

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE
DE LA PRESQU'ILE D'ADEN
DE L'ILE DE LA RÉUNION
DES ILES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM

PAR

CHARLES VÉLAIN

LAURÉAT DE L'INSTITUT
DOCTEUR ÈS SCIENCES
RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES

PARIS
TYPOGRAPHIE A. HENNUYER
RUE D'ARCET, 7

—
1878

INTRODUCTION

Parmi les missions envoyées par l'Académie des sciences pour observer le passage de Vénus sur le soleil en 1874, deux devaient atteindre dans l'hémisphère austral des régions lointaines et peu connues, d'un accès difficile. Elles avaient été confiées, en raison de ces circonstances, à des officiers de marine. En outre, pour utiliser, au point de vue de l'histoire naturelle, ces deux voyages, qui allaient se faire dans des conditions si exceptionnelles, la commission du passage de Vénus, sous la présidence de M. Dumas, secrétaire perpétuel, avait décidé que des naturalistes seraient adjoints à chacune d'elles.

L'une de ces expéditions, commandée par M. Mouchez, capitaine de vaisseau, devait séjourner pendant plus de trois mois dans un ancien cratère de volcan, à peine éteint, qu'on nomme *l'île Saint-Paul*, perdu au milieu de l'océan Indien, par 38 degrés de latitude sud, à plus de 500 lieues de toute espèce de terre. J'eus l'honneur d'en faire partie. M. le ministre de l'instruction publique avait bien voulu, sur la proposition et les instances de M. de Lacaze-Duthiers, membre de l'Institut, m'attacher à cette mission en qualité de géologue, et l'Association française pour l'avancement des sciences, fidèle à ses traditions, était venue généreusement à mon aide en subvenant pour une forte partie aux frais de ce voyage.

Le dimanche 2 août, nous nous embarquions à Marseille,

sur un des paquebots de la Compagnie des Messageries maritimes, pour nous rendre à Aden, puis de là à la Réunion, où nous attendait un aviso à vapeur de la marine de l'État, la *Dives*, qui devait nous porter aux îles Saint-Paul et Amsterdam. Le 4 janvier 1875, nous quittions les deux îles et nous rentrions en France le 6 mars, après sept mois d'absence.

L'objet direct de la mission que j'avais reçue, était l'exploration des deux îles sur lesquelles nous devons faire, en raison des observations astronomiques, un séjour si prolongé. Déjà la première, l'île Saint-Paul, avait été décrite en détail par un géologue célèbre, M. Ferdinand von Hochstetter, qui l'avait visitée en 1857, avec l'expédition autrichienne de la *Novara*. Je ne pouvais espérer ajouter beaucoup de faits nouveaux à une histoire déjà si complète; mais la seconde, celle d'Amsterdam, d'un accès difficile et constamment enveloppée de brumes épaisses, était restée jusqu'à présent inexplorée; je devais donc concentrer tous mes efforts pour combler cette lacune.

Pendant toute la durée de ce voyage, j'ai encore cherché à profiter de nos moindres relâches pour explorer les terres souvent peu connues que nous abordions. La presqu'île d'Aden et l'île de la Réunion sont les deux points principaux que j'ai pu visiter ainsi; c'est pourquoi j'ai joint leur étude à celles des deux îles susnommées. Toutes ces régions ont entre elles ce caractère commun d'être essentiellement volcaniques; il n'était donc pas sans intérêt de réunir leur description dans un même ouvrage, afin de mieux faire ressortir les différences ou les rapprochements qu'elles peuvent présenter.

Pendant bien longtemps les produits volcaniques ne furent définis et classés que d'après certaines de leurs propriétés physiques et d'après des caractères tirés de leur composition chimique. Maintenant, depuis l'application du microscope polarisant, à lumière parallèle, à l'étude des roches, la pétrographie est entrée dans une voie telle, qu'il n'est plus permis de s'en tenir à des données aussi vagues. Dans les études qui vont suivre, j'ai donc cherché à employer ces méthodes nouvelles, qui con-

sistent à réduire les roches en lamelles minces, à les examiner ensuite, sous les plus forts grossissements, soit dans la lumière naturelle, soit dans la lumière polarisée, pour surprendre tous les détails de leur composition minéralogique et de leur structure intime, en apportant toutefois à la détermination des espèces minérales, basée ainsi sur leurs propriétés optiques, le sévère contrôle de l'analyse chimique chaque fois qu'il m'a été possible de le faire.

Mais je n'aurais pu songer à aborder ces recherches délicates si je n'avais reçu l'appui et les encouragements précieux de M. Fouqué, professeur au Collège de France, qui, me prodiguant son temps et ses avis, voulut bien m'initier aux procédés d'analyse microscopique des roches, si en faveur aujourd'hui à l'étranger, et dont il s'est fait l'introducteur en France. Ce sont encore ses méthodes d'analyse chimique, ses procédés ingénieux de séparation que j'ai employés pour isoler entre eux les divers éléments cristallins des roches, afin de les étudier séparément.

