Leur diamètre ne dépasse guère une dizaine de mètres et leur profondeur atteint à peine 4 mètres. Le plus souvent, leurs pentes très accusées avoisinent 45 degrés; aussi doit-on s'aider des pieds et des mains pour les gravir, d'autant plus qu'ils sont encore recouverts jusqu'à mi-hauteur par des mousses glissantes sur lesquelles le pied a peine à se fixer. Leur arête supérieure, toujours aiguë et déchiquetée, se compose de laves scoriacées, fragiles, peu résistantes. Quelques-uns d'entre eux ne paraissent avoir vomi que des gaz et des scories; ils sont situés à l'extrémité d'un grand courant de lave et ressemblent à de véritables am-

poules, soulevées par les gaz, où tous les phénomènes qui se manifestaient en grand au foyer d'émission principal se sont reproduits avec une faible intensité. D'autres, comme celui qui se trouve au premier plan sur la *fig.* 2 de la *Pl. XXI*, ont donné lieu à d'énormes coulées qui ne sont nullement en rapport avec leurs faibles dimensions et se sont étendues vers la mer en formant de vastes champs de laves d'une fraîcheur telle, qu'ils semblent consolidés de la veille. Presque tous sont accompagnés d'un amoncellement de scories rougeâtres qui forment à peu de distance un petit massif élevé, assez arrondi et sans dépression centrale.

Tout cet ensemble prend l'aspect d'un véritable paysage lunaire ; c'est un des points les plus singuliers de la côte. J'ai tenu à lui laisser un nom qui s'imposait à notre reconnaissance, celui de M. Dumas, le savant illustre à qui tout le succès des expéditions pour le passage de Vénus doit être rapporté.

Plus loin, dans une assez vaste dépression qui aboutit au sommet des falaises, un nouvel orifice cratériforme attire l'attention. Large de 110 mètres, il atteint assez brusquement une profondeur de 30 mètres, par suite de la forte inclinaison de ses parois intérieures. Une végétation épaisse le recouvre en partie, ne laissant à nu, vers son arête supérieure, que quelques amas de scories rougeâtres et de laves très feldspathiques. Quand on l'aborde, en suivant les coulées des cratères Dumas, on arrive pour ainsi dire de plain-pied jusqu'à cette arête ; ces coulées se sont, en effet, entassées à sa base et l'ont enveloppé presque complètement. Vers la mer, ses pentes ont été respectées, les laves, divisées en deux branches, s'étant arrêtées de chaque côté en formant deux talus qui s'élèvent, comme le cône, de 50 à 60 mètres.

Dans le nord, à 1200 mètres de la pointe Goodenough, on remarque deux magnifiques cônes de dimensions presque égales à celles du précédent, qui paraissent aussi très anciens, si l'on en juge par l'altération de leurs scories et surtout par l'épaisseur de la couche de tourbe qui les recouvre presque en totalité. Ils sont de même enveloppés et pour ainsi dire envahis par des courants de laves qui prennent leur point d'origine dans de nouveaux foyers situés, à plus de 300 mètres d'altitude, au-dessus d'une grande fissure qui entame l'île profondément et se dirige vers la cabane des pêcheurs, près de la pointe du débarquement. Cette fissure, de même que les deux autres qui la suivent à peu de distance, est remarquable par son caractère explosif; il s'y est produit, en divers points, de véritables éruptions qui ont donné lieu à des cônes de scories très élevés, d'où se sont échappées de grandes coulées de laves. Le plus souvent ces coulées sont creusées de longs tunnels dans lesquels se sont accumulés des gaz et des vapeurs qui, atteignant une température et une pression considérables, ont provoqué d'énormes explosions dont le principal effet a été d'entr'ouvrir la cavité, qui est ainsi restée béante sur de grandes étendues. De place en place, les voûtes de ces boursoufflements, ayant résisté, constituent maintenant des grottes singulières, longues et spacieuses, garnies intérieurement de véritables stalactites de lave; nous en avons traversé qui, ouvertes aux deux bouts et larges de 8 à 10 mètres avec une hauteur double, s'étendaient sur une longueur de plus de 200 mètres. Souvent elles sont obstruées, à l'entrée, par un entassement prodigieux de blocs de laves qui en interdisent l'accès. L'intérieur, dans tous les points où la lumière peut pénétrer, est tapissé de grandes et belles fougères, de lycopodes et de mousses variées qui croissent là dans une humidité entre-

tenue constante par les infiltrations des eaux pluviales à travers les laves. De toutes les stalactites de la voûte suintent des gouttelettes d'eau, qui se recueillent, dans le bas, sur le sol argileux.

Vers le sommet, cette végétation s'appauvrit, et dans le fond de ces cavernes on ne trouve plus guère que des diatomées, qui, par une sorte de compensation, forment alors sur le sol une couche de plus de 1 mètre d'épaisseur; elles envahissent toutes les anfractuosités des scories et des laves; les parois en sont de même entièrement revêtues (1).

Les deux fissures suivantes, qui conservent à peu près la même direction, sont d'un tout autre aspect et ne supportent aucun cône de scories; elles se manifestent par de longues traces, en forme de fossés, larges souvent de 25 à 30 mètres, avec une profondeur égale, dont les lèvres, fortement relevées, entament un grand nombre de coulées de laves et supportent des amas de scories très irréguliers. Elles ont été produites par de profondes déchirures du sol qui se sont comportées comme de véritables centres éruptifs.

Les saillies rocheuses qui terminent les crêtes de ces deux échancrures linéaires, de même que les tunnels précédents, sont d'un précieux secours pour faire l'ascension de la montagne. Mais que de difficultés pour les atteindre! Dans les parties basses de l'île, sur le plateau faiblement incliné qui règne au-dessus des falaises, et jusqu'à une altitude de plus de 200 mètres, des graminées, qui croissent par touffes épaisses, et surtout des *Isolepis*

(1) L'étude de ces diatomées, qui comprennent un grand nombre de genres et d'espèces pour la plupart nouvelles, a été confiée à M. Maupas; elle sera prochainement publiée.

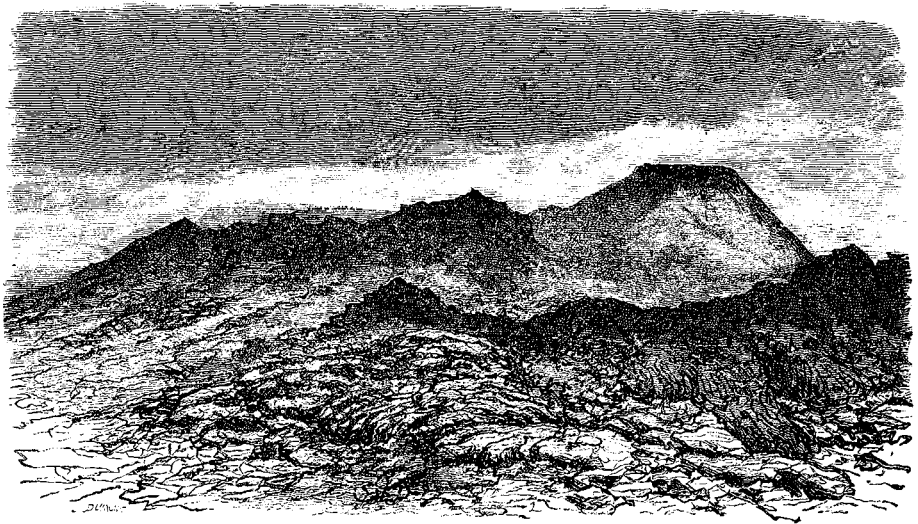
(*Isolepis nodosa*), hauts de 1 à 2 mètres, absolument pressés les uns contre les autres, et si serrés, qu'on a peine à les écarter, forment, en effet, une masse compacte, presque impénétrable, ou, d'autres fois, complètement couchés sur le sol et soigneusement entrelacés les uns dans les autres par la violence du vent, à la manière d'un feutrage serré, ils constituent une sorte de tapis élastique, épais de plus de 1 mètre, sur lequel on ne peut avancer qu'en rampant sur les genoux, le pied n'y trouvant point d'appui. Il nous fallut tout un jour pour franchir cette bande large de 500 à 600 mètres et pour gagner une deuxième zone de végétation composée de grandes fougères et de nouvelles graminées, au milieu desquelles on trouve surtout un petit arbre de la famille des Rhamnées, le *Philica arborea*, qui devait être autrefois beaucoup plus abondant, mais que les pêcheurs et les naufragés ont presque détruit, en y mettant le feu. Les traces de ces incendies, qui parfois ont embrasé l'île tout entière et se sont perpétués pendant plusieurs mois, entretenus par la nature tourbeuse du sol, se rencontrent à chaque pas dans cette seconde zone, où les troncs carbonisés de *Philica* se voient littéralement entassés les uns au-dessus des autres.

Au delà, toutes les saillies, toutes les dépressions, tous les sillons des laves disparaissent, nivelés sous un épais manteau de sphaignes qui forment par places de véritables fondrières que rien ne fait pressentir, et dont on ne peut se tirer sans peine ni sans dangers.

Puis les pentes s'accroissent, elles deviennent abruptes, et les laves apparaissent à nu, avec des surfaces tourmentées, étirées, qui témoignent de leur fluidité ancienne. Sillonnées de rides profondes, découpées par de longues tranchées, on les voit se décomposer encore en un grand nombre de courants qui glissent les

uns à côté des autres sur ces talus rapides, semblables à des torrents soudainement arrêtés dans leur chute ; d'autres fois elles se brisent en dalles énormes qui se relèvent isolément jusqu'à la verticale ou s'entassent confusément les unes au-dessus des autres. Dans l'est, les coulées paraissent s'être déversées en nappes plus étendues, dont les surfaces figurent des paquets de cordages entrelacés. Cette région déserte se dessine vigoureusement au-dessus

Fig. 52.



Cônes de scories du faux sommet.

des précédentes, couvertes de végétation ; elle s'étend autour de la montagne, à la manière d'une couronne dentelée, et vient aboutir, à une altitude moyenne de 650 mètres, en un plateau sur le rebord duquel se dresse un magnifique cône de scories, aux formes absolument régulières (*fig. 52*).

Ce cône, assez étalé, en partie enveloppé par les laves, s'élève encore de près de 50 mètres au-dessus d'elles. Ses pentes, très

inclinées, sont couvertes de sphaignes épaisses qui, reposant sur un sol argileux et glissant, produit par la décomposition des scories, rendent son ascension très pénible. Son arête supérieure, absolument déchiquetée et complètement abrupte sur ses deux versants, ne peut elle-même être franchie qu'en un petit nombre de points. Elle entoure un vaste cratère en forme d'entonnoir, large de 80 mètres et profond de 25 à 30 mètres, dont les talus sont inclinés à 45 degrés. Une énorme coulée s'en échappe et se dirige au sud-est vers la pointe de la Novara.

C'est là le sommet qui presque toujours a été regardé comme terminal; il occupe le centre de l'île, et son altitude absolue ne dépasse pas 690 mètres. A notre première ascension, le 22 décembre, nous atteignîmes ce sommet vers 10 heures du matin (1). Tout le panorama des pentes que nous venions de gravir si péniblement se déroulait alors sous nos yeux, au milieu d'un océan immense, et derrière nous se détachaient sur un ciel sombre les véritables sommets de l'île, complètement dégagés. Déjà toutes nos fatigues étaient oubliées, et M. Turquet venait d'installer son théodolite sur le point le plus élevé de l'arête, quand tout à coup, en moins de temps qu'il ne faut pour le dire, d'épaisses masses de brumes s'abattirent sur l'île et nous enveloppèrent dans une obscurité telle, que nous n'apercevions même plus le sol sous nos pieds. Nous restâmes plus d'une heure fixés en cet endroit, dans une immobilité presque absolue; enfin une éclaircie nous permit de descendre et de gagner à quelque cent mètres du cône, dans le nord, une grande caverne sous les laves, où nous arrivâmes complètement trempés et transis de froid. La température,

(1) Nous étions partis à 4 heures et demie d'un campement situé sur le bord de la fissure centrale, à 266 mètres d'altitude.

qui était de 15 degrés au départ, était subitement tombée à 4 degrés.

Après avoir inutilement cherché à mettre le feu à quelques fougères demi-sèches, afin de ne pas nous laisser surprendre par le froid qui devenait vif, et surtout pour vaincre une irrésistible envie de sommeil qui prenait certains d'entre nous et qui eût pu devenir fatale, nous reprîmes résolûment notre marche en avant et nous nous dirigeâmes vers le sommet. Un vent violent s'était élevé, chassant avec une rapidité inconcevable des nuages qui semblaient se former autour de nous et qui disparaissaient instantanément, pour se reformer tout aussitôt.

Derrière le cône s'étendent, sur un espace annulaire large de 500 à 600 mètres, de vastes champs de laves presque horizontaux, creusés de petits bassins envahis par les sphaignes et transformés en marécages; il nous fut facile de les traverser et d'atteindre, dans l'ouest, une arête de rochers noirs, très escarpés, formant une falaise continue d'où ruisselaient une multitude de petits filets d'eau.

Mais l'accalmie sur laquelle nous avions un instant compté ne s'était pas faite; la tempête semblait au contraire redoubler, et nous n'avancions qu'en hésitant, serrés les uns contre les autres dans la crainte de nous perdre, car à quelques mètres de distance le son de la voix ne nous parvenait plus. Nous suivions ainsi depuis quelque temps l'arête supérieure de cette saillie rocheuse, n'apercevant devant nous, dans les éclaircies, qu'un immense plateau marécageux d'une uniformité absolue, quand M. Turquet, qui marchait en avant, disparut presque soudainement dans une fondrière; nous eûmes beaucoup de peine à l'en retirer sain et sauf. Ce fut un avertissement qui nous engagea à rebrousser chemin.

Guidés par la boussole, nous pûmes retrouver le cône et les laves de la région déserte. A cette altitude, la brume était moins épaisse ; vers 500 mètres elle cessait même tout à fait, et bientôt nous distinguons, au milieu des *Philica*, notre petite tente, qui par bonheur était restée debout. A 7 heures nous l'avions atteinte, et nous nous installions, avec joie, autour d'un immense brasier que les matelots avaient allumé en nous attendant.

Le lendemain le Soleil se leva radieux ; je repris seul, cette fois, le chemin du sommet, où j'arrivai de bonne heure, après avoir suivi constamment l'arête supérieure de la troisième fissure.

L'île Amsterdam est tronquée vers sa partie supérieure par un immense plateau de forme ovulaire, large de 2 kilomètres sur 3 de longueur, qui se décompose en une succession de vastes plates-formes, complètement marécageuses (*Pl. XXII*), dues à d'immenses coulées de laves basaltiques, absolument nivelées, qui s'échelonnent les unes au-dessus des autres. Chacune d'elles est supportée par une falaise rectiligne, produite, sans aucun doute, par une grande cassure qui entame les coulées sur 10 à 12 mètres de hauteur et les montre subdivisées en magnifiques colonnades prismatiques.

Elles sont dominées, au sud et à l'est, par les restes d'un vaste cratère central, qui devait autrefois couronner l'île, et dont les portions restées debout forment maintenant les points culminants de ce massif volcanique. J'ai laissé le nom du *Fernand* à celui de ces deux sommets, situé dans l'ouest (829 mètres) (¹), qui do-

(¹) Le 16 janvier 1876, la goëlette *le Fernand*, toujours sous les ordres du capitaine Hermann, armée par les mêmes matelots malgaches et les mêmes pêcheurs que nous avons eus pour compagnons de séjour, est venue se perdre, par un coup de vent d'est, sur les falaises de l'île Amsterdam. Quinze hommes de l'équipage périrent dans ce désastre, auquel survécurent seuls le capitaine et un matelot, qui purent aborder le

mine tout à la fois le plateau supérieur et les grandes falaises de la pointe d'Entrecasteaux, et celui de la *Dives* au second, qui se trouve être le plus élevé (911 mètres) (1).

La première de ces plates-formes, haute de 720 mètres, dont nous avons suivi le bord à notre première ascension, est occupée à son centre par un cône de scories, aux formes absolument géométriques, qui s'élève de 30 mètres au-dessus du marais qui l'entoure, et se trouve lui-même complètement envahi par les sphaignes depuis la base jusqu'au sommet.

A son extrémité sud, elle est traversée par un vaste cratère d'explosion parfaitement circulaire, d'environ 250 mètres de diamètre, qui entame directement le sol sur une profondeur de plus de 100 mètres.

Quand, après avoir contourné le plateau, je me vis tout à coup en présence de cet abîme qui s'ouvrait à pic sous mes pas, je ne pus réprimer un sentiment d'épouvante, et je reculai tout frissonnant, en songeant au danger que nous avons couru la veille; nous avons côtoyé ce précipice sans nous en douter, et le moindre écart sur notre gauche nous y eût infailliblement précipités.

Les bords de ce soupirail immense tombent de tous côtés absolument à pic, sans qu'aucune saillie, sans qu'aucun rebord vienne en faire soupçonner la présence. Son fond ténébreux paraît rempli d'eau; ses parois se composent d'un nombre infini de coulées de laves noires superposées.

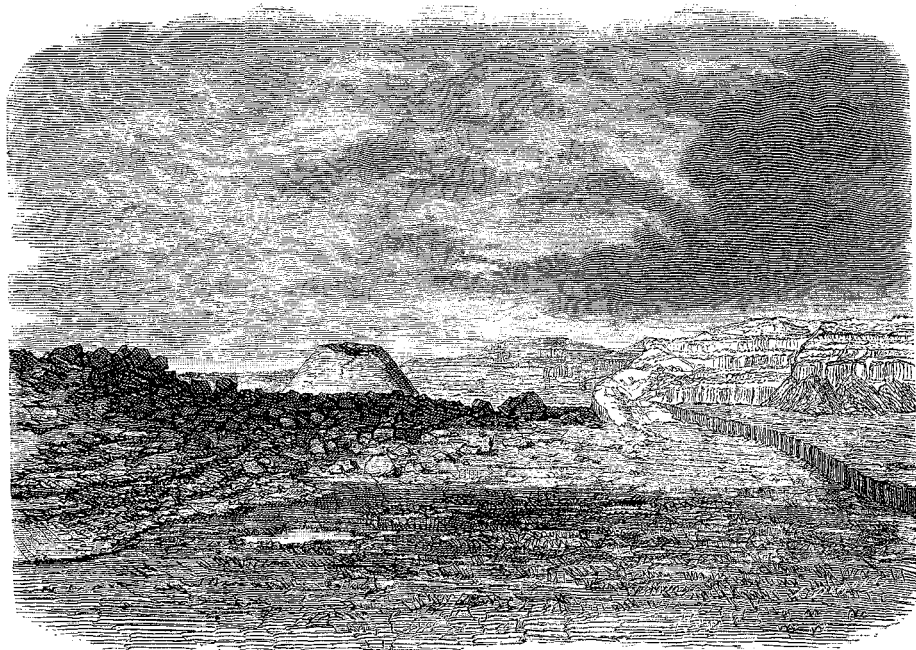
roc d'Entrecasteaux. Ils vécurent de privations et de souffrances sur l'île pendant trente-deux jours et furent rapatriés par un bâtiment italien.

(1) Ces altitudes ont été obtenues à l'aide d'un excellent baromètre anéroïde; les observations correspondantes se faisaient à la mer, sur la *Dives*. Celles qui sont indiquées sur la côte (*Pl. XXXI*) ont été relevées au théodolite par M. Turquet.

C'est actuellement le plus vaste foyer éruptif de l'île; je suis heureux de pouvoir lui consacrer le nom de mon cher et vénéré maître, M. le professeur Hébert.

Il doit son origine à une action explosive intense qui, fracasant la montagne et la perforant de part en part, a projeté avec

Fig. 53.



Blocs projetés, sur les hauts plateaux d'Amsterdam.

violence tous ses débris. Dans l'ouest, le plateau aux alentours et jusqu'à une grande distance (*fig. 53*) est littéralement couvert de ces blocs projetés, qui sont formés de roches très diverses, arrachées aux parties profondes du sol, et qui affectent toutes les dimensions. Ceux de plusieurs mètres cubes sont des plus fréquents. A voir tout cet entassement de rochers, on songe d'abord

à un éboulement ; mais les arêtes vives, toujours aiguës, de ces blocs, qui ne portent aucune trace de frottement, et surtout leur dissémination autour de la bouche éruptive, indiquent, sans qu'on puisse s'y méprendre, la façon dont ils en sont sortis.

Par cette voie de dégagement, des torrents de gaz et de vapeurs ont dû s'échapper, puis des laves sont apparues et se sont déversées dans l'ouest, en donnant lieu à une immense coulée qui s'est étalée vers le cône du faux sommet, en le contournant, pour se déverser ensuite sur les pentes de la région déserte (1).

Après un pareil effort, l'énergie du volcan fut épuisée, et depuis ce temps la montagne, restée inactive, indique seule par sa forme, aussi bien que par la nature des matériaux dont elle est composée, les événements du passé.

ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES LAVES DE L'ÎLE AMSTERDAM.

La constitution géologique de l'île Amsterdam est fort simple : tous les matériaux, tous les produits volcaniques qui entrent dans la composition de sa masse sont, en effet, de nature basaltique.