Je dois aussi un témoignage bien vif de ma reconnaissance à M. Michel Lévy, ingénieur des mines, qui a bien voulu me prêter son bienveillant concours et m'aider de ses conseils si autorisés. C'est lui, en particulier, qui m'a fourni tous les éléments d'une détermination optique précise des divers membres du groupe des feldspaths, en me communiquant les résultats des applications pratiques qu'il vient de faire à l'étude des roches taillées en plaques minces, des données numériques fournies par M. des Cloizeaux pour la distinction si délicate des feldspaths tricliniques.

Dans les recherches sur le terrain, j'ai surtout cherché à mettre en pratique les enseignements précieux que j'avais reçus depuis dix ans dans le laboratoire de géologie de la Sorbonne, de la part d'un maître savant et dévoué, M. le professeur Hébert, membre de l'Institut; ce sont ses méthodes d'observations précises que j'ai appliquées à l'étude stratigraphique des roches volcaniques. A plus d'un titre ce travail lui appartient; il lui devra l'estime qu'on pourra lui accorder.

Qu'il me soit permis également d'adresser mes remerciements :

A M. Dumas, secrétaire perpétuel, président de la commission du passage de Vénus, qui n'a cessé d'accueillir favorablement mes travaux et qui a bien voulu me témoigner une bienveillance incessante pour laquelle je le prie d'agréer l'expression respectueuse de ma reconnaissance ;

A M. Mouchez, si dévoué aux intérêts de la science, auprès duquel j'ai toujours trouvé de si nombreux et si puissants encouragements, et qui, par tous les moyens mis sans réserve à ma disposition, m'a permis de surmonter toutes les difficultés qui entravaient l'accomplissement de ma mission.

Je ne veux pas terminer sans dire maintenant combien j'ai trouvé d'aide et de puissants secours dans les laboratoires de l'École pratique des hautes études, à la Sorbonne :

Dans celui de géologie, dirigé par M. Hébert, pour l'étude générale des roches ; dans celui de physique, dirigé par M. Desains, pour la photographie microscopique ; dans celui de zoologie expérimentale, dirigé par M. de Lacaze-Duthiers, pour l'étude de la faune des îles Saint-Paul et Amsterdam, qui forme la seconde partie du présent travail.

C'est grâce à l'organisation de ces divers laboratoires, grâce surtout aux moyens d'étude nombreux qui ont été mis si libéralement à ma disposition, que j'ai pu remplir la tâche que je m'étais imposée. Il était de mon devoir de le proclamer hautement et de témoigner ici ma reconnaissance, non-seulement aux savants professeurs qui ont bien voulu diriger mes recherches et m'aider de leurs précieux conseils, mais encore au doyen illustre de la Faculté des sciences, M. Milne-Edwards, sous le patronage éclairé et incessant duquel l'École des hautes études a été placée.

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 formées par trois presque îles peu distantes, reliées entre elles par des côtes basses, couvertes de sables, 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 reliait, dans le nord, à cette grande chaîne de volcans qui longe le bord oriental de la mer Rouge, en laissant entre elle et le littoral de grandes plaines sablonneuses, qui ne sont autre chose que des plages soulevées. Malheureusement, 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 de cette longue suite de volcans, aujourd'hui éteints, dont l'activité souvent a dû être considérable, si on en juge par les immenses surfaces recouvertes par les produits épanchés, sans indiquer la nature ni la composition de ces produits. On sait seulement que les roches du groupe des trachytes y sont fréquentes.

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 sablon-

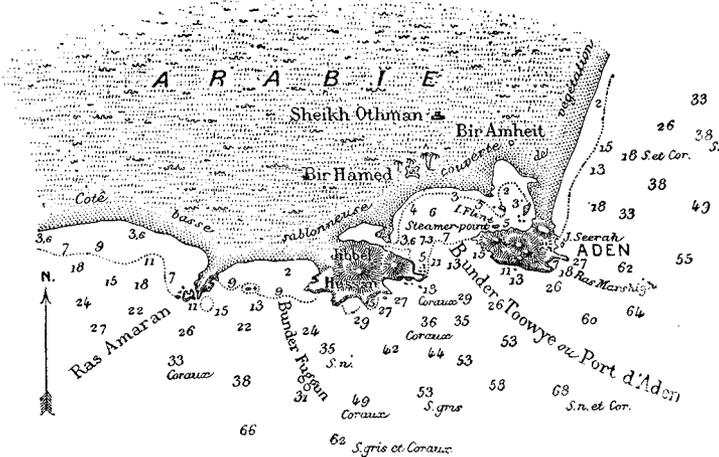


FIG. 1.

neuses. La troisième enfin, de beaucoup la plus importante, 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, mais qui s'élargit bientôt en un golfe profond, *Bunder Toowyé*, où par tous les temps les navires de fort tonnage peuvent trouver un excellent abri, la sépare du *Djebel Hussan*.

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

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'abord 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 presqu'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 presqu'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 mille et demi de diamètre, et plus tard M. Buist² compare cet ancien volcan à l'Etna.

Dans sa description géologique des côtes de l'Arabie, J. Carter³ donne de nouveaux détails sur la forme de ce prétendu cratère, sur les pics et les cônes surbaissés qui l'accompagnent, et

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.

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 Dufrénoy et Elie de Beaumont, désignés par l'Académie des sciences¹ 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 reconnaît², entre autres, des dolérites compactes et mentionne surtout le facies éminemment trachytique des roches d'Aden. Enfin, tout dernièrement, un des astronomes de l'expédition autrichienne chargée d'aller, en janvier 1868, observer une éclipse totale de soleil, M. le professeur Weiss, profita de son séjour dans la presque île pour y recueillir, près du littoral, quelques échantillons de roches, qui furent examinés, au retour, par le professeur Niedjwieski. Les résultats de cette étude ont été publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Vienne en 1870³. On y trouve la description minutieuse d'une obsidienne (perlite), d'une lave trachytique et d'un basalte, qui 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

1. Dufrénoy et Elie de Beaumont, *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, t. XII, p. 923, et t. XXII, p. 806.

2. *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, t. LII, p. 423.

3. T. LXIII, I Abth., 426, 549-560.

celles du groupe des trachytes. Ces dernières sont, en effet, de beaucoup les plus importantes, non-seulement par leur grande extension et le 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 m'ont permis, non pas de faire de la presqu'île une exploration complète, mais tout au moins de recueillir, en la traversant dans ses deux sens, des collections assez importantes pour que je puisse dès à présent donner un premier aperçu de sa constitution géologique. J'ai même cherché à résumer les observations faites dans ces différentes excursions, en traçant sur une carte, empruntée en partie à celle publiée en 1865 par le dépôt des cartes et plans de la marine, d'après les levés hydrographiques du commandant Haines de la marine royale anglaise, les points précis où ont été recueillis les diverses roches qui font l'objet de cette étude, ainsi que les limites approximatives des espaces qu'elles occupent. Mais cette carte ne peut être considérée que comme une première esquisse, destinée à faciliter l'intelligence du texte qui va suivre : elle est forcément incomplète, puisque je n'ai pu parcourir la presqu'île dans toute son étendue. Les hautes montagnes du centre, notamment, sur lesquelles j'ai étendu une teinte bistre uniforme, doivent, en grande partie, dépendre du massif trachytique, si on en juge par leur relief singulier, par la forme aiguë des pics qui les terminent.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans sa plus grande dimension, c'est-à-dire de l'ouest à l'est, la presqu'île peut avoir 6 650 mètres, et la moitié seulement, soit 3 400 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 sables, étroite et basse, n'ayant parfois que 1 mille de largeur, sur une longueur de 5 à 6 000 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 devant laquelle les grandes marées laissent à découvert un espace de plus de 2 000 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'enfonçait sous les eaux.

Les traces de ce mouvement d'oscillation, qui doit encore continuer maintenant d'une façon lente et insensible, sont des plus évidentes dans le nord-ouest, sur tout le littoral de *Steamer-point*. 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 ; immédiatement après les docks de charbon, destinés à approvisionner les nombreuses lignes de paquebots

qui fréquentent maintenant ces parages, on le voit, par exemple, s'élever jusqu'à 2 et 3 mètres au-dessus du niveau des plus hautes eaux. 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 l'altitude de 20 mètres.

Son épaisseur est très-variable à Aden, et ce n'est pas le seul indice d'un exhaussement de la côte qu'on puisse y signaler, car dans la grande baie du nord, au pied du Djebel Shamsan, on voit encore les traces de plusieurs cordons littoraux successifs. Tout l'espace compris entre la route qui conduit à la ville et la mer, représente une grande plage soulevée. Si l'on en croit la description de la presqu'île par Buist, que j'ai déjà citée¹, on trouverait des preuves d'un exhaussement beaucoup plus considérable, mais aussi plus ancien, dans des amas de projections sous-marines, remplis de coquilles, qui se trouveraient maintenant portés à une grande hauteur. M. Malcolson (chronique du journal *l'Institut*, 18 décembre 1844) cite de même à Steamer-Point, à plus de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer, une grande quantité de coquilles fossiles ; je ne révoque pas ces faits en doute, mais je dois dire que je n'ai rien observé de semblable.