Les laves qui s'y sont successivement accumulées paraissent identiques, quel que soit leur âge, et ne présentent aucune des variations importantes que nous avons constatées dans les massifs volcaniques précédemment étudiés. Elles sont en général grisâtres

(1) J'ai cherché à tracer le parcours supérieur de cette coulée, en la désignant sous le nom de *laves récentes*, sur la *Pl. XXVI* ; il est probable qu'elle est descendue jusque dans les parties basses de l'île, mais ses limites inférieures sont maintenant méconnaissables, à cause de la végétation épaisse qui couvre tout.

et de nuances peu foncées, tantôt compactes et peu cristallines, tantôt, au contraire, vacuolaires ou scoriacées et surchargées alors de grands cristaux de feldspath qui leur communiquent une belle structure porphyroïde. Mais ce ne sont même pas là des caractères distinctifs, car, le plus souvent, ces variations peuvent s'observer dans l'étendue d'une même coulée; elles dépendent de son épaisseur, et par suite de l'inclinaison suivant laquelle elle s'est refroidie.

Rarement elles sont restées vitreuses; cet état ne s'observe que dans les parties tout à fait inférieures de certaines coulées et sur les parois de ces grandes cavernes, de ces souterrains dont j'ai parlé, où les laves paraissent avoir subi une sorte de refusion.

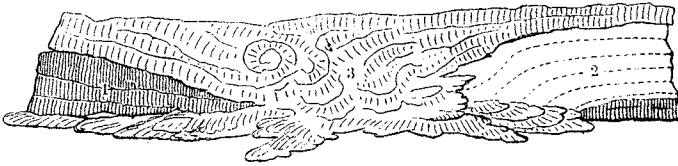
Leurs surfaces, toujours étirées, marquées de rides profondes très allongées, ne présentant jamais l'aspect fragmentaire et tourmenté des *cheires*, témoignent d'une grande fluidité, qui convient bien à des roches aussi basiques. Les coulées sont en même temps très épaisses, même sur les pentes qui dépassent 20 degrés d'inclinaison, ce qui semble indiquer qu'elles sont toujours sorties en abondance, mais avec une certaine lenteur. Dans les falaises de la côte, où elles paraissent horizontales, cette épaisseur varie de 1 à 5 mètres.

Sans vouloir entrer dans le détail de chacune de ces coulées, j'étudierai seulement aujourd'hui celles qui m'ont paru jouer le rôle le plus important dans ce massif, en cherchant à établir les principales des variations que le microscope permet d'y reconnaître suivant leur degré d'ancienneté.

Les petites falaises qui, dans le nord, vers la pointe Goode-nough, font directement suite à cette grande chaussée de galets sur laquelle se tiennent de préférence les troupeaux d'otaries, et qui succède directement aux coulées de laves du débarquement,

donnent une coupe fort intéressante (*fig. 54*), dans laquelle on relève la succession suivante :

Fig. 54.



Disposition des laves dans les falaises du nord.

1, labradorite et laves basaltiques compactes; 2, tufs à palagonite; 3, laves basaltiques feldspathiques.

Les laves n° 1, qui affleurent immédiatement au-dessus des galets, se divisent sur une épaisseur de 12 mètres en trois coulées, directement superposées, presque sans scories intercalées, dont les deux supérieures se composent d'une roche grise, finement celluleuse, très tenace et d'une grande densité (2,88), dans laquelle on ne distingue, à l'œil nu, que de rares cristaux de feldspath, d'un blanc mat, toujours très altérés.

La coulée de la base, plus compacte, ne présente pas d'élément cristallin distinct; elle se montre traversée, dans le sens de son épaisseur, par de grandes vacuoles allongées et régulièrement espacées.

Au microscope, la pâte de cette dernière se montre entièrement cristallisée; elle se décompose en une infinité de micro-lithes feldspathiques, très brillants et fluidaux, dont les dimensions sont en moyenne de $0^{\text{mm}},1$ pour la longueur et de $0^{\text{mm}},01$ pour la largeur, avec des contours, toujours fort nets, sauf aux extrémités, qui sont irrégulières ou bifurquées. Chacun d'eux présente, entre les nicols croisés, un accouplement de deux ou trois lamelles hémitropes, qui ne sont cependant jamais bien accusées et dont l'action sur la lumière polarisée est toujours assez faible. Leurs extinctions rapportées à la longueur se

font à zéro ou, plus fréquemment, sous des angles de 15 à 25 degrés. Dans un premier travail publié sur ce sujet (¹), j'avais cru pouvoir, d'après un examen chimique des plaques, les rapporter à l'albite, tandis que ce ne sont en réalité que des microlithes de labrador. Leur degré de résistance à l'acide, qui m'avait induit en erreur, tient à ce qu'ils restent toujours comme enveloppés par une matière amorphe incolore, après leur séparation par l'électro-aimant.

Tous ces microlithes de labrador sont enchevêtrés avec d'innombrables petits granules vert clair, de nature augitique, et des cristaux de fer oxydulé, aux formes octaédriques bien nettes. La proportion de ces derniers varie beaucoup; en certains points de la coulée et notamment dans les parties inférieures, ils sont extrêmement nombreux et groupés en petits amas rapprochés au point de rendre les préparations à peine transparentes.

On ne distingue que rarement des indices d'une pâte vitreuse incolore au milieu de ce magma cristallin qui enveloppe quelques grands cristaux brisés d'augite avec du labrador également en débris. Le péricote y fait absolument défaut.

Cette lave a pour composition chimique :

Silice	59,82
Alumine	19,48
Fe ² O ³	6,25
Chaux	5,34
Magnésie	2,26
Soude	3,45
Potasse	1,57
	<hr/>
	98,17
Densité	2,79

(¹) *Description géol. des îles Saint-Paul et Amsterdam*, Thèse pour le doctorat ès Sciences. Paris, 1878. Savy, édit.

La teneur élevée en silice de cette roche, étant donné son élément feldspathique, ne peut être attribuée qu'à la matière restée à l'état amorphe; l'excès de magnésie et la faible proportion d'alumine tiennent évidemment à l'abondance de l'augite.

C'est, en effet, l'élément qui de beaucoup prédomine; dans quelques variétés de ces mêmes coulées recueillies sous le cap Goodenough, il forme à lui seul les deux tiers du magma et se trouve réduit à l'état de petits granules, dont les dimensions n'excèdent pas 0^{mm}, 02.

Les bancs de laves qui sont directement superposés à cette coulée n'en diffèrent que par la présence du périclote, qui apparaît, avec une certaine abondance, parmi les éléments anciens. Il s'y présente en petits cristaux courts, incolores, très limpides et peu roulés; son action sur la lumière polarisée n'est pas des plus vives. Dans les sections allongées, des cassures presque régulières simulent parfois de véritables clivages; aussi serait-on tenté de les rapporter au pyroxène, mais un examen chimique de la plaque écarte cette détermination; toutes s'altèrent et se réduisent même partiellement en gelée, après une digestion de vingt-quatre heures dans l'acide chlorhydrique.

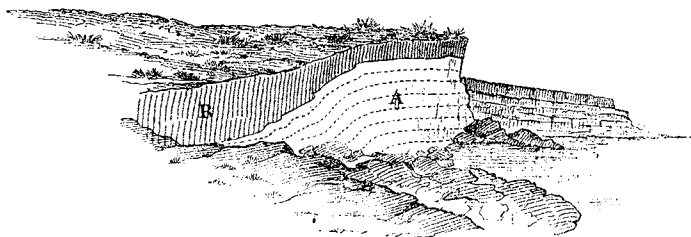
Ces roches commencent ainsi une série plus basique et se rapportent à de véritables laves basaltiques.

Auprès de la chaussée des Otaries, elles sont directement recouvertes par des laves encore grisâtres, criblées de grands cristaux d'un feldspath vitreux, prenant, par conséquent, une belle structure porphyroïde qui les différencie immédiatement; mais à 600 ou 700 mètres au delà, vers la pointe Goodenough, on voit une masse énorme de tufs jaunâtres, bien stratifiés, qui vient s'intercaler entre ces deux séries.

Ces tufs (A de la *Pl. XXVI* et n° 2 de la *fig. 54*) se déve-

loppent sur une longueur de près de 100 mètres ; ils occupent dans la falaise une hauteur de 15 mètres. Ils sont très cohérents et se décomposent en un grand nombre d'assises bien stratifiées, au milieu desquelles on remarque quelques galets de laves basaltiques fortement altérées, dont les dimensions varient entre celle de la tête et celle du poing.

Fig. 55.



A, tufs à palagonite; B, laves basaltiques à labrador.

Ces tufs (A, *fig. 55*) résultent évidemment d'éruptions sous-marines ; ils sont formés d'une palagonite incolore ou légèrement jaunâtre, dont les globules, absolument pressés les uns contre les autres, sont très transparents, marqués seulement, en leur centre, de quelques granulations opaques. Dans la lumière polarisée, par suite de cette compression réciproque, ils présentent d'une façon très manifeste le phénomène de la croix noire.

Quant aux blocs de laves qui s'y trouvent inclus, ce sont pour la plupart des roches très compactes d'un gris verdâtre dans les cassures fraîches, qui sont plates et esquilleuses, fortement oxydées et rongies sur leurs surfaces extérieures. Toutes sont magnifiquement cristallisées et ne présentent plus trace de matière vitreuse dans le magma de consolidation récente, qui se compose uniformément de microlithes de labrador, plus ou moins développés, enchevêtrés sans ordre, sans le moindre indice de fluidalité, avec

de très nombreux granules d'augite et du fer oxydulé en cristaux ou en petits grains groupés par amas. Parmi les éléments de première consolidation entraînés dans ce magma cristallin, il faut citer la magnétite et le fer oxydulé titanifère en longues aiguilles, l'olivine, l'augite et l'anorthite. Ces éléments sont peu nombreux, très isolés, d'une grande pureté et presque toujours avec des formes cristallines parfaitement nettes, à l'exception du périclote, qui se présente, comme d'habitude, en grains franchement roulés de dimensions variables. Les deux temps de consolidation sont, en réalité, difficiles à distinguer dans ces laves; ils ont dû s'y trouver très rapprochés.

Les laves grisâtres et feldspathiques (n° 3, *fig.* 54) qui recouvrent ces tufs sont moins denses et surtout moins compactes que celles qui les supportent; elles se décomposent en un certain nombre de coulées, dont l'épaisseur varie de 1 à 3 mètres, qui sont, à la surface, très vacuolaires, presque scoriacées, et remplies de grands cristaux de feldspath (3 millimètres sur 2 millimètres en moyenne).

Quoique très différentes d'aspect de celles qui se trouvent à l'état de blocs projetés dans les palagonites, elles en ont encore la structure et la composition minéralogiques, à cette seule différence près que l'augite y devient très rare comme élément ancien et que, par contre, le périclote y est plus fréquent et plus développé. Ici encore, la détermination de ce dernier n'a pu se faire avec toute certitude qu'à l'aide d'un examen chimique des plaques, à cause de sa limpidité, de la régularité de ses cassures et de la netteté de ses arêtes.

Les grands cristaux d'anorthite sont de même peu roulés, avec des arêtes vives et des formes très pures; ils contiennent fréquemment des inclusions vitreuses presque complètement opaques et

sans bulles de gaz, qui se disposent en petites traînées régulières soit à la périphérie, soit au centre du cristal. On les voit composés d'un grand nombre de lamelles hémitropes assez larges, qui souvent se disposent en croix, par suite de l'association des deux macles suivant la loi de l'albite et celle du périkline.

Dans le magma de consolidation récente, on reconnaît toujours des indices d'une pâte vitreuse incolore ; les microlithes de labrador sont brillants, très allongés et souvent bien terminés ; l'augite, encore en granules et très abondant, se présente aussi sous forme de petits prismes aiguillés, disposés en couronne autour des cristaux de feldspath, ou, le plus souvent, implantés, en manière de petites houppes, à la surface de ceux de magnétite, qui semblent ainsi avoir exercé sur eux une attraction puissante.

Ces laves basaltiques à labrador, subdivisées en un grand nombre de courants qui s'entre-croisent ou se superposent, recouvrent toute la surface de l'île dans le nord. Au-dessus du cap Goodenough, une de leurs coulées se charge de nombreux cristaux de fer titané. Vers la hutte des pêcheurs, elles affleurent en des points nombreux et se creusent de grandes cavernes qui souvent ont servi d'abri à ceux que les naufrages avaient jetés sur l'île. Elles sont alors très scoriacées et renferment plus de pâte vitreuse que celles que nous venons d'examiner dans les falaises. Leurs surfaces exposées à l'air se montrent très décomposées ; l'anorthite en particulier y devient complètement opaque et pulvérulent. Sous les grottes, toutes les vacuoles de ces laves sont, le plus souvent, remplies de fort jolis cristaux de sulfate de chaux. Le même phénomène se produit encore dans les falaises, où l'on voit toutes les scories, qui s'interposent entre leurs coulées, complètement tapissées par ce même minéral.

A l'extrémité est de la chaussée des Otaries, la coulée de laves qui

donne dans la mer ces pointes avancées sur lesquelles on peut débarquer prend une belle structure porphyroïde, par suite de l'abondance des grands cristaux de feldspath (4 millimètres carrés en moyenne) qu'elle renferme. Elle appartient à la série des laves sans périclase que nous venons d'étudier dans les falaises, plus à l'ouest; mais, parmi les éléments feldspathiques, les cristaux anciens, au lieu de se rapporter au labrador comme les microlithes, appartiennent à l'anorthite. L'augite de première consolidation, légèrement brunâtre et faiblement dichroïque, diffère en cela de l'augite verdâtre et plus coloré qui constitue les granules. De longues aiguilles de fer titané apparaissent également parmi ces éléments anciens, qui ne portent aucune trace bien manifeste de charriage. Cette lave du reste, quoique présentant encore beaucoup de pâte restée à l'état vitreux, ne porte aucun indice de fluidalité.

Elle est directement recouverte par de puissantes coulées de laves compactes, grisâtres, identiques, comme composition et comme structure, à celles qui surmontent les laves sans périclase à la base des falaises vers le cap Goodenough. Ces laves basaltiques à labrador supportent à leur tour une nappe très étendue formée d'une roche en apparence semblable, quoique de nuance plus claire et sensiblement plus cristalline, qui se montre traversée de vacuoles tortueuses, irrégulières, tapissées d'un vernis siliceux brillant, sur lequel sont implantés une multitude de très petits hexagones de tridymite. Ces produits siliceux, dus évidemment à des actions secondaires, à des dégagements gazeux qui se sont faits après la consolidation de la coulée, n'existent en aucune façon dans cette nouvelle lave basaltique, qui paraît très transparente, non altérée, et se montre particulièrement riche en augite.

Tout cet ensemble est recouvert par les laves feldspathiques à labrador et à anorthite (n° 3 de la *fig.* 54), qui paraissent prendre

un grand développement dans toutes les falaises de la partie est.

Dans cette direction, les laves basaltiques plus récentes rejetées par les cratères Dumas sont toutes essentiellement labradoriques, c'est-à-dire qu'elles renferment ce feldspath dans les deux temps de consolidation. De grands cristaux d'augite, presque incolores et non dichroïques, mais fréquemment maclés et bien reconnaissables à leurs clivages caractéristiques, donnent à ces laves une physionomie toute spéciale; le périclote y devient fort rare. Elles présentent beaucoup de pâte amorphe qui se montre complètement obscurcie par une multitude de petites granulations dues, suivant toute vraisemblance, à du fer oxydulé; ces mêmes granulations se réunissent souvent autour des autres éléments ferrugineux de la roche, augite et périclote, en les entourant d'un bourrelet, et la pâte, décolorée aux alentours, paraît d'un brun clair assez transparent.

Les laves récentes qui se sont épanchées du cratère du faux sommet sont également à base de labrador, mais l'anorthite s'y associe au labrador parmi les éléments anciens, et le périclote devient très abondant; elles présentent ce caractère particulier, que je n'ai retrouvé dans aucune autre des coulées examinées, de contenir, avec les grands cristaux d'augite, quelques débris d'amphibole hornblende, de couleur foncée et très dichroïque.

Les laves du cratère Hébert, qui représentent la dernière phase d'activité de ce massif volcanique, sont en même temps de beaucoup les plus basiques : elles ne renferment que 41,63 pour 100 de silice. Elles conservent à peu près les mêmes caractères dans toute l'étendue de leur coulée et restent, soit qu'on les examine autour de leur orifice de sortie, soit au bas de la région déserte, remplies de grands cristaux de feldspath et criblées de cavités arrondies qui leur donnent un aspect tout à fait caverneux. Ce

feldspath appartient exclusivement à l'anorthite ; il est généralement roulé, craquelé et fendillé, mais cependant très pur. Le magma qui l'enveloppe se montre, au microscope, composé de cristaux bien développés d'augite, de larges microlithes d'anorthite, associés à de petits octaèdres de magnétite et reliés entre eux par une matière amorphe noire, complètement opaque, qui doit cette coloration à des petits grains ultra-microscopiques de fer oxydulé et ne devient légèrement transparente qu'après une longue digestion dans l'acide chlorhydrique. Le péridot est très abondant dans la roche.

Dans les blocs énormes projetés par ce même cratère, on reconnaît toutes les variétés de laves basaltiques que je viens de signaler, avec d'autres roches, arrachées aux profondeurs, parmi lesquelles je signalerai surtout une dolérite qui présente, à l'œil nu, avec celle de l'île Saint-Paul une analogie telle, qu'on ne saurait à première vue distinguer les échantillons qui proviennent de l'un ou de l'autre de ces deux gisements. Mais au microscope les différences deviennent très accentuées. La dolérite d'Amsterdam est à base d'anorthite ; tous les cristaux de ce feldspath, largement développés ($0^m,004$ sur $0^m,003$ en moyenne), souvent pressés les uns contre les autres, sont reliés entre eux par un magma cristallin composé uniquement de petits granules arrondis ($0^{mmm},1$) d'augite et de cristaux allongés de fer titané, au milieu duquel on remarque, de place en place, des grains d'olivine d'un jaune vif et quelques longs microlithes d'anorthite.

Les grandes colonnades basaltiques qui forment les falaises des hauts plateaux situés en arrière de ce grand cratère sont encore entièrement constituées par une lave basaltique à labrador. Mais cette dernière est grisâtre, très compacte et d'un aspect grenu qui rappelle tout à fait celui de ces grandes coulées de basaltes qui

forment, dans le massif volcanique de la Réunion, les parois des remparts qui précèdent le volcan. Elle est encore riche en augite ; mais ce pyroxène, au lieu de se montrer verdâtre comme dans toutes les autres laves du massif, est presque incolore ; il prend en même temps, sous l'influence du polissage des plaques, un aspect rugueux et se distinguerait à peine du péridot si ce dernier n'était pas toujours entouré et pénétré d'oxydes de fer à divers états d'hydratation et d'oxydation. Le fer oxydulé y est peu distinct ; il forme de petits amas granuleux et opaques, sans contours bien précis ; quant au labrador, il se présente surtout en microlithes courts, bien terminés, très brillants et composés de deux ou trois lamelles hémitropes séparées souvent par une petite traînée de fines granulations augitiques incolores, mélangées de petits points noirs qui appartiennent au fer oxydulé. La structure de cette lave est absolument microlithique ; la *fig. 2* de la *Pl. V* en reproduit un exemple, vu sous les nicols légèrement croisés, à un grossissement de 80 fois.

RÉSUMÉ.

Telles sont, dans leurs principales variétés, les laves de l'île Amsterdam. Toutes sont d'une composition minéralogique fort simple et se confondraient entre elles si on ne les considérait qu'au point de vue de leurs caractères physiques extérieurs ; mais elles peuvent encore se différencier et se distribuer, tout au moins, en trois groupes, par certaines particularités tirées de leur structure et de leur composition.

Les plus anciennes que j'aie observées paraissent être celles, sans péridot, qui affleurent à la base des falaises, dans le nord, depuis le cap Goodenough jusques et au delà de la pointe du

débarquement. En adoptant la classification nouvelle de MM. Fouqué et Michel Lévy, elles doivent porter le nom de *labradorites à augite*. Il ne sera pas sans intérêt de faire remarquer ici leur complète analogie avec les laves anciennes du massif de l'Etna.

Des laves franchement basaltiques, c'est-à-dire caractérisées par la présence du péridot, viennent ensuite. Ce minéral ne se montre d'abord que peu abondant, avec des caractères particuliers qui rendent sa distinction souvent délicate, et les coulées qui le renferment, comme celles de la base des falaises, sous le cap Goodenough, sont encore à base de labrador et riches en augite. L'anorthite ne se présente que parmi les éléments anciens; il y devient de plus en plus abondant, et la teneur en péridot croît avec lui.

Le péridot ne devient fréquent et ne prend ses caractères habituels que dans les laves tout à fait récentes du cratère Hébert qui sont alors à base d'anorthite et ont mis fin à cette série éruptive.