Ce calcaire a déjà acquis assez de solidité pour pouvoir servir de pierre de construction ; on l'utilise encore pour fabriquer de la chaux ; il se divise en gros bancs compactes, très-coquillers, 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 ainsi être presque uniquement constituée par des roches éruptives récentes. Nulle contrée, je crois, n'en montre, réunie dans un petit espace, une pareille diversité ; les trachytes

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

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 continuelle¹. 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; 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

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'établir pendant plusieurs jours. Toute l'eau qui tombe, et qui glisse 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, où il ne peut se perdre une seule goutte d'eau.

Ces citernes, constructions véritablement gigantesques dues aux Romains et restaurées par les Anglais, depuis l'occupation, peuvent contenir des millions de mètres cubes d'eau. Elles n'ont jamais été remplies. Leur eau est surtout utilisée par les indigènes, qui viennent de tout ce territoire la chercher dans des outres en peau de bouc, moyennant une faible redevance.

Sur tout le littoral de Steamer-Point de grands établissements sont installés pour distiller l'eau de mer; l'eau ainsi obtenue de beaucoup préférable à la précédente sert à approvisionner les paquebots.

s'étaient sur leurs pentes, paraît aussi nette et aussi fraîche que si leurs 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 presqu'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 été accompagnée de projections violentes, ainsi que l'attestent les conglomérats qui s'y trouvent maintenant intercalés. Dans une seconde période, des phonolithes ont apparu, traversant, pour ainsi dire 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.

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 structure¹ 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

1. Voyez : Michel Lévy, *Mémoire sur les divers modes de structure des roches éruptives* (*Annales des Mines*, t. VIII, 1875, p. 337-438).

les décrirai successivement en suivant l'ordre naturel, c'est-à-dire en commençant par les plus anciens, après avoir, toutefois, présenté quelques considérations préliminaires, afin de bien définir la valeur des différents termes que je serai forcé d'employer pour les désigner.

MASSIF TRACHYTIQUE.

Sans parler des laves qui n'ont d'autre caractère commun que celui d'être sorties, à l'état fluide, par des cratères reconnaissables, les roches éruptives récentes se divisent généralement en deux grandes familles, les trachytes et les basaltes, qui comprennent la première des types toujours acides, caractérisés par la prédominance d'un feldspath riche en silice, la seconde, au contraire, les types les plus basiques.

C'est Haüy qui le premier, dans ses leçons au Jardin des plantes, se servit du terme de *trachyte*¹ pour désigner des roches volcaniques d'Auvergne poreuses ou scorifiées, caractérisées par « un feldspath blanchâtre ou gris cendré présentant un aspect raboteux, dont la cassure et même la surface paraissent comme striées », et cette appellation s'introduisit dans la science bien avant qu'il en eût publié la caractéristique². On admettait alors que ce feldspath particulier était invariablement l'orthose. Déjà bien longtemps auparavant (1789) Nose, dans ses lettres orographiques, avait appelé l'attention sur le rôle prédominant que joue dans certaines roches du Siebengebirg un feldspath vitreux pour lequel il avait proposé le nom de *Sanidine*.

Dans la suite, sans doute à cause de l'étymologie du mot ($\tau\rho\alpha\chi\upsilon\delta\varsigma$), on confondit sous ce nom toutes les roches de couleur

1. De Humboldt, *Cosmos*, t. IV, p. 617.

2. Haüy, *Traité de minéralogie*, 2^e édit., 1822, t. IV, p. 579.

claire, présentant une certaine rudesse au toucher. Ces dernières étaient loin d'être toutes exclusivement formées d'un feldspath vitreux; elles renfermaient d'autres feldspaths à clivages obliques, qu'on considéra d'abord avec Abich comme de l'albite, riche en potasse (kaliaibit)¹, puis, et avec plus de raison, comme de l'oligoclase.

Dans un mémoire important sur ce qu'il appelle le trachytisme des roches², Ch. Sainte-Claire Deville fit remarquer qu'Haüy, dans sa définition, avait visé une manière d'être du feldspath sans désigner une espèce en particulier, et que cette modification, qui rend le minéral vitreux et fendillé, pouvait aussi bien affecter l'oligoclase, le labrador et l'anorthite que l'orthose; il en conclut, dès lors, que le trachyte ne peut constituer une roche minéralogiquement déterminée, puisque toutes les roches feldspathiques sont susceptibles, par suite de certaines modifications dans leur structure, d'acquies cette structure particulière qui le caractérise. Dans la pensée de l'auteur, le terme de *trachyte*, ne correspondant à rien de défini, devait donc disparaître des classifications. Ces idées ne furent pas adoptées. On s'accorde, en effet, maintenant, pour réserver ce nom à celles des roches éruptives récentes qui, avec certains caractères de rugosité, présentent la sanidine comme élément essentiel. On groupe ensuite autour du trachyte ainsi caractérisé un grand nombre de roches (ponce, obsidienne, perlite...), qui ne sont considérées que comme des formes particulières de solidification des magmas trachytiques, avec d'autres dont la structure (porphyre trachytique), et même la composition (phonolithe), sont tout à fait différentes, mais chez lesquelles domine encore le même feldspath orthose vitreux.