Nous pouvons donc établir, dans ces produits, la succession suivante :

<u>Labradorites.</u>	<u>Laves basaltiques à labrador.</u>	<u>Laves basaltiques à anorthite.</u>
1	2	3

succession qui est la même que celle que nous avons pu reconnaître dans les massifs éruptifs que nous venons d'étudier, notamment à l'île Saint-Paul; mais là s'arrête l'analogie entre ces deux îles si rapprochées. Les laves d'Amsterdam sont, en effet, beaucoup plus augitiques que celles du volcan voisin, et surtout beaucoup moins riches en péridot. Elles sont, par conséquent, plus basiques, à une seule exception près, fournie par les labradorites, à la base des petites falaises du nord.

Elles représentent une phase d'activité unique qui doit corres-

pondre à la fin de la grande période éruptive du volcan de Saint-Paul, dont l'origine est ainsi plus ancienne. J'en donnerai comme preuve le manque absolu de toutes ces roches acides (*tufs ponceux, perlites, rhyolithes et trass*) qui forment l'ossature primitive de ce dernier, et dont je n'ai trouvé traces ni dans les projections des hauts plateaux, ni dans les fissures profondes qui découpent ses flancs, ni surtout dans les hautes falaises de l'ouest, qui entament l'île dans toute sa hauteur et la montrent uniquement composée d'une longue et puissante accumulation de laves et de scories basaltiques.

Malgré leur proximité, ces deux îles sont donc très différentes au point de vue de leur constitution géologique. Elles appartiennent à deux centres éruptifs complètement distincts, qui ont dû fonctionner isolément et ne se sont jamais trouvées réunies. Toutes deux se sont édifiées à la suite de longues éruptions sous-marines et ne peuvent être considérées comme les points culminants d'un continent ou d'une grande île aujourd'hui affaissée (1).

Ce qu'on sait maintenant sur la distribution géographique des animaux dans l'hémisphère austral laisse à penser que toutes les îles qui se voient dans l'océan Indien, entre Madagascar et la Nouvelle-Zélande, peuvent être considérées comme les points culminants d'un continent très étendu, ou mieux d'un groupe de grandes îles aujourd'hui submergées, par suite d'un affaissement récent du sol. Cette hypothèse d'une communication terrestre qui aurait existé anciennement entre des points séparés aujourd'hui par de grandes étendues d'eau, se trouve encore appuyée

(1) Des différences assez considérables dans la faune et dans la flore de ces deux îles, si rapprochées, viennent encore à l'appui de cette opinion (voir, à ce sujet, les *Remarques au sujet de la faune des îles Saint-Paul et Amsterdam*, publiées dans les *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, t. VI, p. 95).

par les découvertes fréquentes, soit aux îles Mascareignes, soit à la Nouvelle-Zélande, d'ossements nombreux indiquant, aux deux extrémités de la région océanique dont nous parlons, toute une faune de grands oiseaux aujourd'hui disparus. Il était donc naturel de rechercher si de semblables restes aux îles Saint-Paul et Amsterdam ne viendraient pas indiquer pour elles une connexion ancienne avec ces terres antarctiques aujourd'hui affaissées; aussi M. Milne Edwards, doyen de la Faculté des Sciences, dans des instructions rédigées pour les naturalistes qui devaient accompagner les expéditions astronomiques envoyées dans les mers du Sud, eut-il le soin d'insister sur l'intérêt que présenterait la découverte de témoignages de ce genre dans l'une ou l'autre de ces îles, en recommandant d'explorer attentivement le sol tourbeux dont on les savait recouvertes.

C'est ce que nous n'avons pas manqué de faire, d'après ses indications; mais, malgré des fouilles nombreuses, aussi bien sur Saint-Paul que sur Amsterdam, nous n'avons pas trouvé un seul débris qui puisse se rapporter à ces faunes anciennes.

Au sommet du cratère de l'île Saint-Paul et sur les pentes extérieures, les tourbes superficielles, surtout dans de petites cavernes creusées sous les laves, contenaient souvent des ossements nombreux d'oiseaux, de chèvres ou de porcs, mais qui tous appartenaient à des espèces actuelles, vivant encore, pour la plupart, aujourd'hui sur l'île. Il en était de même sous les grottes et dans les tourbes de l'île Amsterdam.

Ces faits s'accordent ainsi avec les précédents pour nous convaincre que ces deux îles ont directement surgi du sein de l'océan et qu'elles sont uniquement dues aux actions des forces volcaniques.

ILES SEYCHELLES.

Les Seychelles constituent, dans l'océan Indien, au nord-est de Madagascar, entre $3^{\circ}40'$ et $5^{\circ}50'$ de latitude sud, un petit archipel composé d'une trentaine d'îlots, très espacés, reliés entre eux par un banc de corail assez étendu, allongé du nord-ouest au sud-est, au delà duquel les fonds tombent brusquement à des profondeurs de 1200 à 1500 mètres.

Ces petites îles, dont la plus importante, celle de Mahé, située presque au centre du groupe, peut avoir 25 kilomètres de long sur 5 à 6 kilomètres de large, sont assez élevées, rocheuses, en même temps que couvertes d'une épaisse végétation.

Elles constituent, dans ces parages et sous cette latitude, une des plus riches stations malacologiques; à ce point de vue, tous les naturalistes les connaissent; tous ceux qui les ont visitées sont restés émerveillés devant la richesse et la variété de la faune qui peuple leurs eaux. Leur flore, si remarquable, a de même été bien étudiée. Leur constitution géologique seule était encore peu connue; on les savait cependant formées de roches éruptives massives, que les voyageurs s'étaient plu à considérer uniquement comme des granites anciens, en signalant leur nature éminemment quartzeuse. Les roches granitoïdes qu'on y rencontre se montrent, en effet, complètement hérissées de cristaux de quartz dans tous leurs affleurements, et cet aspect, très particulier, n'a pas manqué de frapper tous les observateurs.

Dans une courte relâche à Port-Victoria, pendant notre traversée de retour, ayant eu occasion de parcourir Mahé et de visiter quelques-uns des îlots qui l'avoisinent dans l'est, à l'aide d'une embarcation gracieusement mise à ma disposition par le commandant du paquebot qui nous portait, j'ai pu recueillir là une belle série de roches et faire quelques observations qui me permettent, dès à présent, de donner un premier aperçu de la constitution de ce petit groupe d'îles.

Mahé est une île montueuse, de forme irrégulière, découpée par des baies profondes, comme celles de Port-Picault dans l'ouest et de Port-Victoria dans l'est, qui toutes sont, en majeure partie, obstruées par les coraux.

Elle s'élève assez rapidement de la mer et se montre traversée, du nord au sud, par une chaîne de montagnes assez abruptes, découpées en précipices profonds, mais dont le relief, très accidenté, disparaît le plus souvent sous une épaisse végétation. Çà et là, du milieu de la masse verdoyante, la roche surgit brusquement, formant des escarpements abrupts, dont les colorations vives, violacées ou rougeâtres, tranchent complètement sur les tons sombres de la végétation qui les entoure.

Tous ces affleurements, aux environs immédiats de Mahé, sont uniformément dus à une granulite à amphibole très remarquable, qui, se décomposant avec une certaine facilité sous l'influence des agents atmosphériques, donne lieu à des masses argiloïdes bariolées, qui produisent alors les colorations vives dont je viens de parler.

Cette roche, non altérée, se classe facilement, à première vue, parmi les roches granitoïdes, dont elle présente, pour ainsi dire en l'exagérant, la texture franchement cristalline. On y distingue

d'abondants grains de quartz, arrondis, à éclat vitreux, associés à de grands cristaux de feldspath d'un blanc laiteux, à clivages miroitants, avec reflets nacrés ; quelques rares cristaux d'orthose avec la macle de Carlsbad, enfin un feldspath triclinique rosé, peu développé, très finement strié. L'amphibole hornblende forme de petits amas d'un vert sombre, irrégulièrement distribués, ou parfois des prismes très nets, allongés, accolés aux cristaux de feldspath.

A ces éléments constitutifs l'analyse microscopique permet d'ajouter le fer oxydulé et le zircon : le premier en petites plages d'un noir obscur, avec reflets bleuâtres, ou, plus rarement, en sections quadratiques ; le second en cristaux bien définis, incolores, très réfringents, soit sous la forme d'un octaèdre très surbaissé, soit en prismes carrés avec pointements triangulaires.

Ces deux minéraux s'accompagnent généralement et s'associent encore volontiers à l'amphibole, qui les renferme, du reste, en inclusions, et dont les sections, bien développées, sont toujours brisées et comme déchiquetées ; celles longitudinales prédominent : on les constate fortement colorées, très dichroïques, traversées par des lignes de clivage nombreuses et très régulières. Les macles suivant h' y sont fréquentes.

L'orthose se montre de même en débris, toujours nuageux, avec des traces manifestes d'altérations ; il appartient au type *déformé* et présente des axes optiques très écartés. Des sections presque rectangulaires, visiblement faites suivant $g'h'$, traversées par des lignes de clivage p et g' , qui font entre elles des angles de 80 à 87 degrés, circonstance qui vient indiquer qu'elles sont très rapprochées de h' , s'éteignent sous des angles, assez faibles, de 17 à 6 degrés. Or, les courbes dressées par M. Michel Lévy pour représenter les extinctions des feldspaths dans leurs princi-

pales zones (1) donnent pour des faces ainsi orientées, dans le cas d'une orthose *non déformée*, des extinctions toujours plus grandes que 45 degrés. Les angles donnés par l'expérience indiquent qu'il s'agit ici du type *déformé*.

Les sections d'oligoclase, assez fréquentes, sont, au contraire, limpides et non altérées; elles se décomposent, entre les nicols croisés, en une multitude de lamelles hémitropes, associées suivant la loi de l'albite, étroites à ce point qu'elles sont parfois réduites aux dimensions d'un simple trait (j'en ai compté jusqu'à soixante-douze dans une section qui n'avait que 0^{mm}, 2 de large).

Tous ces éléments, brisés et poussés en désordre les uns contre les autres, sont reliés par un magma largement cristallisé, composé de microcline et de quartz.

Le microcline est de beaucoup l'élément feldspathique qui prédomine. Les sections suivant *ph'*, si remarquables avec leurs réseaux de stries à angles droits, sont relativement rares. Celles suivant *g'* abondent, au contraire, mais aucune d'elles ne présente les infiltrations d'albite signalées par M. Des Cloizeaux. Les filonnets nombreux qui les traversent à la manière de petits canaux tortueux et régulièrement espacés sont remplis d'une substance qui a tous les caractères de limpidité du quartz; elle se colore uniformément en jaune, entre les nicols croisés, sans jamais qu'on y puisse reconnaître le moindre indice de stries tricliniques, et renferme fréquemment des inclusions liquides à bulle spontanément mobile. Toutes ces veinules s'éteignent longitudinalement, sous des angles de 0 à 3 degrés, ce qui tend à faire supposer que le quartz qui les remplit est orienté suivant une

(1) *Annales des Mines*, 7^e série, t. XII, Pl. X.

direction unique, qui est encore souvent celle des grandes plages quartzeuses avoisinantes.

Ce microcline a exercé une action corrosive des plus manifestes sur les autres débris de feldspath, notamment sur ceux d'oligoclase, qu'il englobe après les avoir partiellement dissous.

Le quartz, qui l'accompagne, forme de grandes plages allongées, à contours irréguliers, qui ne polarisent pas d'une façon uniforme, mais se montrent, entre les nicols croisés, traversées par des ombres leur donnant un aspect moiré tout particulier. C'est que chaque plage, loin de se composer d'un cristal unique, résulte, en réalité, de l'enchevêtrement d'une multitude de cristaux lamelleux et maclés. On les voit traversées par de fines granulations, disposées en traînées rectilignes entre-croisées, qui se résolvent, aux forts grossissements, en une infinité d'inclusions à bulles mobiles; parmi ces inclusions, celles d'acide carbonique liquide sont des plus fréquentes.

Quelques très rares et très fines lamelles de mica blanc sont encore à signaler parmi ces éléments récents, au nombre desquels il faut également ajouter une multitude de petits prismes d'actinote, aiguillés et verdâtres, qui se disposent le plus souvent, à la surface des cristaux d'hornblende ou de fer oxydulé, en petites houppes radiées.

Enfin, comme minéraux dus à des altérations secondaires, il me reste à signaler la présence, autour du fer oxydulé, du mica noir et du sphène. L'hématite, en petites lamelles d'un rouge vif, s'y reconnaît aussi. La transformation de l'amphibole en chlorite est fréquente; elle est même complète sur les surfaces exposées depuis longtemps à l'air.

Cette granulite remarquable doit occuper dans l'île une étendue considérable; elle s'y présente en grandes masses. Les torrents qui

descendent de ses montagnes en charrient des blocs énormes. J'ai pu suivre un de ses affleurements pendant plusieurs heures sans le quitter.

Dans le sud de Mahé, elle change beaucoup d'aspect, tantôt en se surchargeant de quartz, tantôt en devenant, au contraire, plus feldspathique. Ces deux variétés, qui se distinguent encore par ce fait que l'amphibole n'y apparaît plus à l'œil nu, ne forment en réalité que des accidents peu importants dans la masse.

La variété feldspathique présente cependant dans sa structure et même dans sa composition des différences assez grandes, qu'il importe de signaler. C'est une roche grisâtre qu'on ne saurait, à première vue, identifier avec la précédente. Le quartz ne s'y montre plus qu'en petits granules craquelés, d'un gris de fumée assez prononcé, enchâssés dans des cristaux lamelleux de feldspath, à clivages miroitants.

Dans les lamelles minces, sous le microscope, on reconnaît aisément l'amphibole, non plus en débris, mais en sections fort nettes, à contours géométriques, encore associées à de la magnétite et à du zircon, auxquels viennent se joindre quelques cristaux de grenat légèrement colorés en jaune.

L'oligoclase et l'orthose font défaut; ce dernier semble remplacé, parmi les éléments anciens, par du microcline, dont les sections, roulées et relativement rares, ne présentent aucun des filonnets quartzeux signalés précédemment.

Dans le magma de consolidation récente, le microcline est abondant comme précédemment, mais il s'accompagne d'orthose franc, et tous deux sont littéralement injectés de quartz. Dans ces sections d'orthose, les bandes monocliniques et les petites traînées alternantes de silice s'éteignent presque simultanément sous des angles de 0 à 5 degrés.

Les plages de quartz récent sont encore à contours très irréguliers, composées d'une multitude de cristaux diversement orientés et se pénétrant les uns les autres.

A l'îlot Sainte-Anne, une variété grenue de cette granulite présente ce même mélange d'orthose et de microcline dans le feldspath récent. Le premier semble y prédominer, et les infiltrations siliceuses qui le pénètrent intimement sont en relation directe avec un quartz granulitique disposé en auréole autour des cristaux. Il semble qu'il y ait eu là, au moment de la consolidation du feldspath, une exsudation de silice qui n'est nullement en rapport avec le quartz récent qui abonde dans la roche et cimente tous ces cristaux, en les englobant dans ses plages très étendues.

Dans cette nouvelle granulite à amphibole, la magnétite est remplacée par du fer titané, bien reconnaissable à ses formes octaédriques allongées, qui dessinent, par suite de groupements multiples, des figures bizarres. Le zircon paraît faire défaut, tandis que le sphène devient très fréquent.

Ce sont encore des roches de même nature qui constituent à elles seules tout l'îlot Cerf, dont toute la partie de l'est est formée par une granulite grenue identique avec celle de Sainte-Anne, très quartzeuse, riche en orthose et en microcline comme cette dernière, et ne présentant aucun élément blanc parmi ceux de consolidation ancienne. La seule différence qui soit à signaler tient à la transformation presque totale de l'amphibole en chlorite.

Dans les falaises du nord-ouest affleure une granulite à grandes parties, qui présente un intérêt tout particulier. Ses éléments ferrugineux anciens, au lieu d'être dispersés et distribués avec une certaine régularité dans le magma de consolidation récente, constitué, de même que dans la roche de Mahé, par du microcline

quartzifié et du quartz granulitique, sont au contraire associés par grandes masses et réunis en amas allongés, larges de 0^m, 20 à 0^m, 50, qui simulent parfois de véritables filons. En d'autres points, ces mêmes minéraux sont groupés en nodules arrondis, et la roche prend, de loin, l'aspect d'un conglomérat.

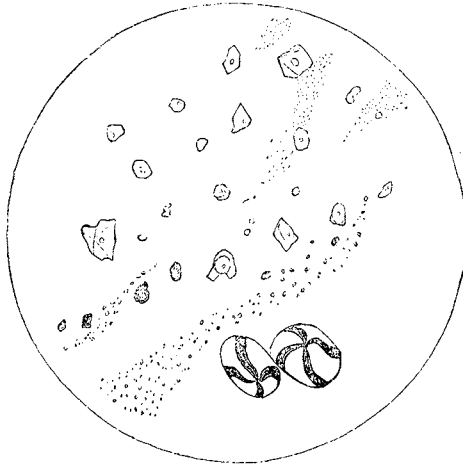
Dans ces conditions le fer oxydulé domine; ses cristaux, souvent fort nets, mesurent jusqu'à 2 centimètres de côté et contiennent en inclusions des petits prismes de zircon. L'amphibole, réduite à des dimensions microscopiques, et toujours en débris, n'abonde pas; elle s'entoure d'une chlorite verte, écailleuse, disposée en lamelles radiées, groupées en éventail, qui résultent de sa décomposition. A la magnétite sont associés de beaux cristaux de sphène, d'un brun rougeâtre, légèrement dichroïques, et surtout des prismes de zircon, incolores.

En attaquant la roche pulvérisée par l'acide fluorhydrique, après avoir enlevé tout le fer oxydulé à l'aide d'un barreau aimanté, j'ai obtenu ces derniers dans un grand état de pureté. Leur forme la plus habituelle est celle du prisme carré terminé par une pyramide quadrangulaire (mb^1), souvent tronquée par la petite face p , si rare dans l'espèce. La forme simple de l'octaèdre (b^1) est également fréquente. Quelques-uns, plus complexes, présentant les combinaisons suivantes, m , h^1 , b^1 , a^2 , donnent des cristaux ovoïdes, assez allongés, les faces de la pyramide ayant encore une tendance à devenir convexes. Aux forts grossissements, tous se montrent remplis d'inclusions, les unes cristallines, constituées par des microlithes allongés, légèrement verdâtres, les autres vitreuses, incolores, avec une ou plusieurs bulles de gaz.

De grandes plages de quartz granulitique cimentent tous ces cristaux; ce quartz est riche en inclusions à bulle mobile (*fig.* 55), qui sont remplies soit par un liquide chloruré, soit par de l'acide

carbonique liquide. Dans les premières, la bulle de gaz, qui se meut avec lenteur, s'accompagne d'un ou parfois de deux petits cristaux cubiques qui se déplacent avec elle. Dans les secondes, cette même bulle, douée d'un mouvement spontané extrêmement rapide, disparaît complètement dès qu'on porte la température de la plaque aux environs de 30 à 35 degrés.

Fig. 55.



Inclusions liquides à bulle mobile dans un quartz granitique de l'Ilot Cert.

Il en est d'autres encore, extrêmement nombreuses et légèrement colorées, chez lesquelles une large bulle adhérant fortement aux parois de l'inclusion ne s'en détache que par suite d'un choc assez violent ou sous l'influence d'une température élevée (avoisinant 100 degrés).

D'autres enfin, beaucoup plus rares, mais de dimensions plus grandes que les précédentes et souvent avec des formes dihexaédriques, contiennent manifestement deux liquides de nature différente. Dans ces cavités, une gouttelette sphérique, formée d'un

liquide jaunâtre très réfringent au sein duquel s'agite avec une extrême vivacité une petite bulle de gaz, se déplace elle-même lentement en glissant le long des parois auxquelles elle semble adhérer fortement; au devant d'elle, en disposant convenablement le miroir, on aperçoit distinctement des ombres semi-circulaires emboîtées qui sont dues au déplacement du liquide incolore ambiant. La chaleur a pour effet de faire cesser tout mouvement; les dimensions de la gouttelette augmentent alors sensiblement et la bulle de gaz est absorbée (1).

Dans ces mêmes falaises, non loin d'un petit ruisseau qui tombe en cascade sous les cocotiers, on voit, au milieu de cette granulite à grandes parties, une enclave d'une nouvelle granulite qui doit être considérée, non comme une sécrétion de la masse, mais comme un véritable filon, ainsi qu'on peut mieux s'en rendre compte en suivant le prolongement de cet accident vers les sommets (sa largeur varie entre 3 et 5 mètres).

La roche de remplissage, d'un blanc jaunâtre, mouchetée de petites taches noires, se présente sous un état grenu. Le quartz s'y reconnaît, assez fréquent, en petits cristaux arrondis ou parfois avec des contours hexagonaux fort nets; le feldspath, opaque, et d'un blanc sale, y est encore lamelleux, en raison de ses nombreux clivages.

Dans cette dernière, le microscope révèle la présence du quartz parmi les éléments anciens; c'est à lui qu'on doit rapporter les cristaux hexagonaux déjà, si distincts à l'œil nu. Par ce caractère, elle appartient donc à un type granulitique plus franc que les précédentes et s'écarte davantage des granites anciens. Il y est

(1) Les dimensions observées pour une de ces cavités, choisie parmi les plus grandes, sont 0^{mm},02 sur 0^{mm},008, le diamètre de la gouttelette étant 0^{mm},006.

associé à de l'orthose en débris; les éléments ferrugineux sont les mêmes que ceux de la granulite de Mahé.