La classification des roches si nombreuses et si variées de la grande famille trachytique a depuis longtemps préoccupé les

1. *Pogg. Ann.*, L, 131, *Sur la nature et la composition des roches volcaniques.*

2. *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, t. XLVIII, 3 janvier 1859.

lithologistes allemands ; aussi n'est-on pas étonné de voir von Richthofen, dans ses importantes études sur les roches du Siebenburg de Hongrie ¹, s'étendre longuement sur cette grave question. Il sépare des vrais trachytes tout un groupe de roches très-acides, dans lesquelles, outre la présence exclusive ou la prédominance de la sanidine, on distingue, au milieu d'une pâte felsitique, de la silice libre, et qu'il désigne sous le nom de *rhyolithes* ², parce qu'en Hongrie, dit-il, elles se montrent comme des masses qui ont été réellement fondues et qui ont coulé. Il joint à ces roches, que caractérisent encore le manque absolu d'augite et la fréquence de l'hornblende, les obsidiennes et les ponces, et prend alors pour type du trachyte une roche où domine l'oligoclase. Le professeur Zirkel ³, à qui nous empruntons ces détails, fait remarquer avec beaucoup de raison, que cette classification ne peut être adoptée, parce qu'on ne peut changer ainsi du tout au tout les désignations habituelles des roches. L'oligoclase, sans doute, a depuis longtemps été reconnu comme faisant partie des roches de la série trachytique, mais pas au point d'en devenir l'élément essentiel, ce rôle restant toujours à la sanidine. Il admet qu'on sépare des trachytes proprement dits les roches très-acides qui contiennent du quartz ; mais le terme de *rhyolithe* lui semble mal choisi, parce qu'il ne peut guère se justifier qu'en Hongrie, partout ailleurs ces mêmes roches ne possédant aucun caractère qui s'accorde avec une pareille désignation. Il propose alors de leur appliquer le nom de *trachyte quartzifère*, en le réservant aux roches cristallines, celles vitreuses ou scorifiées (obsidienne et ponce) ne pouvant rentrer dans ce groupe, et divise ensuite les trachytes proprement dits en trachyte à sanidine (*sanidin-trachyt*) et en trachyte

1. *Jahrb. d. d. geol. Reichs*, 1861, p. 153.

2. Presque en même temps, Rôth (*Annal. de Roches*, t. II, p. 164), sentant le besoin de créer un nom particulier pour les roches trachytiques acides, proposa celui de *liparite*, à cause de leur grande extension dans les Lipari.

3. *Lehr. der Petrog.*, 1866.

à sanidine et à oligoclase (*sanidin-oligoklas-trachyt*). A la suite de ces derniers vient naturellement la phonolithe, qui, avec la sanidine, renferme encore un autre minéral essentiel décomposable par les acides (népheline).

La nécessité de séparer les trachytes à sanidine en deux groupes, ceux qui contiennent de la silice libre et ceux, au contraire, qui n'en contiennent pas, a frappé plus d'un observateur; d'autant plus que ces distinctions s'accordent avec les considérations d'âge, les premiers se trouvant toujours être les plus anciens. M. G. Szabo, professeur de géologie et de minéralogie à Budapest, après avoir basé une classification de ces roches, sur la nature de leur élément feldspathique, étend même cette division à chacun des termes de la série qu'il établit ainsi, et qui comprend deux catégories distinctes, les types normaux (*sanidin-trachyt, oligoklas-trachyt, labrador-trachyt, anorthi-trachyt*) et les types quartzeux (*sanidin-quartz-trachyt, oligoklas-quartz-trachyt, etc.*). Zirkel, de son côté, dans sa description du trachyte à oligoclase et à sanidine, qu'il désigne sous le nom d'*audésite*, avait déjà déclaré qu'on pouvait y reconnaître des variétés particulières riches en quartz, pour lesquelles le nom de *dacite* avait été créé. Les mêmes idées furent exposées, à différentes reprises, par M. Fouqué dans des leçons professées au Collège de France, où il montra que ces distinctions basées sur la présence ou sur l'absence de la silice libre n'étaient pas spéciales aux roches de la famille des trachytes, mais qu'elles pouvaient encore se faire dans celles à labrador de la famille des basaltes; je ferai voir, de mon côté, prochainement, qu'elles ne sont pas moins nettes dans les laves les plus basiques, caractérisées par la prédominance de l'anorthite, et qu'elles s'étendent par conséquent à toute la série des roches éruptives récentes.

TRACHYTES. — Les roches du massif trachytique d'Aden appartiennent en majeure partie aux trachytes quartzifères, tels que les a définis Zirkel. Les unes sont franchement cristallines et prennent une structure porphyroïde; d'autres, au contraire, deviennent

curitiques et passent à des variétés argiloïdes; toutes se distinguent par leurs colorations claires, roses ou violacées. La route en lacet qui monte du littoral jusqu'au col où se trouvent établies les portes de la ville, les traverse sur presque toute son étendue et en montre une bonne coupe. Dans les gorges profondes, taillées à pic sur 20 à 25 mètres de hauteur, qui précèdent les portes, on les voit, en effet, entrecoupées de filons qui se croisent dans tous les sens, et disposées de telle façon qu'il est possible de se rendre compte de leur ancienneté réciproque.

La plus ancienne paraît être un trachyte quartzifère typique, formé d'une pâte rougeâtre peu cristalline, au milieu de laquelle on distingue d'assez nombreux cristaux de quartz vitreux toujours arrondis, atteignant parfois les dimensions d'un pois, avec une grande quantité de sections bien développées (2 à 3 millimètres), d'un feldspath fendillé miroitant, qu'il est facile de reconnaître pour de la sanidine. Fréquemment on y discerne encore de petites veinules de calcédoine franchement postérieures à la consolidation de la roche, car on peut parfois les suivre jusqu'au travers des filons qui les traversent. Au-delà des portes, vers Aden, cette roche devient plus cristalline; les cristaux de quartz sont notablement plus nombreux, elle est en même temps souvent fissurée et toutes les fentes sont vernissées pour ainsi dire par des cristaux lamelleux de gypse.

Sa densité est 2,759.

Cette roche, taillée en lamelles minces et examinée au microscope à la lumière simple (pl. I, fig. 1), se montre remplie de cristaux de quartz en débris usés et profondément corrodés sur les bords, par suite de phénomènes mécaniques et chimiques intenses; leurs contours sont des plus irréguliers, et ne présentent presque plus trace d'arêtes rectilignes. La pâte de la roche est venue remplir les vides qui se sont ainsi produits, et qui pénètrent parfois bien avant dans l'intérieur du cristal (fig. 2); ces cavités ne communiquent au dehors que par un étroit canal, large de 0^{mm},005, tandis que leur diamètre inférieur est de 0^{mm},01. 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 tenté de croire qu'il a cristallisé dans la roche alors qu'elle était encore fluide, tandis qu'il est au contraire beaucoup plus ancien ; il a été amené tout consolidé, et c'est peut-être même avant l'épanchement que se sont produites les actions chimiques qui l'ont si profondément corrodé.

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

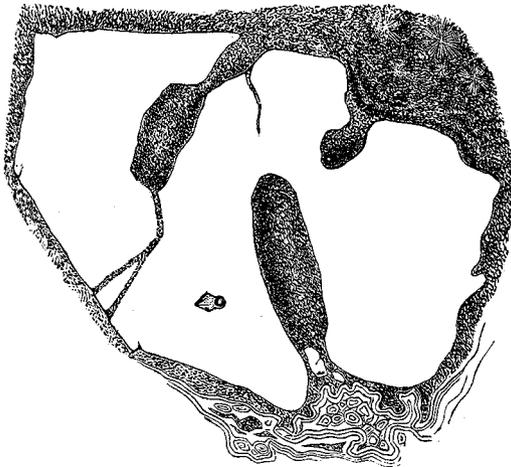


FIG. 2. Grossissement : 120 fois.

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 le quartz a pris naissance. Le feldspath est monoclinique ; ses cristaux, assez allongés, tantôt simples, tantôt groupés suivant la loi de Carlsbad, sont fortement altérés, et presque toujours corrodés sur une de leurs faces (pl. I, fig. 1). Leurs contours sont nettement accusés par des oxydes de fer, et notamment par de l'hématite, qui dessine autour d'eux une bordure d'un rouge brun très-foncé. Cette hématite s'est

encore infiltrée dans les cristaux, à travers les plans de clivage, et souvent elle y a cristallisé sous forme de 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 et 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/>
	99.72

Ce 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 noter que d'une façon tout à fait accidentelle la présence de l'amphibole (hornblende), dont je n'ai jamais vu qu'un ou deux cristaux, tout au plus, dans chacune de mes préparations ; ils paraissent noyés dans une pâte pétrosiliceuse rougie par les oxydations, entremêlée de petites bandes fluidales limpides, à contours indécis, qui se résout par place, 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, et dont les 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 une de ces bandes hyalithiques contournant le cristal de quartz.

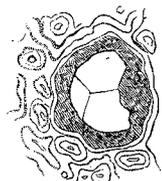


FIG. 3.

Grossissement :
220 diamètres.