Le magma de consolidation récente se compose encore de microcline et de quartz; mais il importe de distinguer ici deux stades dans l'ordre de consolidation de ce quartz récent. Les filonnets de silice qui se voient nombreux au travers du microcline sont en relation directe avec une mosaïque de petits cristaux de quartz, disposés en bordure autour du feldspath, qui doivent être considérés comme une exsudation de ce dernier, comme le résultat de la séparation d'un excès de silice au moment de sa prise en masse. Les grandes plages irrégulières de quartz, remplies d'inclusions à bulle mobile, qui englobent et cimentent tous ces cristaux, sont de formation postérieure.

De toutes ces observations il résulte que les granulites à amphibole, qui jouent un rôle si important dans la constitution de Mahé et des îlots avoisinants, ne sont pas dues à une venue unique, mais qu'elles représentent des phases éruptives diverses et successives qui, chacune, ont apporté avec elles des modifications dans la composition et surtout dans la texture des produits épanchés.

Ce ne sont pas là les seules roches éruptives qui soient à signaler dans cet archipel; en deux points j'ai vu, en effet, les granulites de l'îlot Cerf traversées par un basalte en filons minces ($0^m, 60$ et $0^m, 20$), d'apparence compacte ou semi-cristalline dans les cassures fraîches, mais le plus souvent très altéré, transformé en une argile grisâtre, parsemée de cristaux d'augite.

Ce basalte prend au microscope une texture franchement cristalline; de larges sections d'anorthite, composées d'un grand nombre de lamelles hémitropes fréquemment disposées en croix par suite de l'association de la macle suivant la loi de l'albite et

celle du périkline, entraînées à l'état de débris avec des grains arrondis d'olivine peu abondants, de la magnétite et de grands cristaux d'augite, sont distribuées sans ordre dans un magma entièrement cristallisé, constitué par des microlithes de labrador, des granules ou de petits cristaux d'augite associés à de petits octaèdres de magnétite.

Cette roche, dont je n'ai vu que deux affleurements à l'îlot Cerf, doit également exister à Mahé; au moment de notre passage on en voyait des blocs énormes, entassés à l'extrémité de la jetée et du débarcadère de Port-Victoria.

Ces derniers faits sont du plus haut intérêt; ils montrent que les phénomènes volcaniques qui ont joué un rôle si considérable dans l'océan Indien ont eu comme un retentissement dans ces îlots. Cette apparition de laves basaltiques, en filons, sans projections, sans scories, sans le cortège habituel de ces sortes de roches, doit être attribuée à une réouverture des fractures qui anciennement avaient livré passage aux granulites.



TABLE DES MATIÈRES.

MÉTÉOROLOGIE.

	Pages
Observations météorologiques recueillies à l'île Saint-Paul	3
Installation de la girouette	6
Échelle de marées et recherches ozonométriques	7
Observations du mois d'octobre	9
» » de novembre	16
» » de décembre	22
Comparaison des baromètres	26
Observations barométriques en octobre	29
» » en novembre	30
» » en décembre	31
Résumé des observations barométriques	33
Des vents. Appréciation de leur direction et de leur vitesse	35
Température. Installation des thermomètres	38
Moyenne des résultats obtenus pour les trois mois d'observation	39
Hygrométrie. État hygrométrique de l'air du 17 octobre au 31 décembre	41
Pluie. Relevé des quantités de pluie tombées pendant le séjour	43
Ozone. Résumé des observations ozonométriques	45
Ras de marée	46

RECHERCHES GÉOLOGIQUES FAITES PENDANT LE VOYAGE DE LA MISSION.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA PRESQU'ÎLE D'ADEN.

Historique	51
Considérations générales et description topographique	56
Faune des calcaires de formation actuelle	57
Liste des mollusques recueillis dans la baie occidentale d'Aden	58

	Pages
Massif trachytique. Analyse microscopique des trachytes quartzifères.....	62
Rhyolithe de Steamer-Point. Passage de l'opale à la tridymite.....	79
Phonolithes.....	82
Laves trachytiques, obsidiennes et ponces.....	84
Laves basaltiques.....	86
Résumé au sujet de la constitution géologique de la presqu'île.....	89

ÉTUDES GÉOLOGIQUES SUR L'ÎLE DE LA RÉUNION.

Arrivée à la Réunion. Départ pour le volcan.....	92
Description générale de l'île.....	95
Ascension du volcan.....	100
Sainte-Agathe et la plaine des Palmistes.....	101
Traversée de la plaine des Cafres.....	103
Le cratère Commerson, dans les hauts de la rivière des Remparts.....	109
Composition chimique des laves anciennes du Commerson.....	113
Bombes et projections du cratère.....	117
Description de la plaine des Remparts (caverne des lataniers).....	121
Analyse microscopique des laves du pas des Sables.....	123
Composition chimique des laves du pas des Sables.....	124
Projections vitreuses de la plaine des Sables.....	129
Sables péridotiques; analyses comparées des péridots de la plaine des Sables et des laves récentes.....	136
Laves augitiques et cratères de la plaine.....	137
Les enclos du volcan.....	139
Descente par le pas de Belcombe.....	140
Le Formica-Leo.....	143
Traversée de la plaine des Laves.....	144
Analyse microscopique des coulées du piton Bory.....	145
La caverne de Rosemond.....	149
Description du piton Bory.....	153
Ses modifications depuis les temps historiques.....	157
Le troisième enclos du volcan; dégagements gazeux.....	159
Description des hyalomélanes.....	160
Le cratère Brûlant.....	165
Analyse microscopique de ses projections.....	168
Larmes bataviques et cheveux de Pelée.....	170
Analyse chimique de l'anorthite des projections.....	174
Marche des éruptions au volcan de la Réunion.....	181

	Pages
Éruption de 1874	182
Le Grand-Brûlé et ses laves.	183
Principales coulées historiques de 1812 à 1864.	184
Température et fluidité des coulées.	189
Étude microscopique des laves des trois coulées 1812-1858-1864.	193
Analyse de leur anorthite	194
Lave de 1813.	197
Laves de 1832 et de 1848.	198
Résumé de la constitution géologique du massif récent.	199

Massif ancien.

Les sables ferrugineux de l'Étang salé.	202
Liste des minéraux reconnus dans ces sables.	206
Laves de la pointe des Aviron.	207
Conglomérat de la ravine du Trou; roches à hypersthène.	209
Roches à amphibole et à diallage	211
Sanidinites à augite sous les dunes	212
Leur analyse comparée à celle d'un trachyte de Wadsworth.	213
Trachytes de la ravine du Trou	214
Obsidiennes à péricot.	215
Origine des sables ferrugineux	216
La rivière Saint-Étienne; départ pour le cirque de Cilaos.	217
Les basaltes à amygdaloïdes du Pavillon	219
Zéolithes du piton Robert et filons de basalte franc	220
Transformation du péricot en serpentine dans les basaltes.	222
Le cirque de Cilaos	223
Les sources thermales.	225
Andésite augitique du Bras-Rouge.	226
Trachytes dans le Bras-Rouge	229
Les falaises basaltiques du Grand-Bénard	231
Brèches volcaniques au col du Taillebit.	232
Étude microscopique des dolérites du Bénard.	233
Andésite augitique à labrador; analyse microscopique et composition chimique.	235
Filons basaltiques qui la traversent.	236
Andésite augitique à oligoclase	237
Basaltes à anorthite de la rivière des Galets.	241
Cirque de Salazie.	244

	Pages
Enclave trachytique dans les andésites du Bras de Fleurs-Jaunes.	247
Basaltes à zéolithes et serpentines de la rivière du Mât.	248
Roches à diallage du piton d'Encheing.	251
Encaissements basaltiques de la rivière du Mât.	254
Résumé au sujet de la constitution géologique du massif ancien.	256

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES ILES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM.

Histoire de la découverte des deux îles.	271
Installation des premières pêcheries.	285
Prise de possession.	286
Séjour de la <i>Novara</i> devant Saint-Paul.	289
Tentatives d'exploration de l'île Amsterdam.	291

Ile Saint-Paul.

Description générale.	296
Le lac intérieur et ses digues.	299
Dernières traces de l'activité du volcan.	303
Flore particulière des espaces chauds.	305
Sources thermales.	307
Description des pentes extérieures du cratère.	309
Les cônes adventifs de scories.	311
Aspect des côtes extérieures.	314
Description géologique; analyse des travaux antérieurs.	321
Massif rhyolithique.	327
Composition des rhyolithes des falaises du nord-est.	329
Leurs altérations sous l'influence des phénomènes hydro-thermaux.	337
Tufs ponceux et perlites.	338
Analyse chimique d'un tuf ponceux de la baie des Manchots.	340
Obsidiennes.	344
Trass à sanidine et alunite.	346
Composition de l'alunite.	348
Massif basaltique; dolérite.	349
Composition chimique de la dolérite de la baie des Manchots.	354
Géodes à cristaux dans les filons.	356
Laves et tufs à anorthite.	357
Composition chimique de l'anorthite.	360
Laves doléritiques et basaltiques; latérites.	361
Composition chimique des laves doléritiques.	370

	Pages
Laves à labrador.....	372
Composition chimique du labrador.....	376
Étude des filons.....	377
Succession dans les diverses phases éruptives du volcan.....	378
Sources thermales et fumerolles; analyse des dégagements gazeux.....	383
Groupe de la jetée du nord.....	386
Les sources du bain.....	389
Groupe de la caverne.....	393
Groupe des plages du sud-ouest.....	394
Groupe des espaces chauds.....	396
Étude et analyse de la silice gélatineuse.....	398
Relations entre ces dégagements et les marées.....	400
Dégagements gazeux sous-marins.....	401
Variations dans la composition des gaz dissous dans l'eau du cratère, suivant la profondeur.....	402
Composition de l'air dissous dans l'eau devant la passe.....	403
Conclusions.....	404

Ile Amsterdam.

Traversée de Saint-Paul à Amsterdam; premier débarquement.....	406
Description géologique générale.....	410
Études microscopiques des laves.....	425
Labradorites.....	427
Leur composition chimique.....	428
Tufs à palagonite.....	430
Laves basaltiques à labrador.....	431
Laves pyroxéniques des cratères Dumas.....	433
Laves basaltiques à anorthite du cratère Hébert.....	434
Résumé au sujet de la constitution géologique de l'île.....	437

ILES SEYCHELLES.

Relâche aux Seychelles.....	440
Les granulites à amphibole de Mahé.....	441
Granulites de l'îlot Sainte-Anne et de l'îlot Cerf.....	446
Lave basaltique de l'îlot Cerf.....	450

TABLE DES GRAVURES CONTENUES DANS LE TEXTE.

	Pages
Carte de la presqu'île d'Aden	52
Quartz corrodé dans un trachyte quartzifère d'Aden	64
Opale et tridymite dans un trachyte quartzifère d'Aden	66
Macles multiples de tridymite	74
Opale, tridymite et calcédoine dans un trachyte rhyolithique	80
Hyalite et tridymite dans un trachyte rhyolithique	81
La plaine des Sables et le volcan (île de la Réunion)	122
Cristallites et trichites dans une lave vitreuse	132
Le Formica-Leo, au pied du pas de Bellecombe	143
Une grotte sous les laves (la Chapelle), au pied du piton Bory, d'après un dessin du D ^r Cassien	150
La grotte de Rosemond (vue extérieure), d'après un dessin du D ^r Cassien	151
Inclusions de magnétite dans un feldspath labrador	232
Une ravine dans le cirque de Salazie, d'après un dessin du D ^r Cassien	239
Coupe de la rive droite de la rivière des Galets	241
Vue intérieure du cirque de Salazie	244
Le pont de l'Escalier, à l'entrée du village de Salazie	245
Talus de serpentine dans le lit de la rivière du Mât (D ^r Cassien)	252
Affleurements des roches à diallage et des serpentines	253
Encaissements basaltiques de la rivière du Mât	254
Basaltes prismés près des sources de la rivière du Mât, d'après le D ^r Cassien	255
Le Gros-Morne après l'éboulement, d'après un dessin du D ^r Cassien	258
Carte de l'île Saint-Paul, d'après le capitaine Péron (1792)	278
La pointe Hutchison et les Deux-Frères dans le sud-est	311
Cône de scories de la pointe Schmith	314
Cônes de scories sous les laves, dans les falaises du nord	314
Les falaises de la côte ouest	315
Falaises effondrées dans le nord-est	318

	Pages
L'îlot du Milieu (rhyolithe).....	327
Piton d'alunite traversé par un filon de lave basaltique.....	348
Inclusions semi-cristallines dans un feldspath labrador.....	352
Détail du bas des falaises, à l'extrémité nord de la baie des Manchots.....	355
L'îlot du Nord.....	363
Coulées basaltiques de la pointe Hutchison.....	366
Détails d'une coulée de lave basaltique, à la pointe Nord.....	368
Dyke de lave basaltique dans les rhyolithes.....	369
La roche Quille.....	372
Caverne dans les laves basaltiques du Nine-Pin.....	373
Tridymite et chlorite radiée.....	378
Coupe en travers du plateau aboutissant à la pointe Nord.....	382
Détail des parties tourbeuses (A) dans la coupe 38.....	382
Disposition des appareils pour la récolte des gaz.....	388
Opale, hyalite, tridymite et calcédoine dans les laves basaltiques altérées des espaces chauds.....	399
Cristaux de tridymite maclés.....	400
Le <i>Fernand</i> au mouillage dans le cratère de l'île Saint-Paul.....	407
Le roc d'Entrecasteaux (île Amsterdam).....	411
Cône de scories du faux sommet.....	419
Blocs projetés par le cratère Hébert.....	424
Coupe géologique des falaises du nord.....	427
Tufs à palagonite.....	430
Inclusions liquides à bulle mobile dans un quartz des Seychelles.....	448



EXPLICATION DES PLANCHES.

LÉGENDE COMMUNE A TOUTES LES PHOTOGRAPHIES.

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. Fer oxydulé. | 18. Cristallites, trichites, etc. |
| 2. Fer titané. | 19. Opale. |
| 3. Apatite. | 20. Hyalite. |
| 4. Quartz. | 21. Calcédoine. |
| 5. Tridymite. | 22. Calcite. |
| 6. Diallage. | 23. Chlorite. |
| 7. Hornblende. | 24. Zéolithes. |
| 8. Olivine. | 25. Limonite. |
| 9. Augite. | 26. Matière vitreuse. |
| 10. Actinote. | 27. Matière amorphe, granulations opaques, etc. |
| 11. Orthose (sanidine). | 28. Matière pétrosiliceuse. |
| 12. Microcline. | 29. Fissures perlitiques. |
| A. Microcline injecté de quartz. | 30. Vacoles dans les roches. |
| 13 et 14. Feldspaths tricliniques. | 31. Défauts dans les plaques, dus au polissage. |
| 15. Inclusions vitreuses. | |
| 16. " liquides. | |
| 17. " gazeuses. | |

(Ces épreuves photographiques ont été faites dans le laboratoire de Physique de la Sorbonne, dirigé par M. le professeur Desains, et reproduites à l'aide des procédés Woodbury, par la photoglyptie, dans les ateliers de M. Lemer cier.)



Fig. 1. Trachyte quartzifère.



Fig. 3. Perlite de Steamer-point.



Fig. 2. Rhyolithe silicifié.

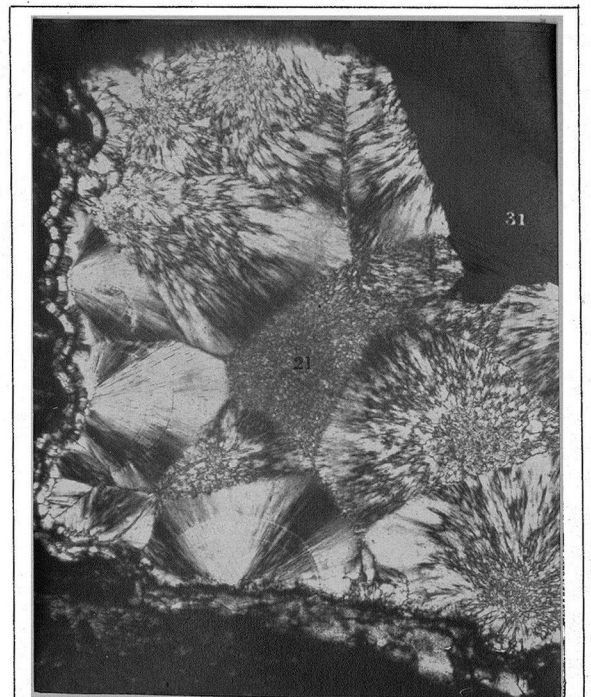


Fig. 4. Calcédoine dans les obsidiennes.

PRESQU'ÎLE D'ADEN.

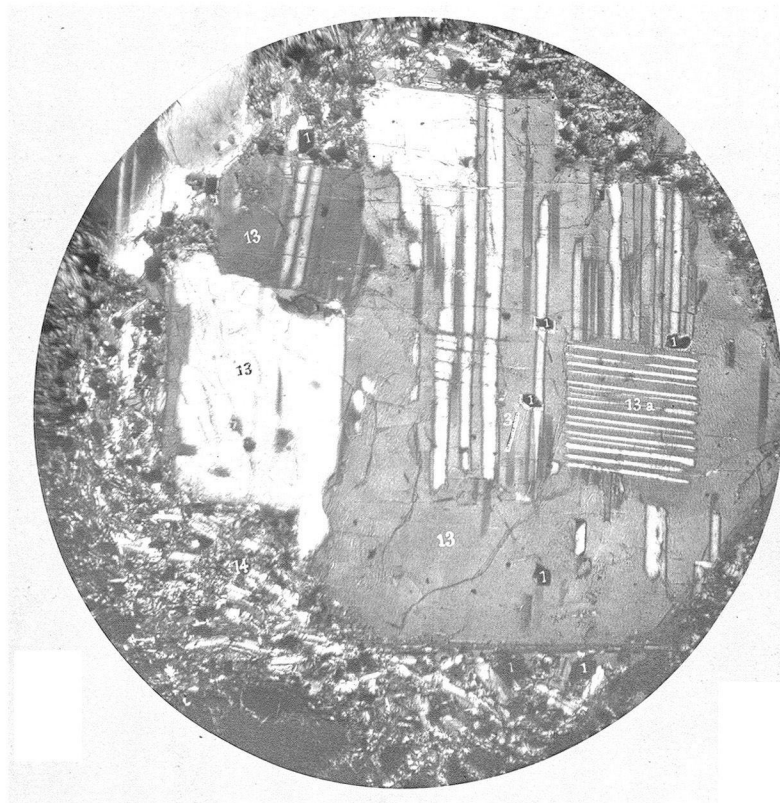


Fig. 1.
Croupements de Feldspaths tricliniques dans une lave de la rivière des galets.

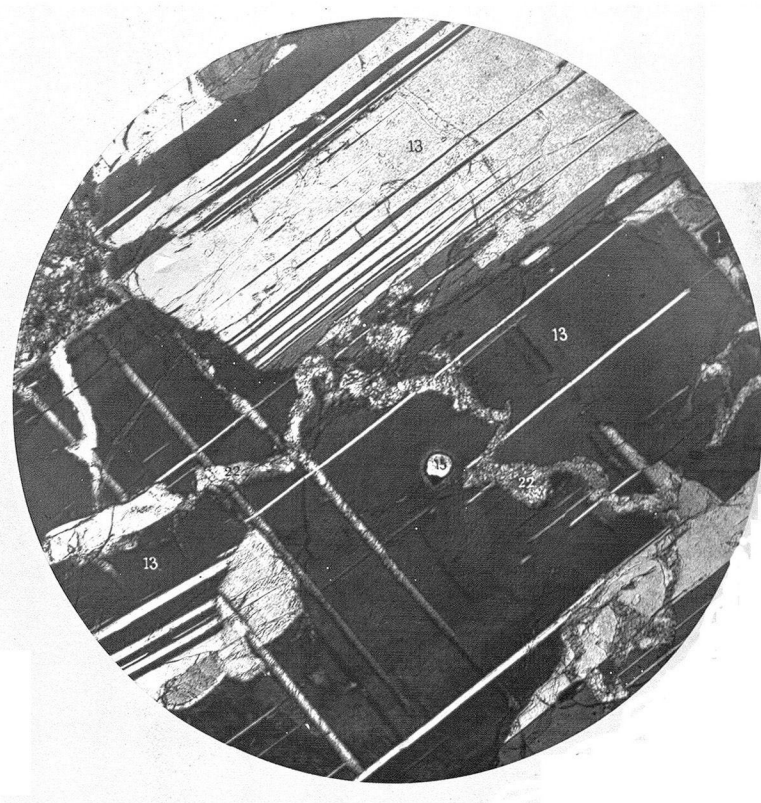


Fig. 2

ÎLE DE LA RÉUNION

Photoglyptie Lecomier & C^o, Paris.