D'autres fois, la tridymite s'isole au milieu d'une matière absolument amorphe (fig. 3), sans action sur la lumière polarisée, 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, c'est-à-dire du quartz hydraté, s'est alors séparée du

magma qui constituait la pâte. Les filets de calcédoine, qui se révélaient déjà très-facilement à l'examen macroscopique, ne sont pas abondants dans les préparations; ce sont évidemment des produits de remplissage; nous n'avons donc pas à en tenir compte.

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.

Cette dernière possède, en effet, la même composition minéralogique et la même texture, avec cette seule 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 ². Ces auréoles autour des quartz manquent complètement dans le trachyte d'Aden.

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).

2. 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.

Les analyses 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
Soude.	3.02	3.00
Perte au feu.	0.75	0.63
	<hr/>	<hr/>
	98.88	100.22

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 par MM. Fouqué et Michel Lévy, et provenant, les unes de la collection Beudant¹, 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 qui ont produit un résultat uniforme sur toutes les roches contemporaines, et non à de pures influences locales, produites soit pendant l'épanchement de la roche, soit postérieurement, par suite d'actions secondaires. S'il en était autrement, on s'expliquerait difficilement les relations qui existent si intimes entre la structure de ces roches et l'âge de leurs éruptions.

Au sortir des gorges, vers Aden, j'ai recueilli dans un talus

1. Voyage minéralogique en Hongrie.

d'éboulement, à gauche de la route, une variété très-intéressante de ce trachyte quartzifère, présentant une belle structure rubanée et se décomposant en zones rectilignes alternativement rosées ou brunâtres, entremêlées de petites bandes vitreuses cristallines très-régulières. 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 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 faible sur la lumière polarisée. Ce sont là les petites bandes qui paraissent si distinctement hyalines 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 et se comportent comme une substance entièrement cristallisée. Leur diamètre varie de 0^{mm},02 à 0^{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

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.

Settons et de Cussy, en Morvan). Les sphérolithes pétrosiliceux sont en relation constante avec les globules de quartz; il est évident que 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 simultanément¹.

Les trachytes quartzifères, au-delà des portes d'Aden, viennent s'adosser à une roche à peu près semblable, mais d'appa-

1. J'ai déjà signalé ces faits intéressants dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, t. V, p. 146, afin de montrer leur parfaite concordance avec les théories précédemment émises par M. Michel Lévy sur l'individualisation de la silice dans les sphérolithes. Je crois qu'il ne sera pas inutile de rappeler ici que ces sphérolithes si fréquents dans les roches acides et fluidales 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).

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 extinc-

rence plus euritique, et dans laquelle les cristaux de quartz sont très-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 roche¹.

Ces trachytes, qui ne doivent être considérés que comme deux variétés de la même roche, correspondant à deux phases d'épanchement successives, 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, toute différente, qui ne paraît pas avoir exercé d'influence notable sur les parois qui l'encaissent.

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

tion 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 quartzifiés (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.

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 là un fait qu'il importe de signaler.

ou s'allongent en petits filets vers les salbandes ; le centre du filon présente des parties moins serrées, d'un grain moins fin, qui paraissent même un peu bulleuses. Toutes ces petites vacuoles clairsemées 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 très-solidement soudés à la roche.

Au microscope, les premiers se reconnaissent pour de la sanidine ; ils appartiennent au système monoclinique et se présentent souvent maclés suivant la loi de Carlsbad ; leur aspect craquelé et les fines granulations qui, par place, troublent leur transparence, indiquent un commencement de décomposition. Les seconds sont, au contraire, très-manifestement tricliniques et composés d'un grand nombre de lamelles hémitropes, accolées parallèlement à g^1 , qui s'éteignent entre les nicols croisés quand leurs arêtes longitudinales font un angle de 2 à 3 degrés avec la section principale de l'un des nicols. Ce là sont les caractères qu'on sait appartenir à l'oligoclase depuis les belles recherches de M. Des Cloiseaux sur les propriétés optiques des principaux feldspaths tricliniques¹.

J'ai voulu vérifier cette détermination par une analyse ; la dimension ($1^{\text{mm}},5$ sur $0^{\text{mm}},9$ en moyenne), et les formes tricliniques si nettes de ce feldspath, qui se décelaient jusques dans les plus petits fragments, rendaient, en effet, sa séparation possible. 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 par-

1. Des Cloiseaux, *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 physiologie*, 5^e série, t. IV, 1875).

faitement purs, dont la composition fut exactement celle de l'oligoclase, ainsi qu'on peut en juger par les résultats suivants :

Silice	61.44	
Alumine.	21.53	
Oxyde de fer.	3.25	Rapport de l'oxygène de la silice
Chaux.	5.32	et des bases monoxydes.
Magnésie	0.26	1 : 3 : 9
Soude.	6.71	
Potasse	1.37	Densité : 2.75.
	99.87	
Perte	0.13	