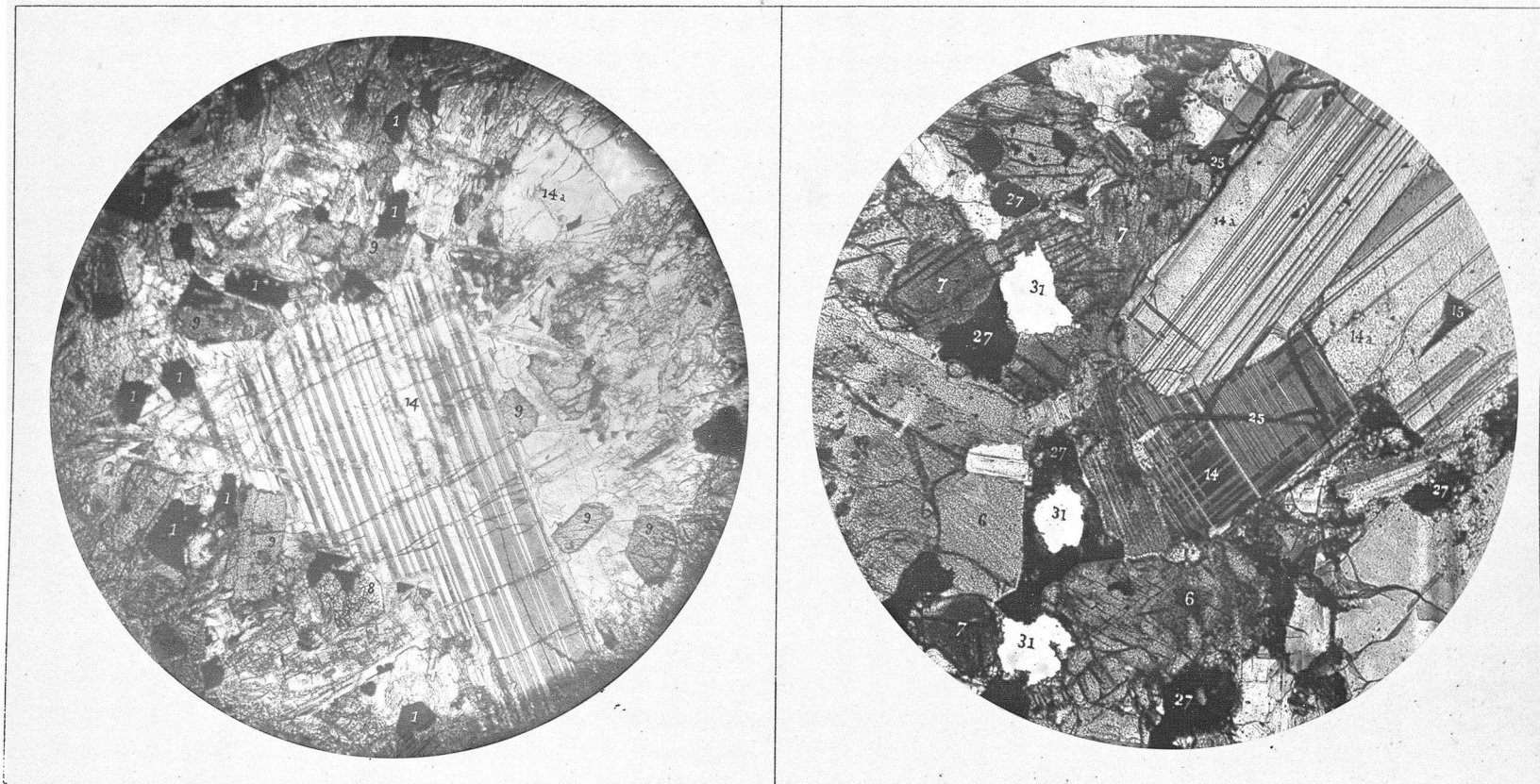


Fig:1. Dolérite en filon dans les escarpements du Grand Bénard .

Fig:2. Feldspaths tricliniques, diagenèse et hypersthène dans les conglomérats de la ravine du trou .

ÎLE DE LA RÉUNION

Photolytic Lemerrier & C^{ie} Paris .

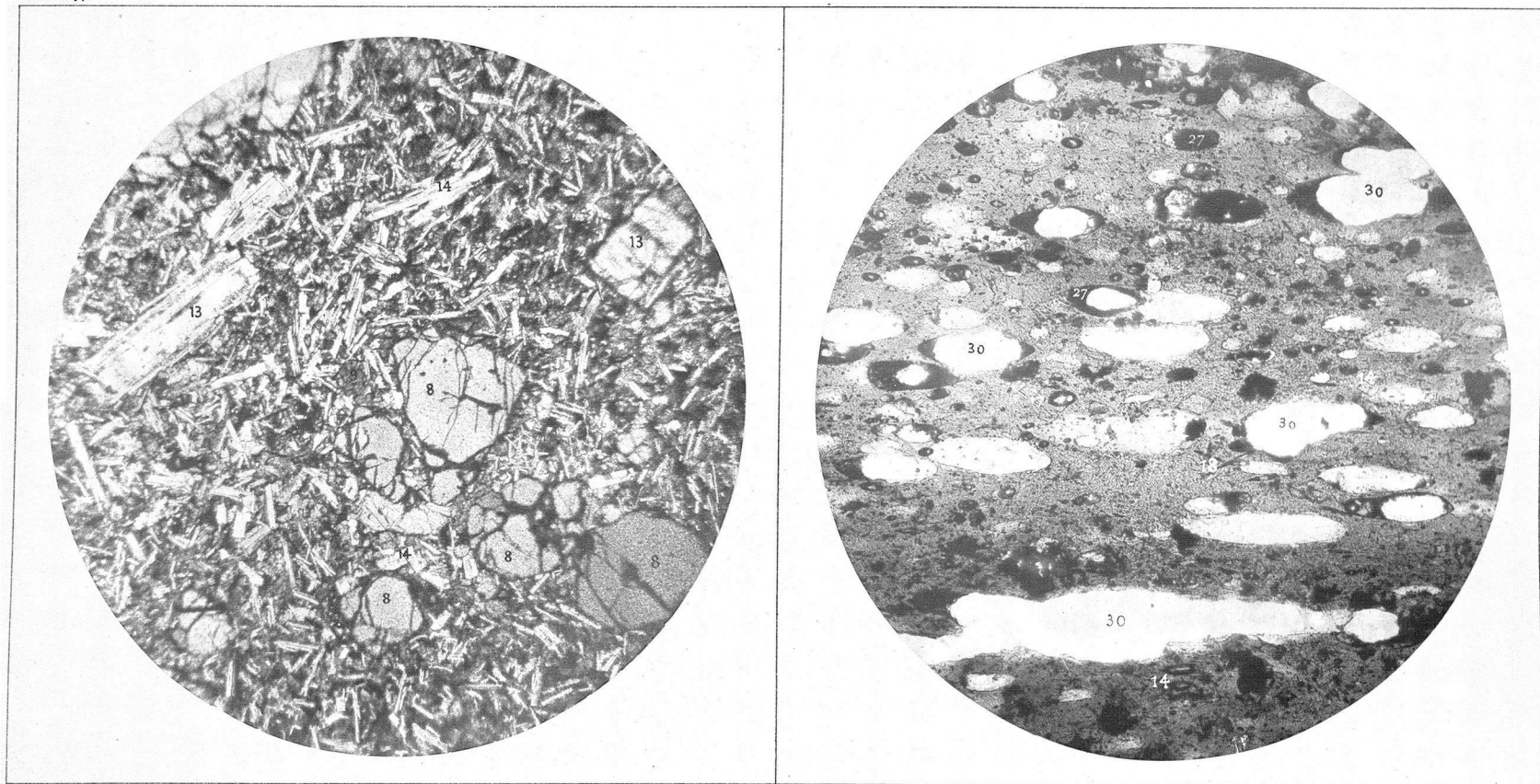


Fig:1. Basalte de la Rivière des Galets.

Fig: 2. Hyalomelane de l'éruption de 1874.

ÎLE DE LA RÉUNION

Photoglyptie Lemercier & C^o Paris.

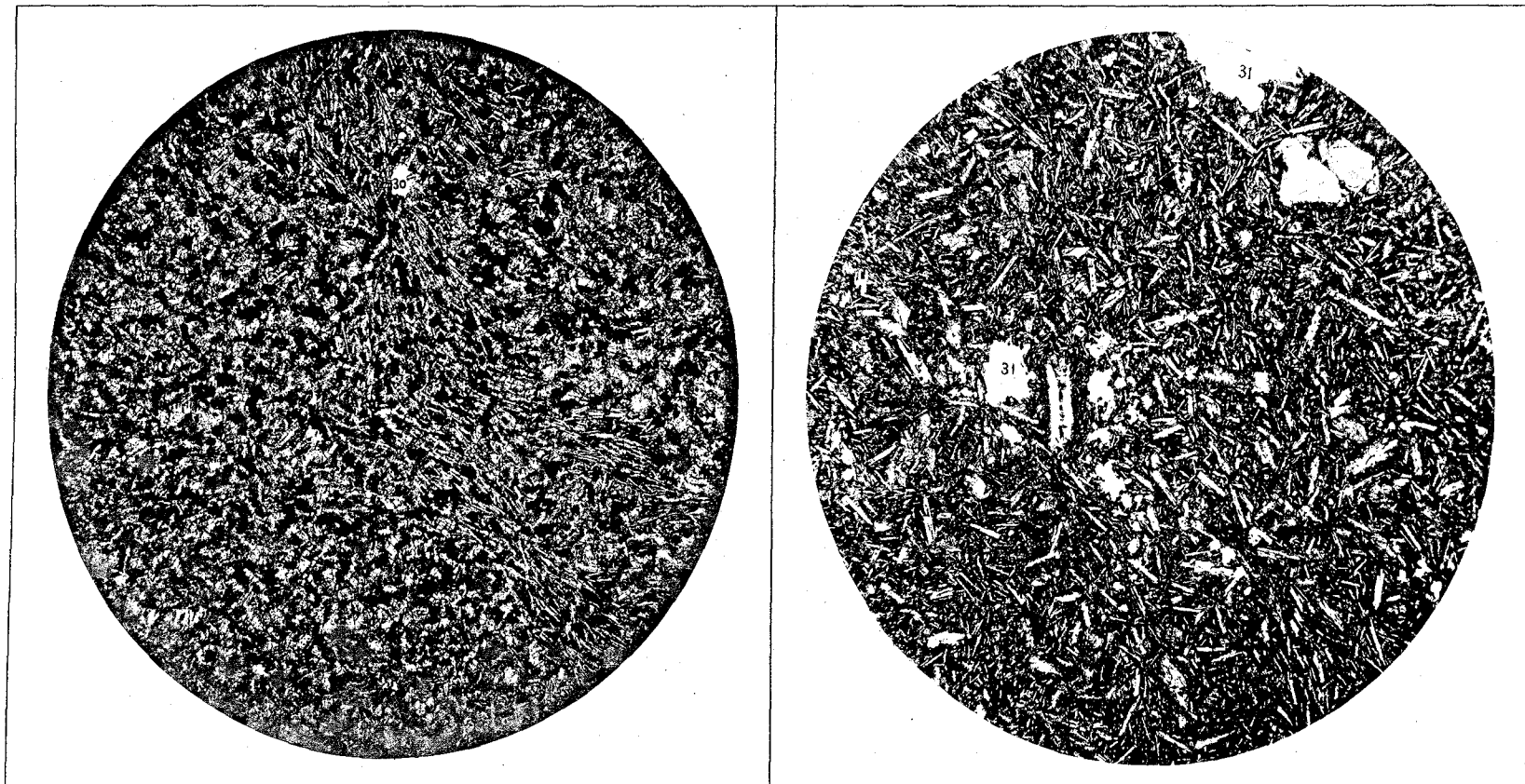


Fig. 1. Lave basaltique à structure fluidale .

Fig. 2. Lave basaltique des Hauts-Plateaux ;

ILE S^t PAUL .

ILE AMSTERDAM .

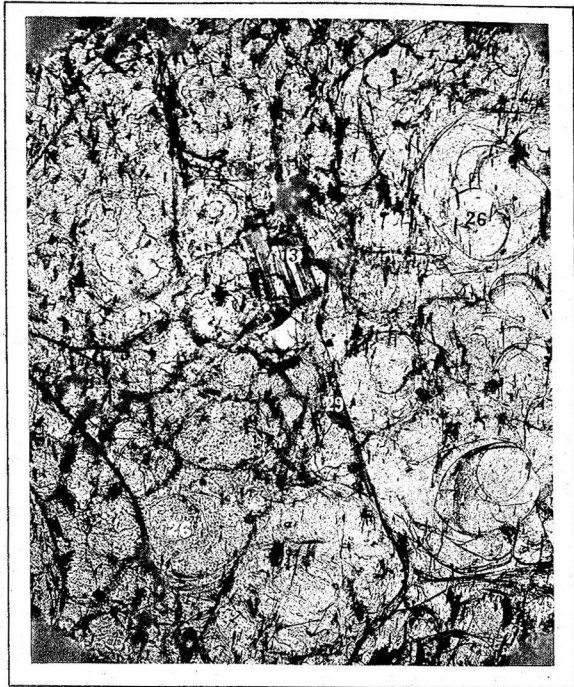


Fig:1. Perlite de la baie des Manchots.

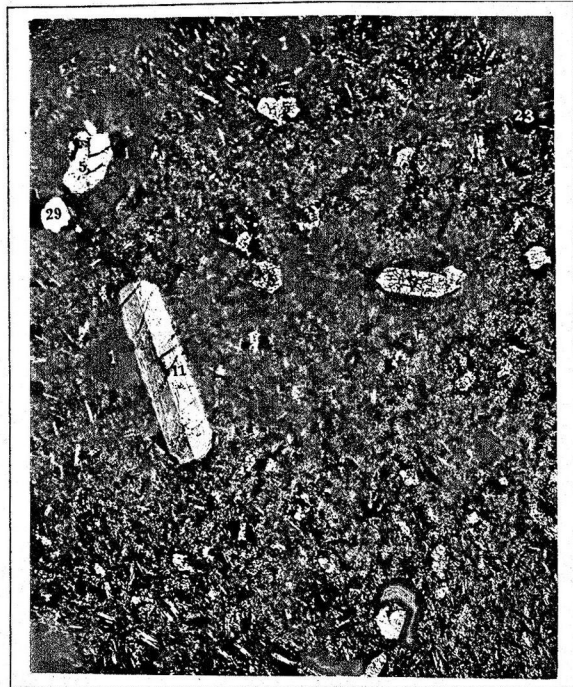


Fig: 2. Dyke de Rhyolithe .



Fig: 3. Lave à Anorthite:

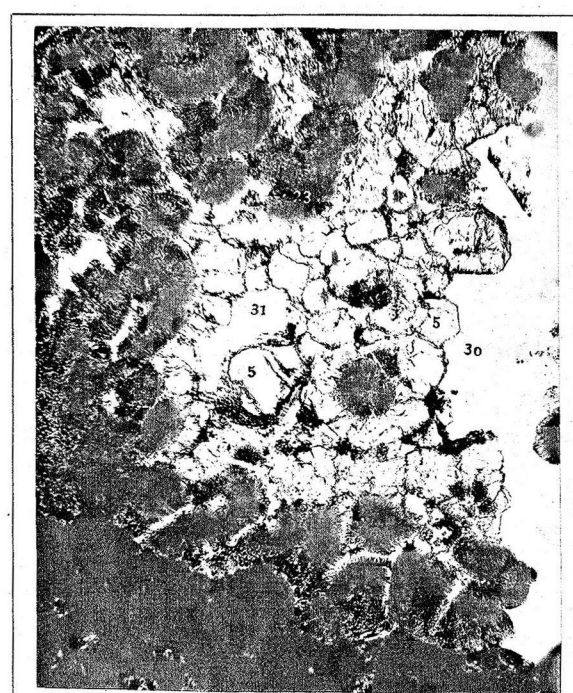


Fig: 4. Tridymite et Chlorite .

ÎLE ST PAUL

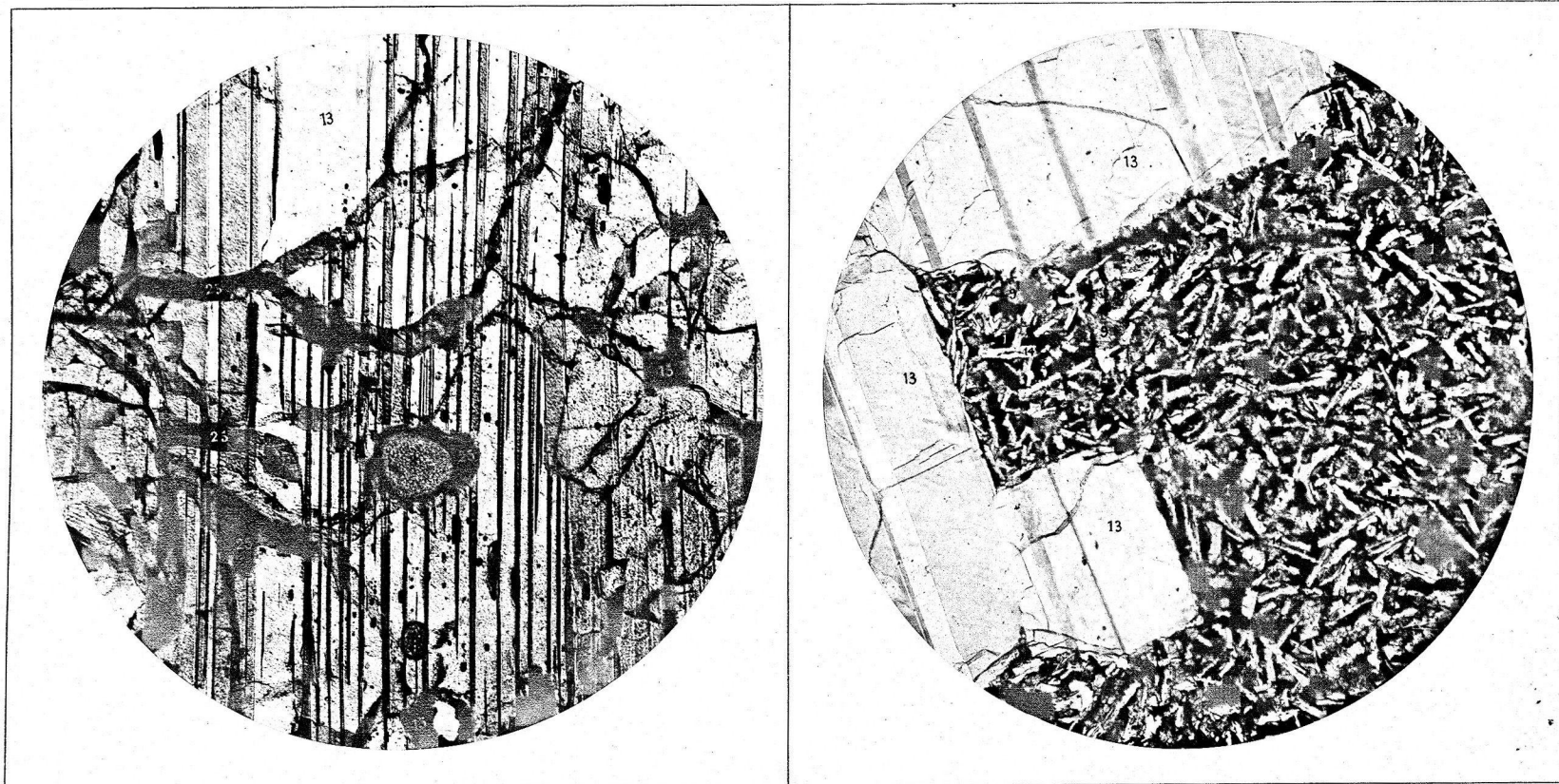
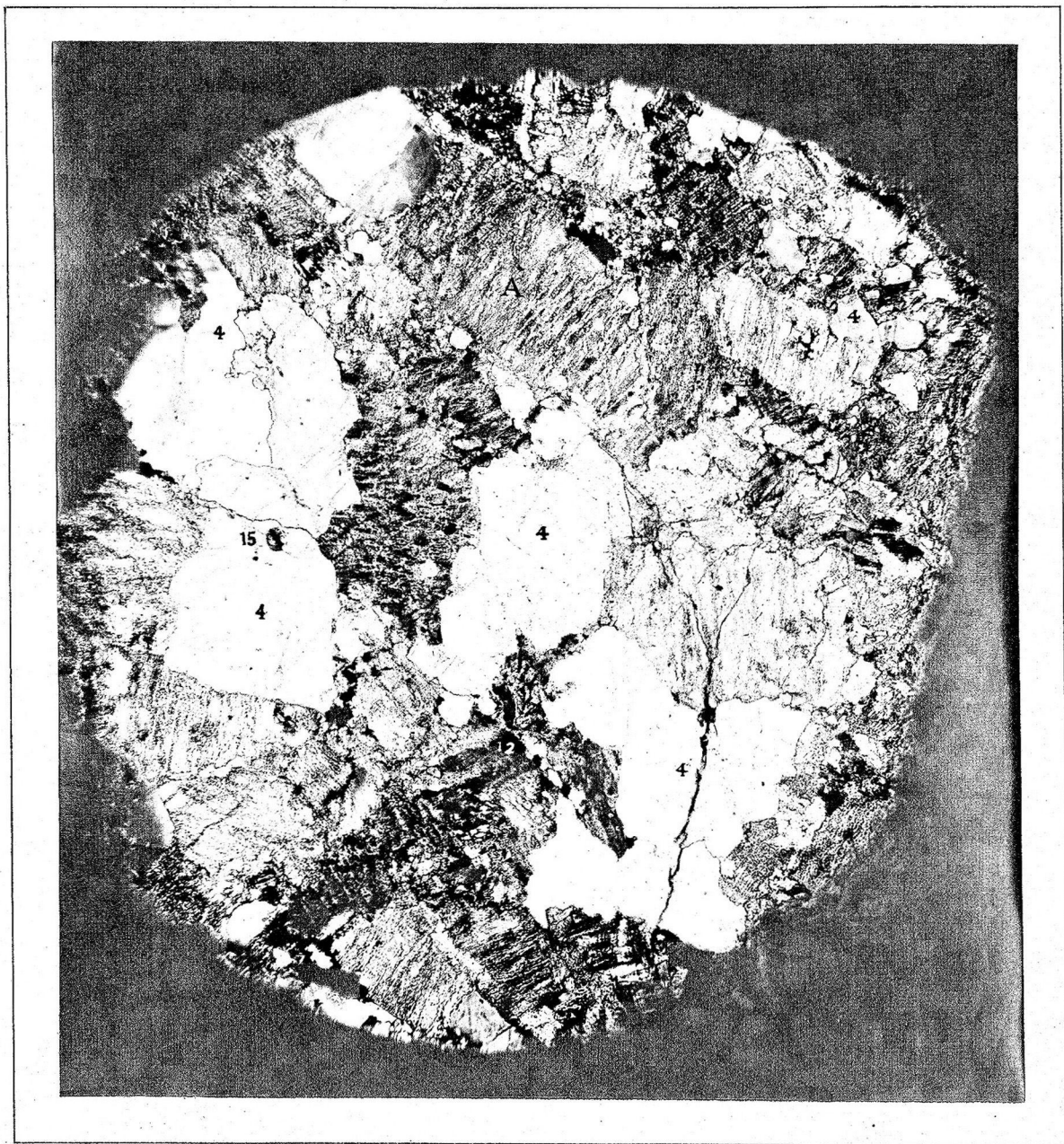


Fig.1. Feldspath anorthite dans les laves doléritiques .

Fig 2 . Labrador et microlithes albitiques
Dans un dyke de la baie des manchots .

ILE ST PAUL .

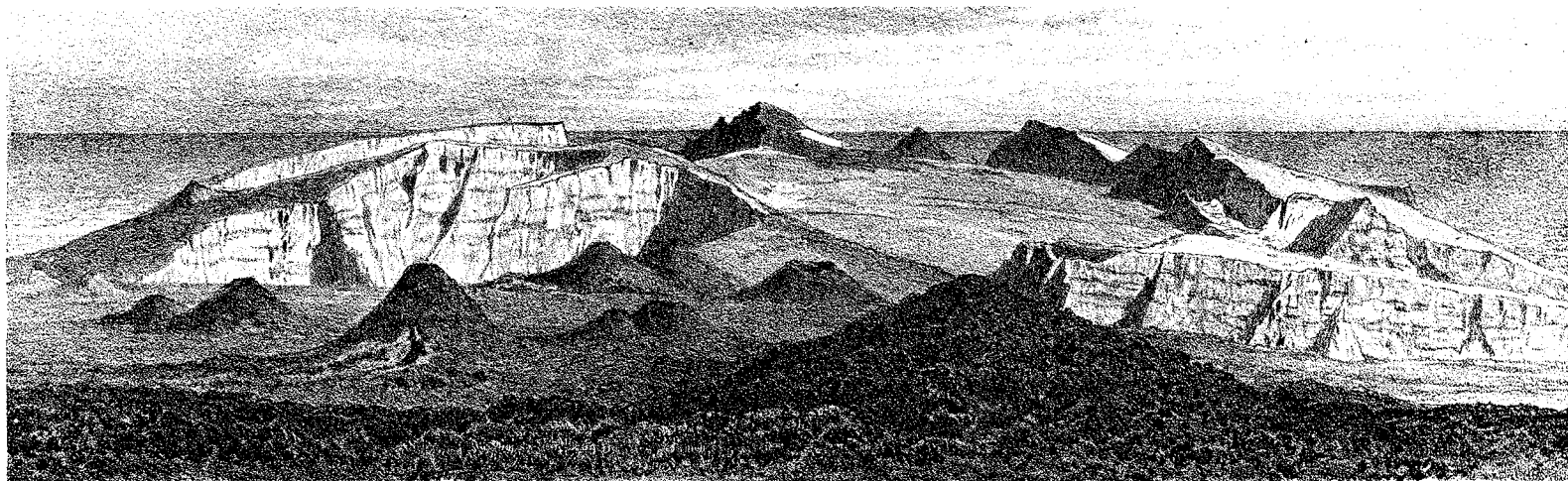
Phototypie Lemerrier & C^{ie} Paris



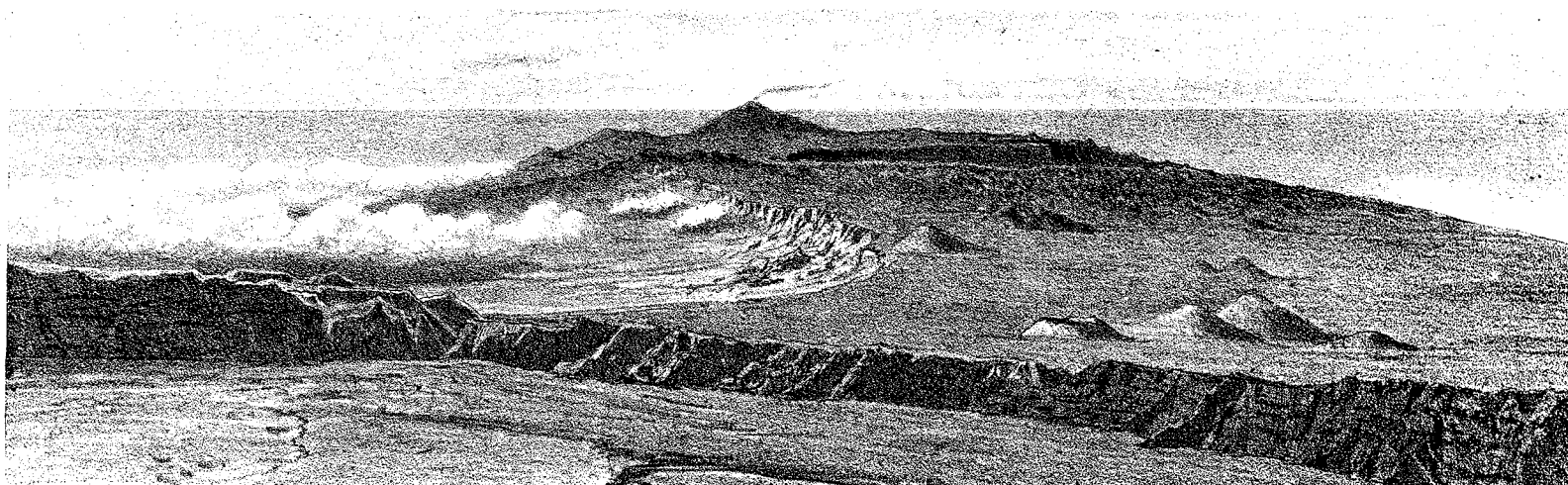
Granulite de l'ilot Cerf.

ILES SEYCHELLES.

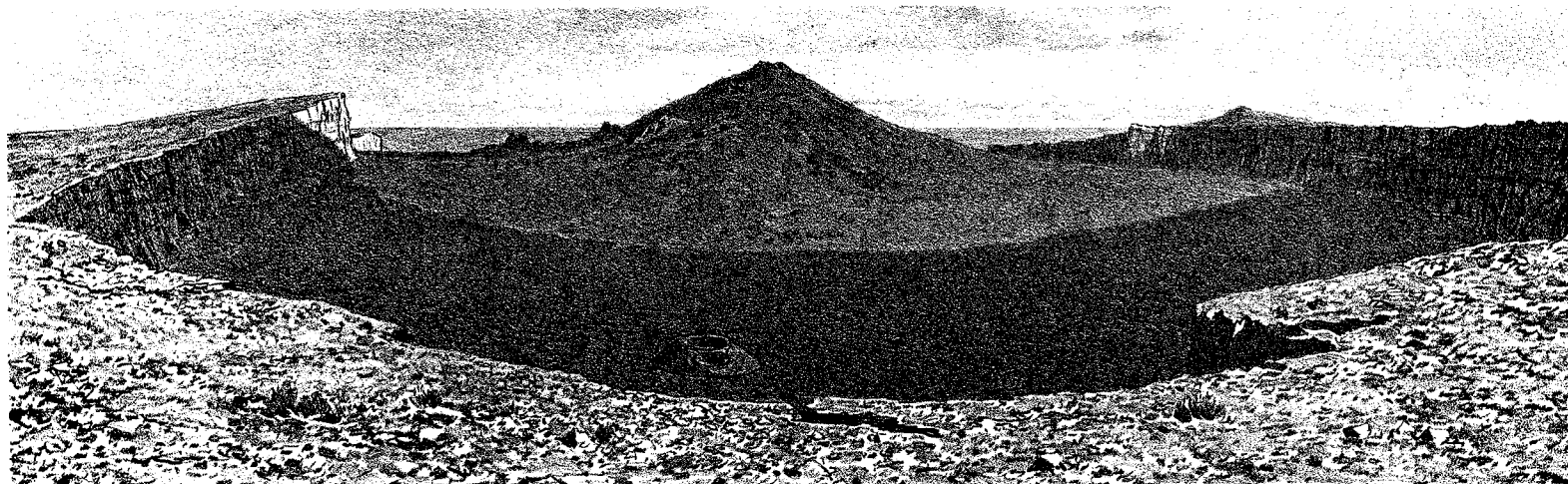
Phototypie Lemerrier & C^o Paris.



Le Grand Bénard Piton des Neiges Cimandef.
 Cirque de Cilaos Cirque de Salazie.
 Cirque de l'Entredeux Plaine des Salazes.
 Plaine des Cafres. Plaine des Fougères.
 Le Mazerin. Plaine des Palmistes.
 Vue du Massif ancien prise de la Grande Montée

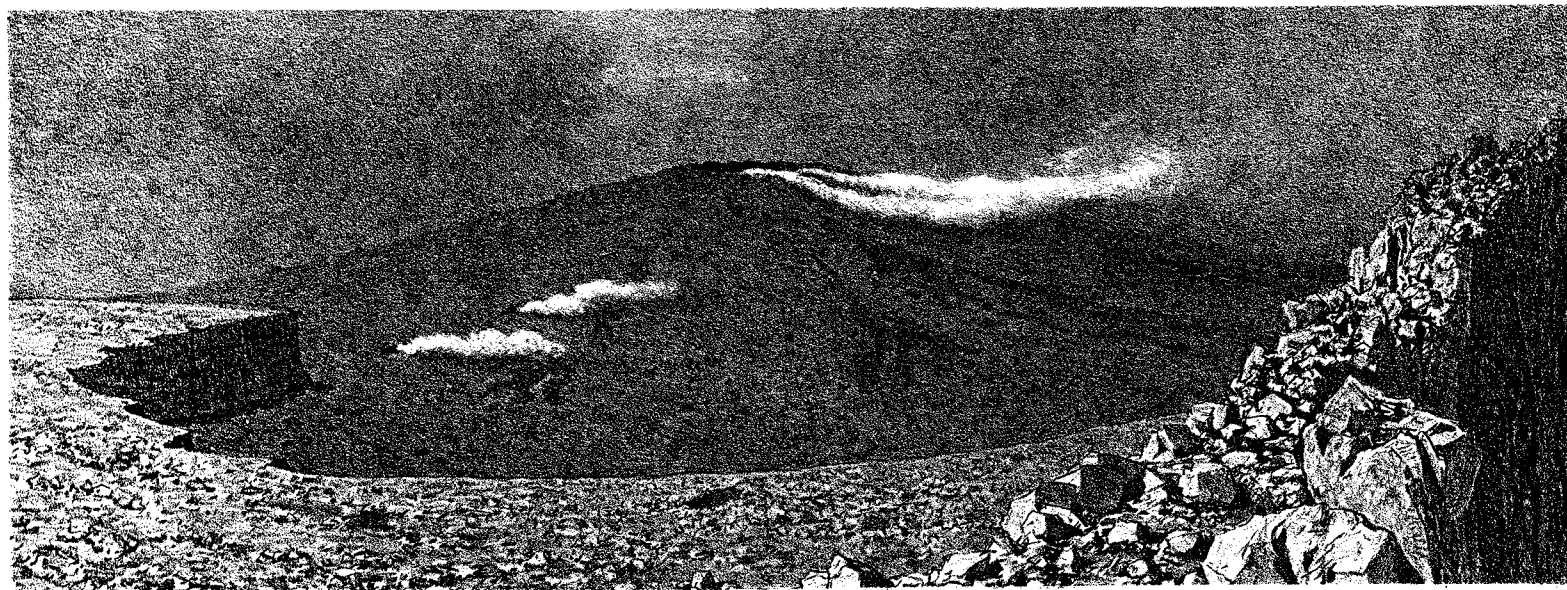


Eug Cicéolith. Le Volcan. Rivière du rempart
 Plaine des Salazes. Plaine des Palmistes La Grande Montée Pitons Dugain.
 Piton de Tortue Imp Lemercier & C^{ie} Paris
 Plaine des Cafres
 Vue du Massif récent prise de la plaine des Salazes



Formica-leo
L'enclos et le Piton Bory. (cratère éteint)

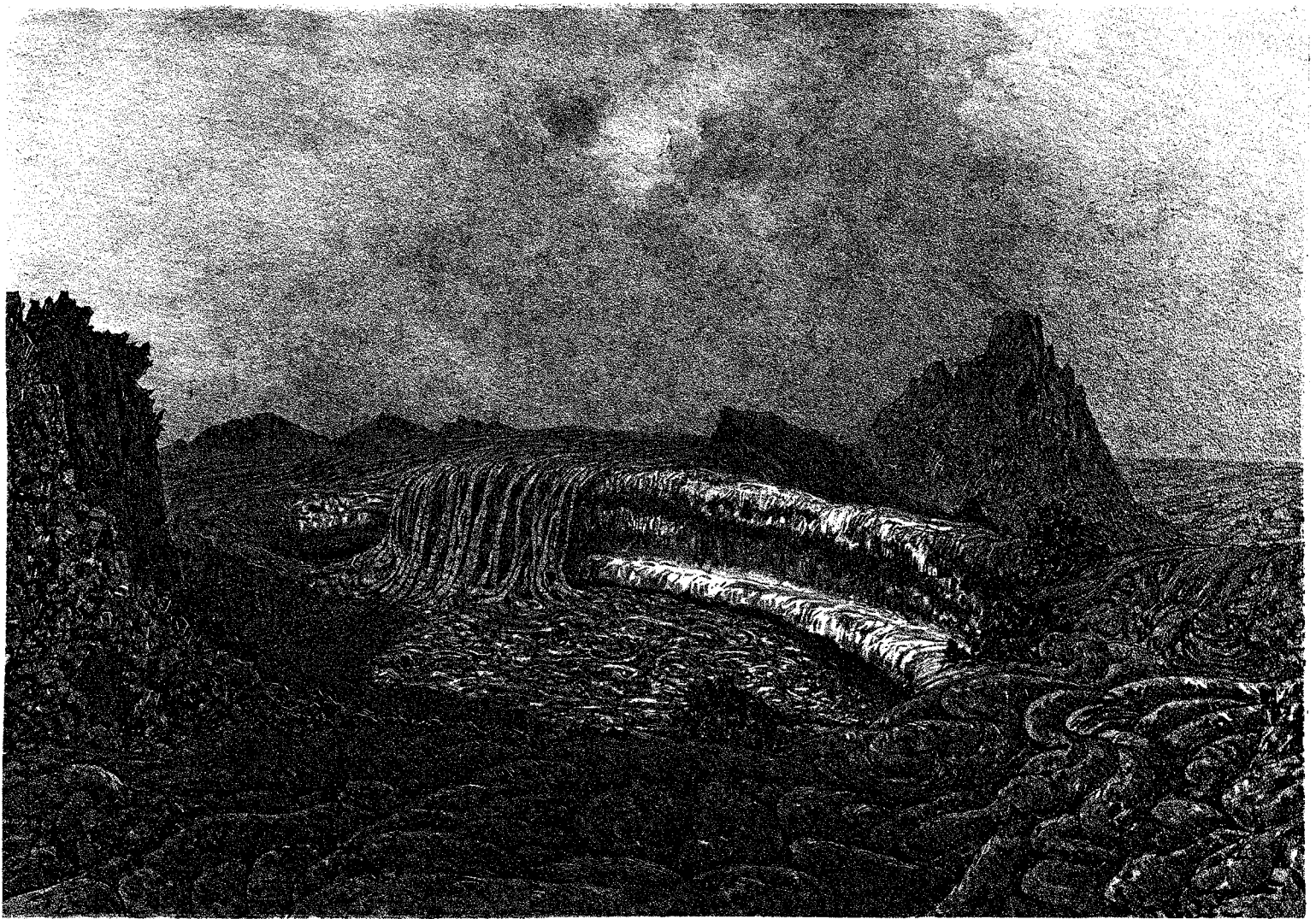
Las de Bellecombe



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercoier & C^{ie} Paris

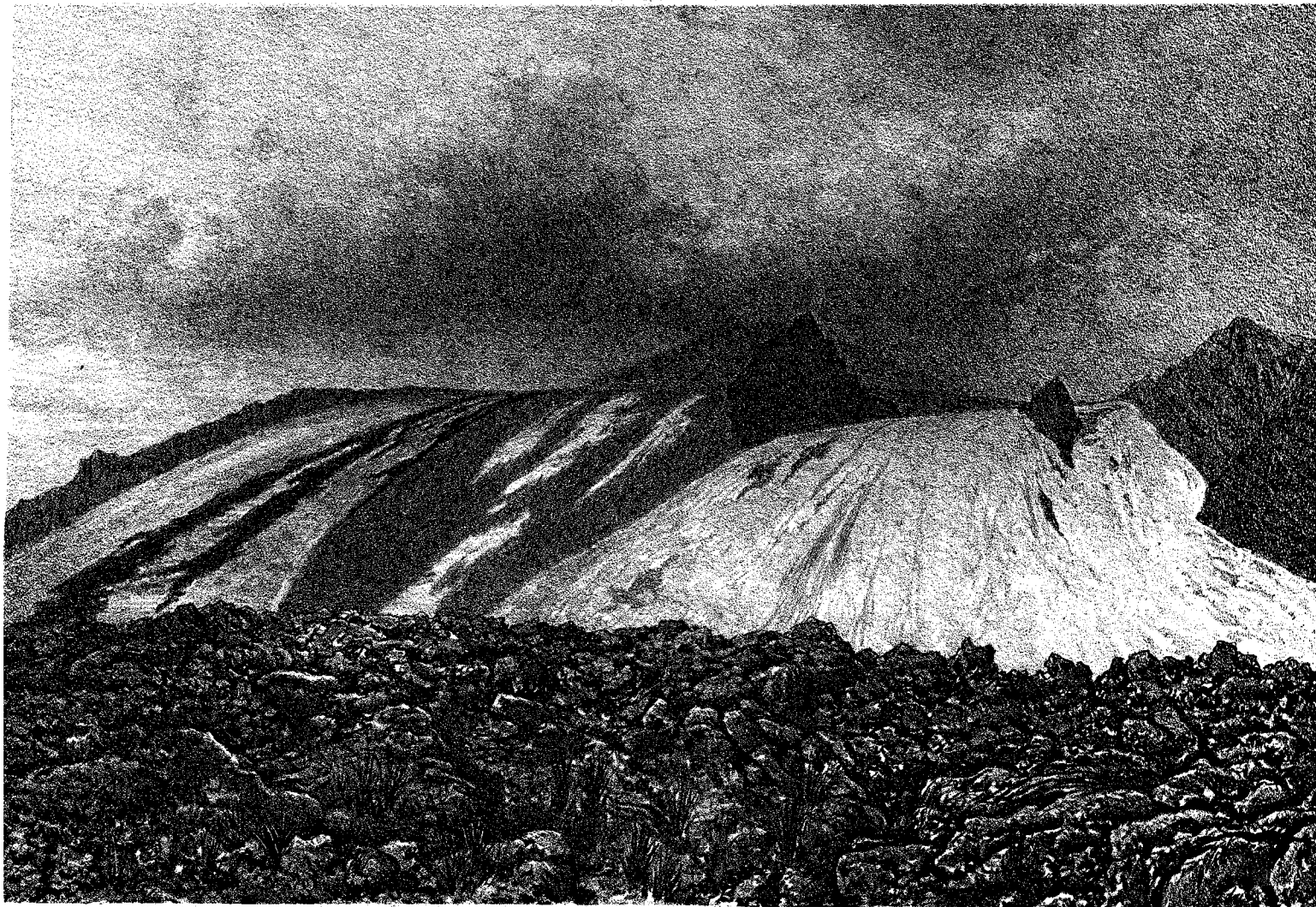
Le Volcan actuel. (Piton de la fournaise.)



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & Co^{rs} Paris.

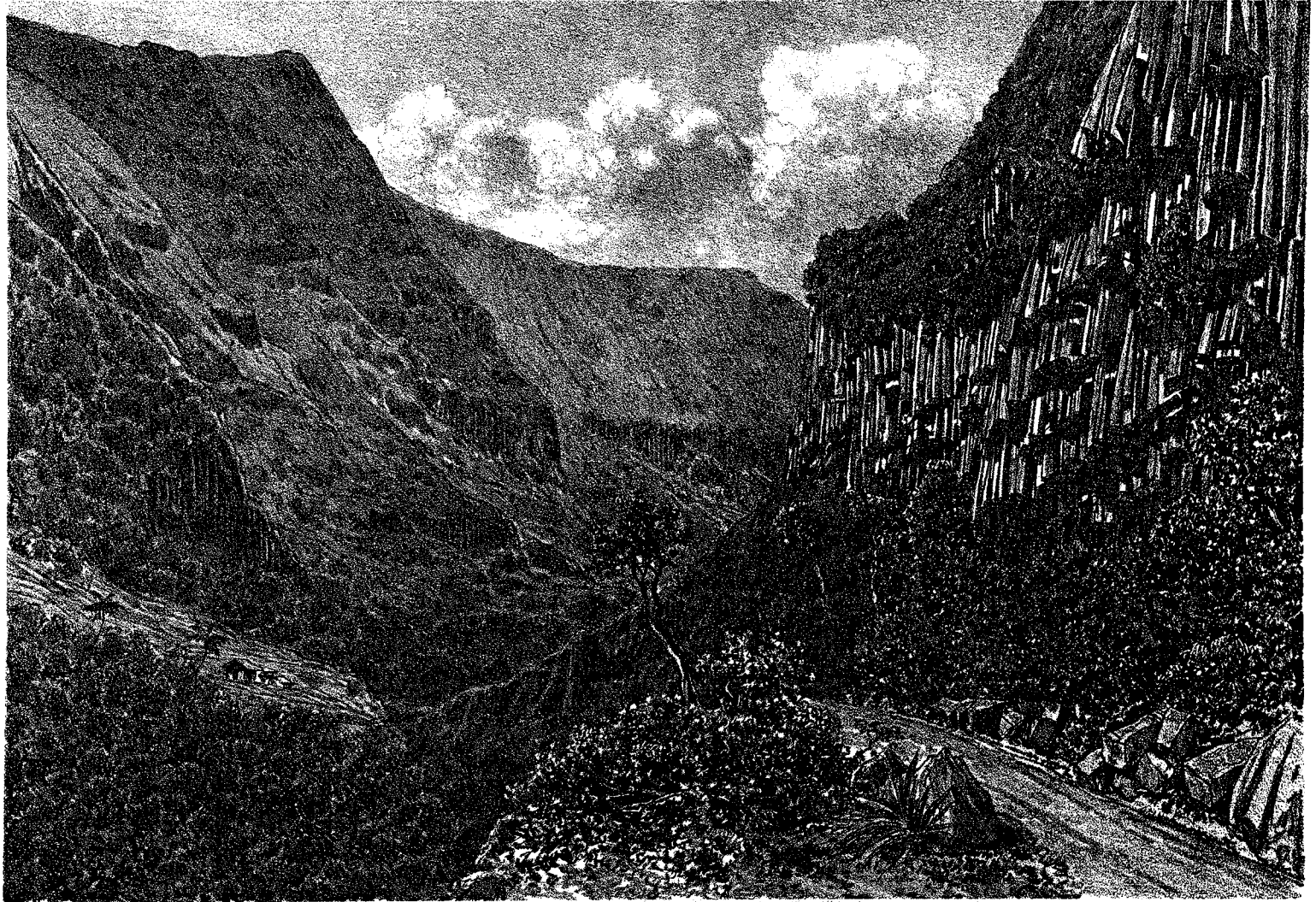
Cratère comblé par les laves, près de la grotte de la Chapelle.
(Massif du Volcan)



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier et C^{ie} Paris.

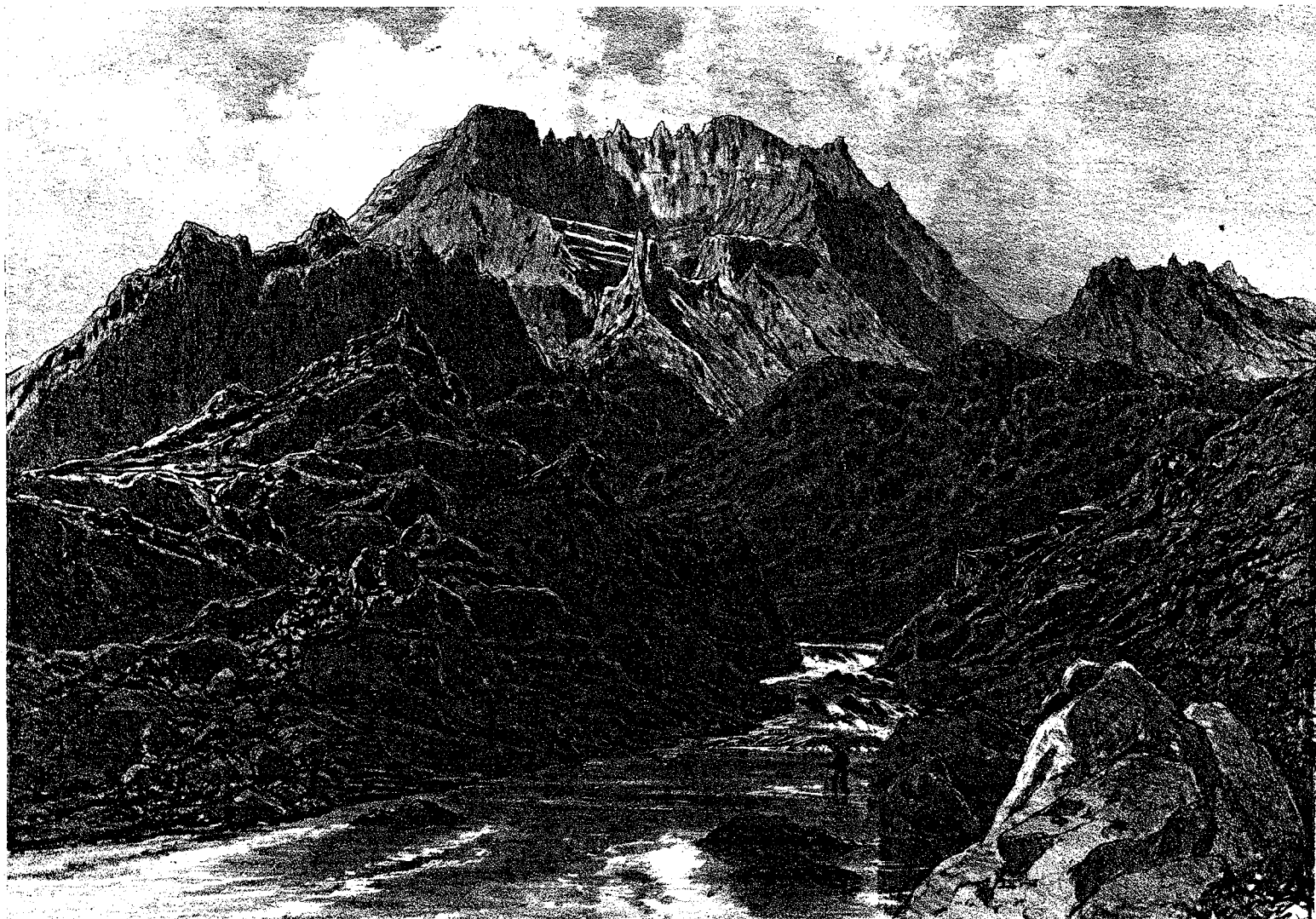
Les Grandes pentes du Volcan
(Grand Brulé).



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie} Paris.

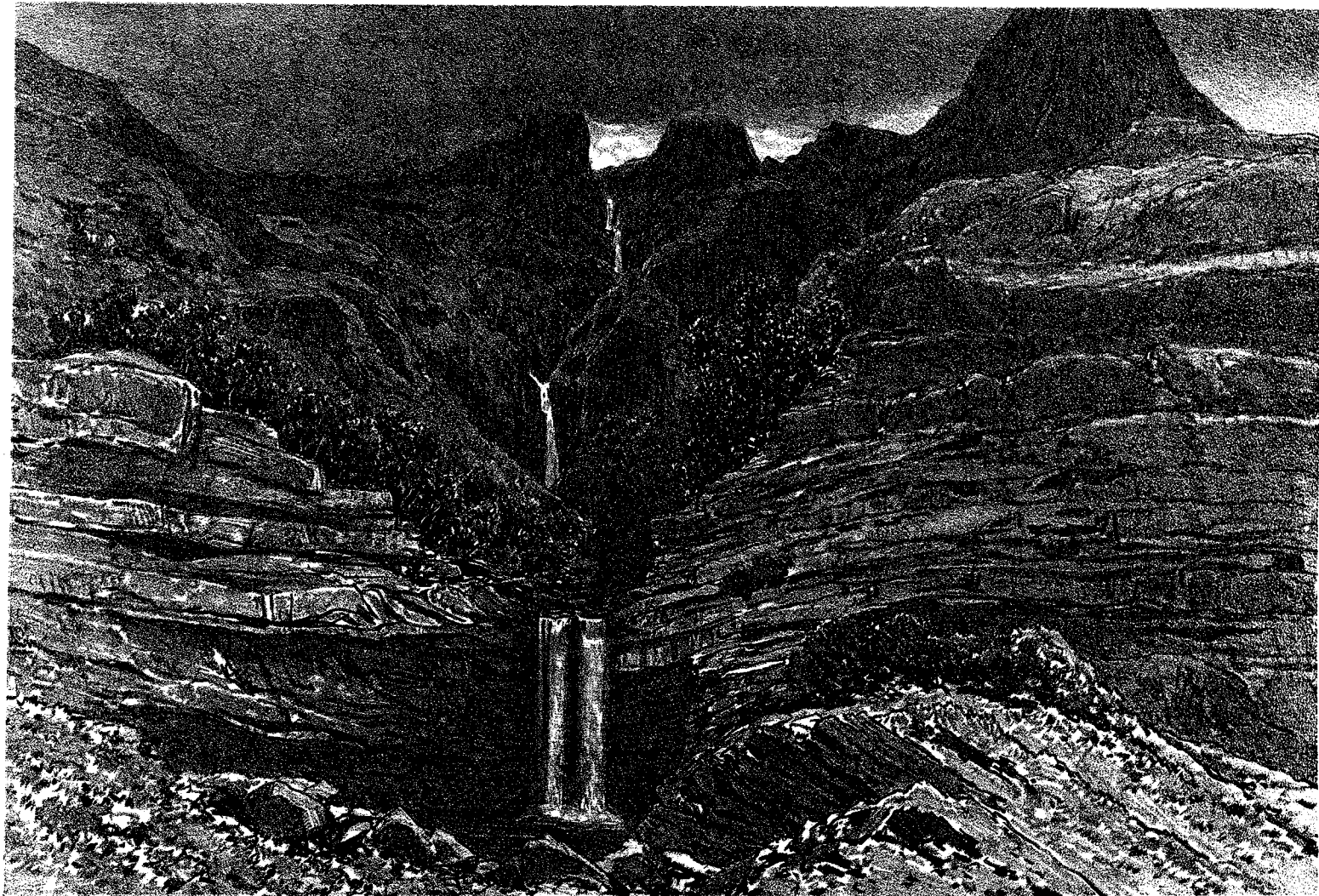
Colonnades Basaltiques de la rivière du Mât.



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^o, Paris.

Les Salazes et le Piton des Neiges



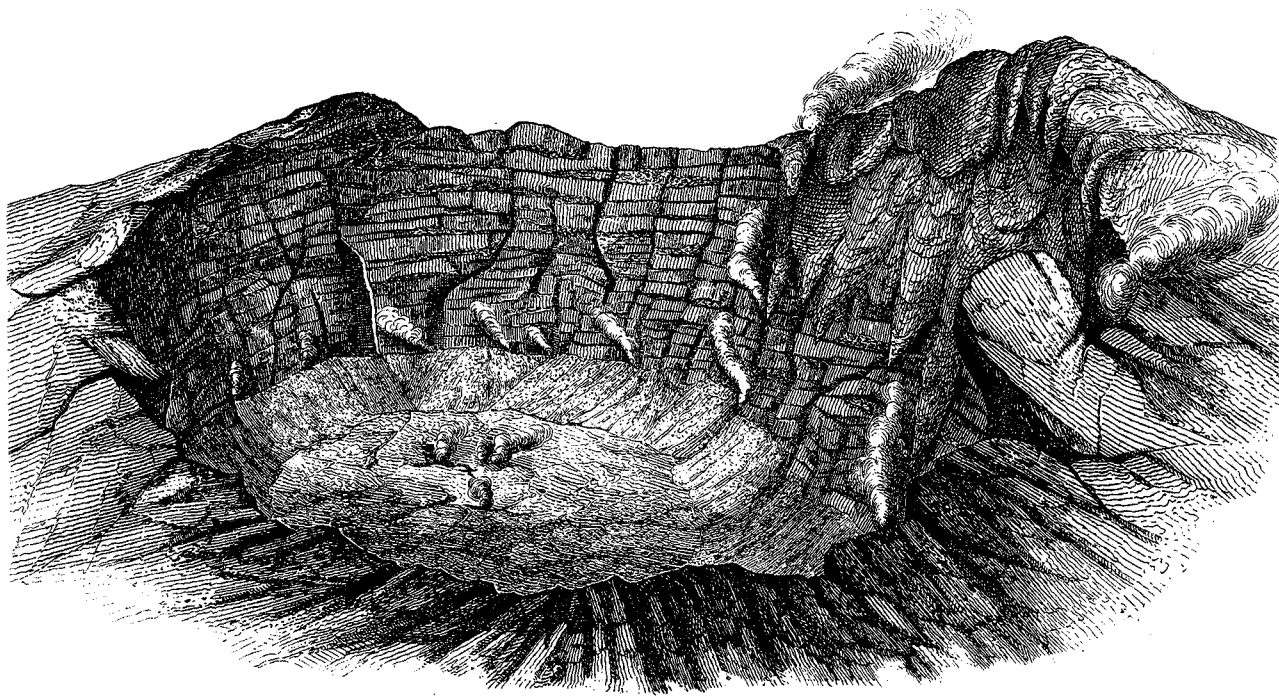
Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie}, Paris

Massif ancien de l'île de la Réunion — Etat actuel du Cratère des Salazes

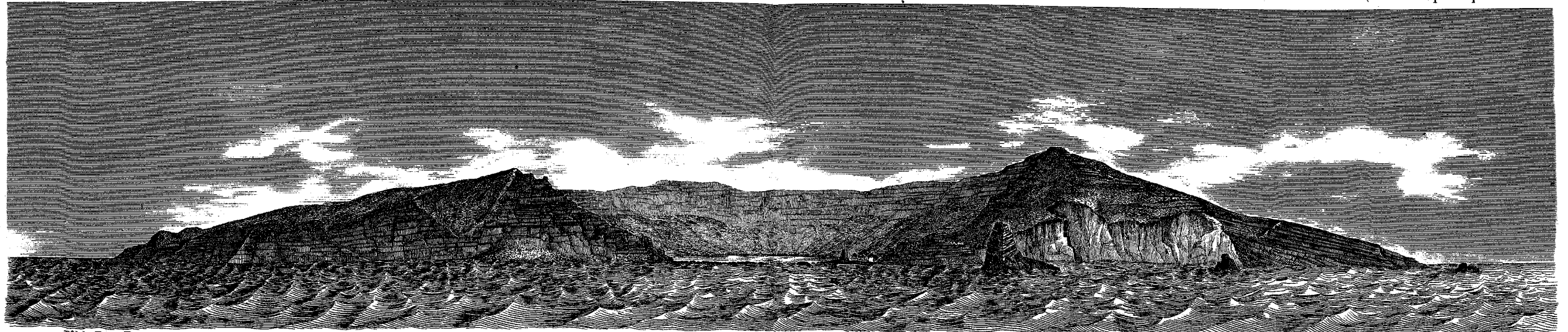


Cratère Commerson.



Cratère du Volcan actuel.
(Piton de la fournaise)

Imp. Lemercier & C^{ie} Paris.



P^{te} du Banc Rouge

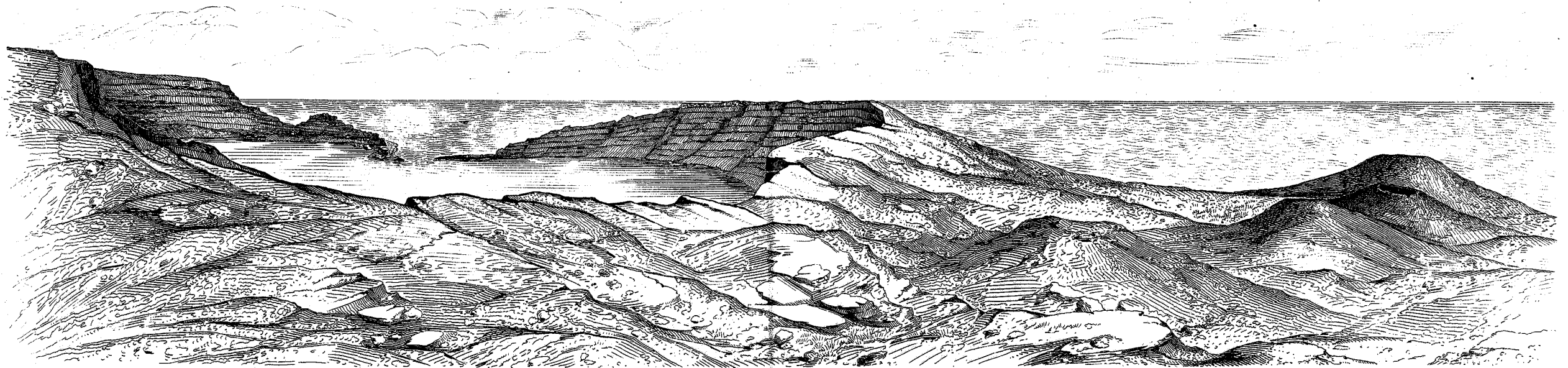
La Mégère - Pyramide - Observatoire

Nine pin Rock

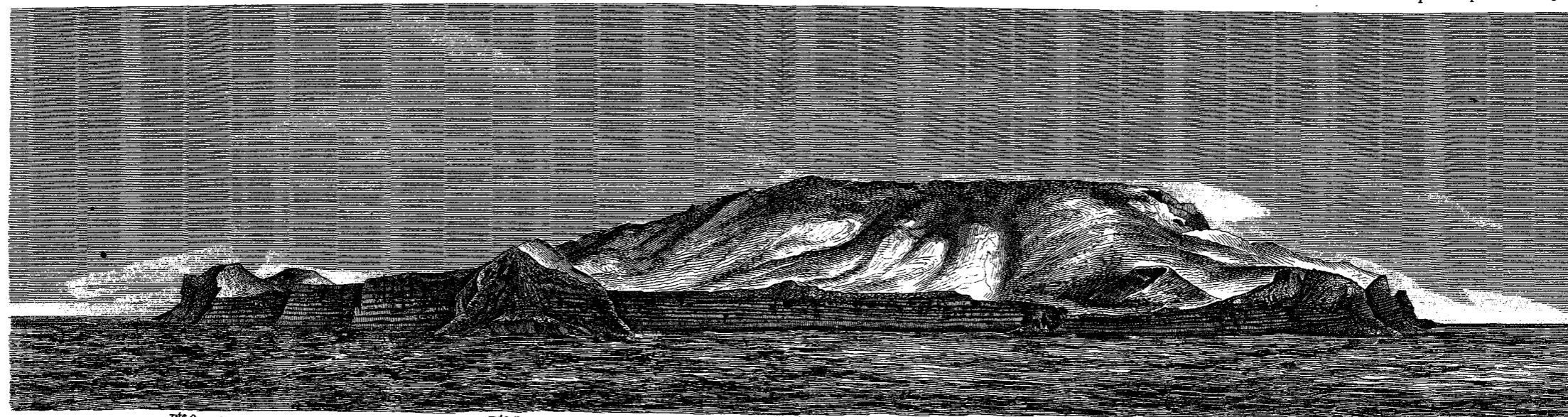
Ilot du Milieu

Ilot du Nord

Vue de l'entrée du Cratère , prise du mouillage de la Dives.



Vue générale du sommet du Cratère



P^{te} Ouest

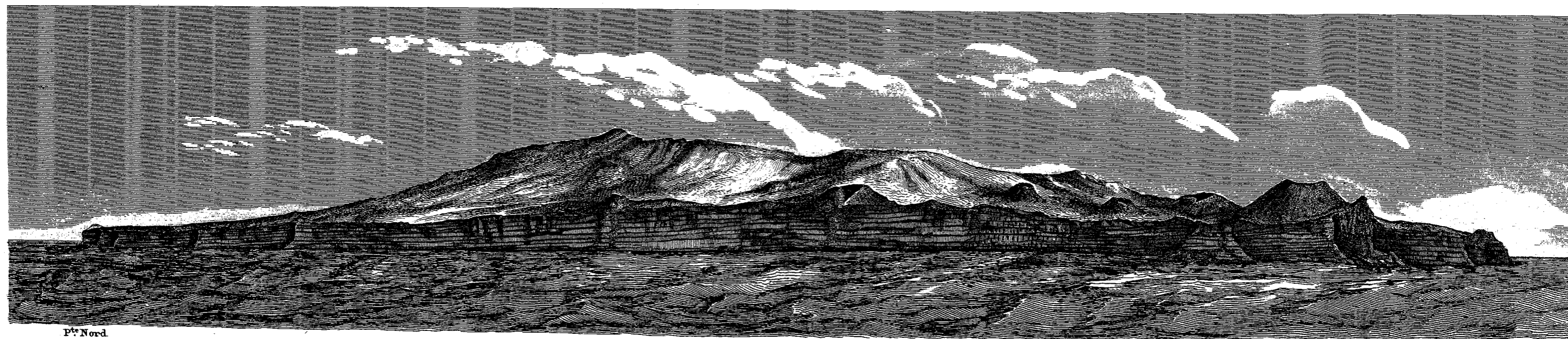
P^{te} Sud

Les deux Frères

P^{te} Hutchison

Nine pin Rock

Vue de la Côte Sud.



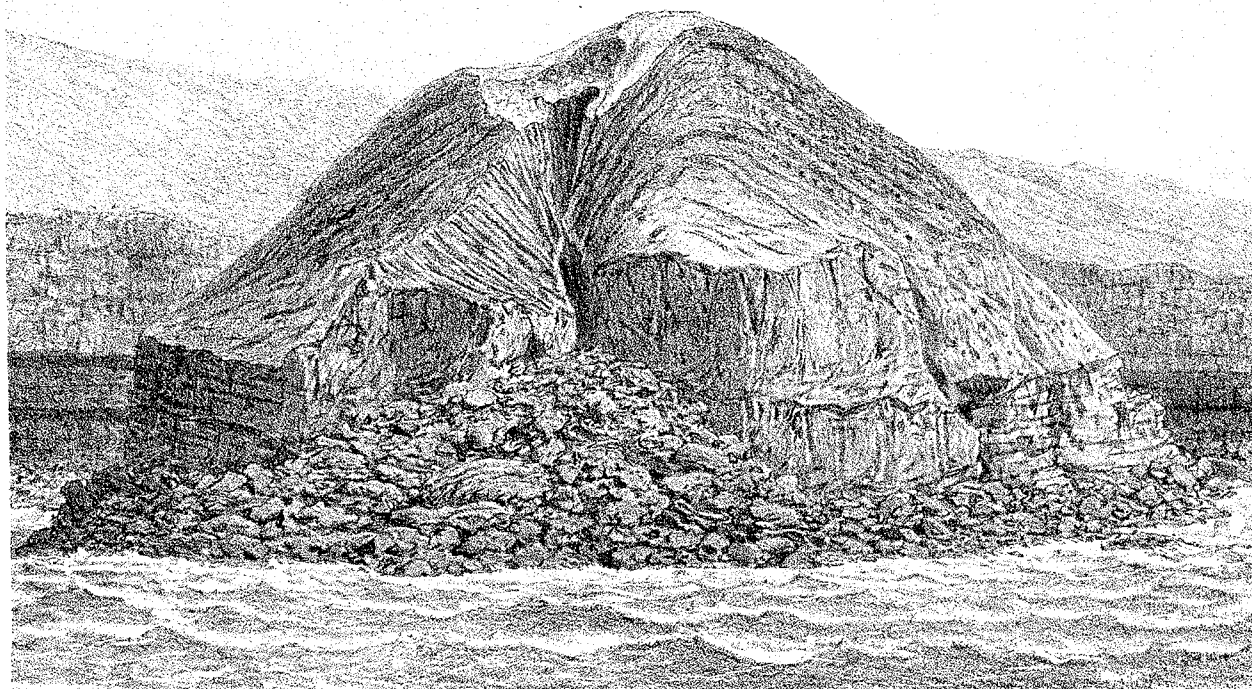
P^{te} Nord

*Falaises habitées par
les Manchots.*

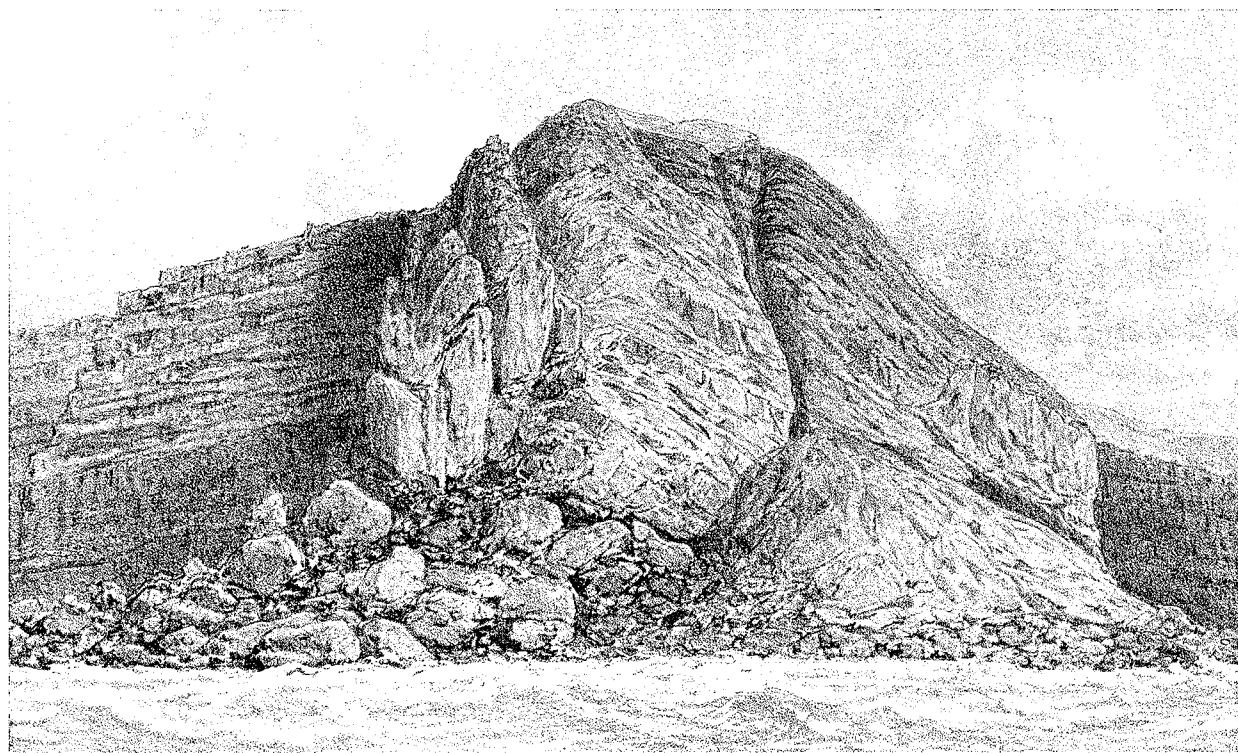
P^{te} Ouest

P^{te} Sud

Vue de la Côte Ouest, à 1 Mille de terre.



Cône de Sconès de la Pointe Ouest.



Eug. Cicéri, lith.

Imp. Lemercier & C^{ie} Paris

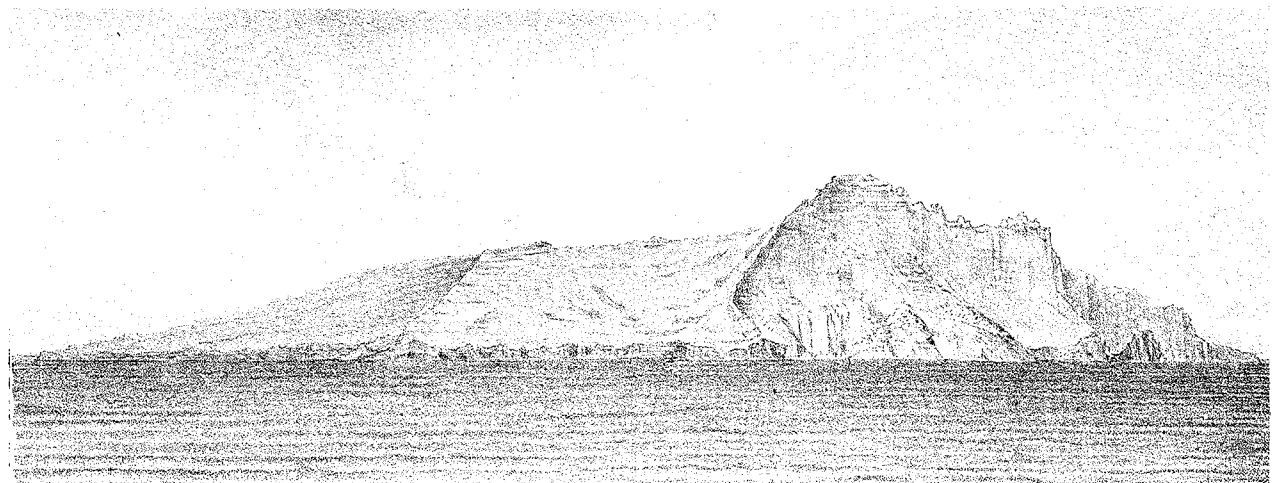
Cône de Sconès de la Pointe Sud.

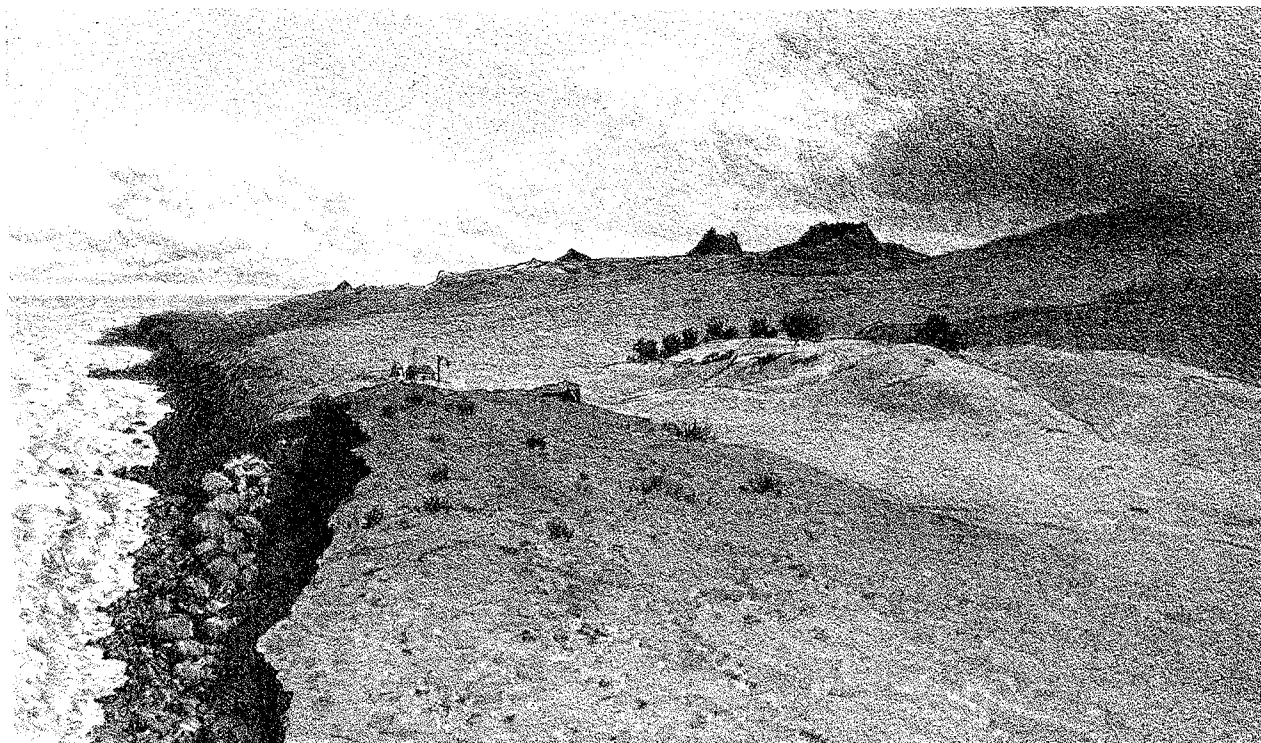


L'île Amsterdam, vue le 16 Décembre à 4 milles dans le S. O.

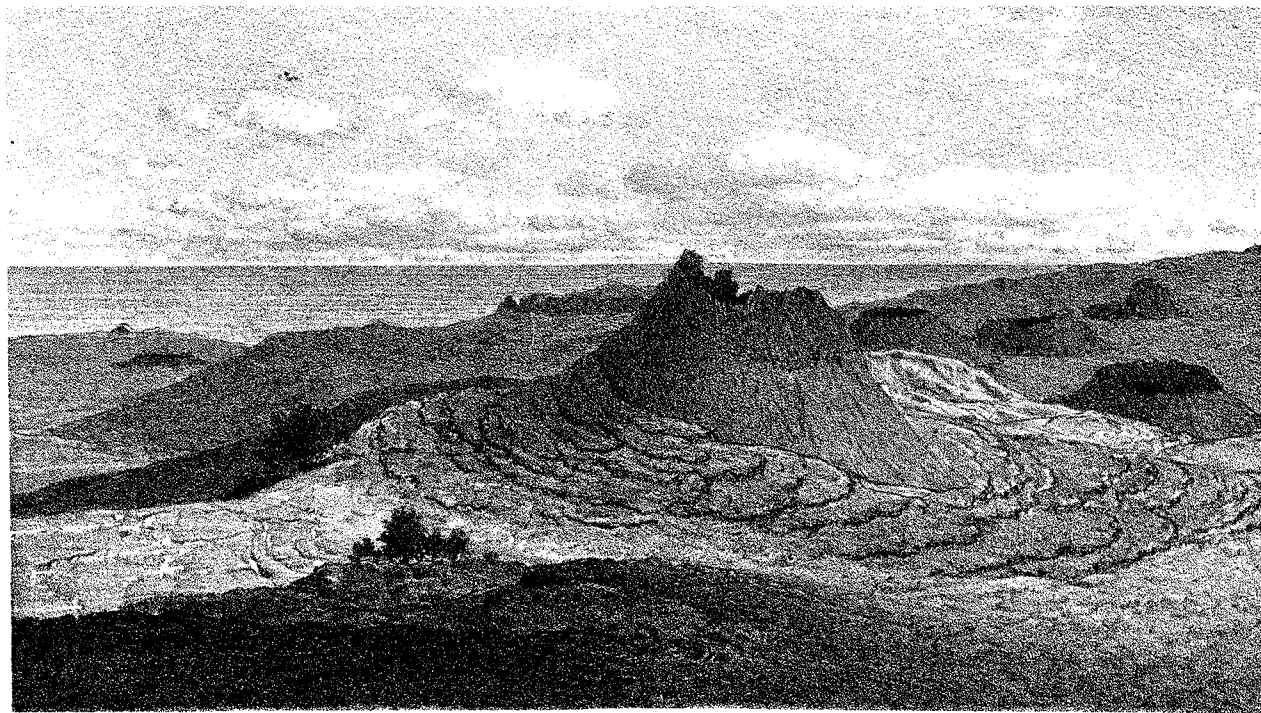


L'île Amsterdam au S. $\frac{1}{4}$ S. O. à 2 milles de terre





Chaussée des Otaries et pointe du débarquement..



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemerancier & C^{ie}, Paris

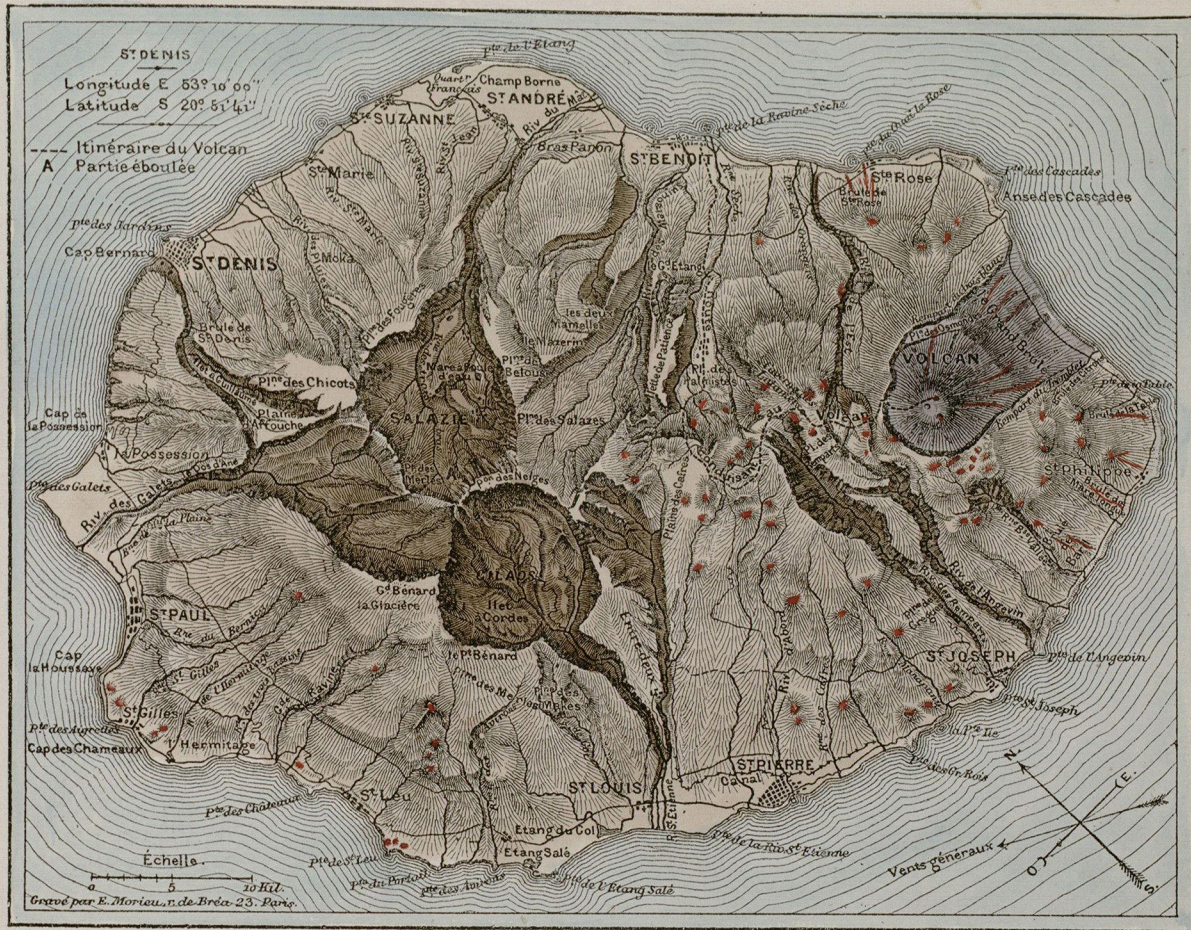
Cônes de Scories et Cratère Dumas .



Eug Cicéri lith

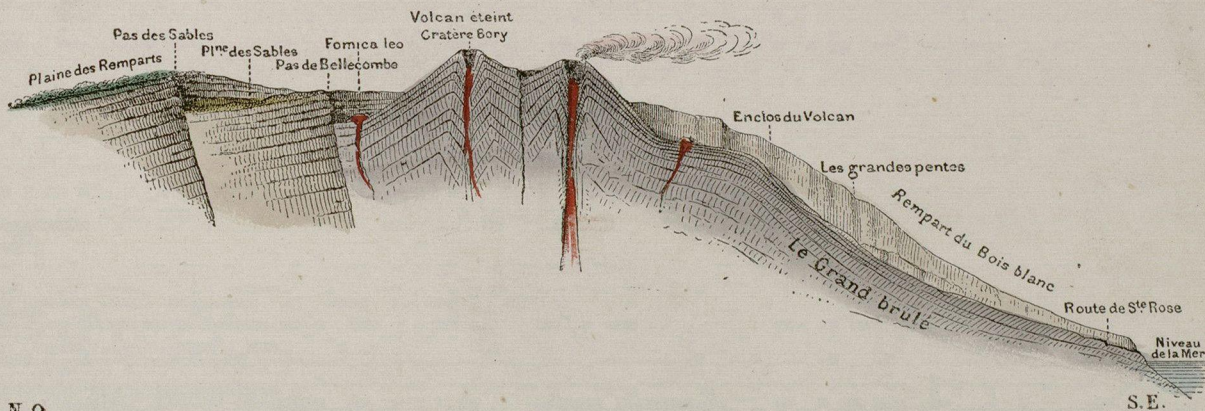
Imp. Lemercier & C^{ie} Paris

Cratère Hébert et plateaux marécageux du Sommet.



ILE DE LA RÉUNION.

(D'après la Carte dressée en 1852 par M. L. Maillard, ingénieur colonial.)



Coupe théorique du massif du volcan.