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 la même substance dans toute la roche où elle se trouve disséminée, tantôt en granulations fines, tantôt en plaques assez étendues, sans contours bien définis, d'où partent comme un réseau de filets minces qui s'entre-croisent dans toutes les directions. C'est à ce produit d'altération que sont dues les teintes jaunes, signalées tout à l'heure. La pâte de la roche est manifestement cristallisée et se compose d'un grand nombre de microlithes feldspathiques alignés et disposés en petites traînées fluidales, au milieu desquels 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^{mm},002 sur une longueur de 0^{mm},03. Ils sont très-brillants, ce qui indique un indice de réfraction élevé, et s'éteignent entre les nicols croisés 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 albite¹. Mais ce qui

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 bouillant, on constate qu'ils ne s'altèrent en aucune façon.

rend surtout cette roche intéressante, c'est qu'elle est littéralement remplie de tridymite. Ce minéral, qui représente une nouvelle modification cristalline naturelle de l'acide silicique (densité : 2,2 à 2,3), découvert pour la première fois dans un tuf volcanique du Mexique par le docteur Vom Rath, fait maintenant, pour ainsi dire, partie intégrante de toutes les roches volcaniques; il se présente sous forme de tablettes hexagonales tantôt isolées, tantôt groupées, et le plus souvent criblées elles-mêmes de petits hexagones imbriqués, qui lui donnent l'apparence d'une mosaïque. Leur action sur la lumière polarisée est nulle, mais cependant encore manifeste, quand plusieurs de ces lamelles sont superposées.

Dans le centre du filon, ces tablettes sont magnifiquement développées (fig. 4); les microlithes feldspathiques, ordinairement si serrés les uns contre les autres, s'écartent autour d'elles en s'espaçant. Une coupe faite dans un échantillon provenant des salbandes, ne la montre plus aussi distincte, mais là on peut surprendre leur mode de formation; on voit que la silice s'est séparée de la pâte, d'abord à l'état d'opale et n'a pris que plus tard la forme cristalline de la tridymite.

Cette séparation s'est produite pendant le remplissage du filon; sans doute que la roche s'est trouvée traversée, au moment de sa consolidation, par des dégagements abondants de vapeur d'eau qui agissant comme des acides puissants sur les silicates, dont elle se composait, ont mis la silice en liberté; les parties centrales, qui sont restées plus longtemps pâteuses, ont servi de canaux à ces dégagements, c'est pourquoi la tridymite y est beaucoup plus abondante que partout ailleurs. Les altérations qui ont produit la matière chloriteuse, sont franchement postérieures, car cette substance traverse aussi bien la tridymite et

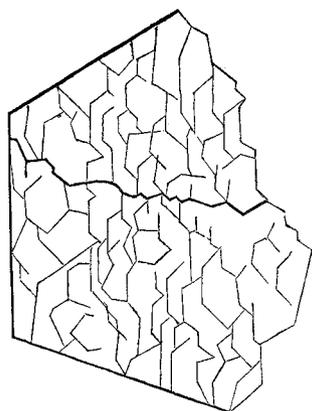


FIG. 4. Tridymite dans un dyke trachytique d'Aden (Grossf. 120 f.)

les bandes opalescentes que les autres parties de la roche.

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 seule différence qu'elle est légèrement rougeâtre, plus compacte, presque jaspoïde, et que les taches chloriteuses y sont peu distinctes. Au microscope, elle apparaît entièrement cristallisée et se montre composée des mêmes microlithes albitiques, mais ils sont alors enchevêtrés confusément, sans le moindre indice de fluidalité, ce qui dénote qu'elle s'est prise en masse et pour ainsi dire subitement, après son mouvement d'ascension. Tous les grands cristaux, fer oxydulé, oligoclase et sanidine, sont beaucoup plus nets et ne portent pas de traces d'altérations; ces derniers 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 retrouve un nouveau dyke, presque aussi épais que le premier, qui redevient tout à fait analogue. La chlorite y est seulement beaucoup plus abondante et se trouve toujours associée à du carbonate de chaux.

Cette substance magnésienne et hydratée, que je désigne ici sous le nom de *chlorite*, se présente alors en petites masses onctueuses d'un jaune de soufre, qui se montrent au microscope, comme un produit de décomposition du feldspath¹. 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.

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).

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 de cette roche prise dans son plus grand état de pureté, c'est-à-dire dans un filon mince, m'a fourni les résultats suivants :

Silice	72.52	
Alumine	9.47	
Oxyde de fer.	4.33	
Chaux.	1.60	
Magnésie	0.95	
Potasse	2.19	Perte au feu : 0.96
Soude.	8.83	Densité : 2.61
	<hr/>	
	99.89	

La grande proportion de soude que dénote 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 petro-siliceuse, non cristalline, avec quelques cristaux al-

longés de feldspath, mal définis; mais pour arriver à des notions plus exactes sur leur structure, aussi bien que sur la nature des éléments 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 d'un feldspath triclinique qui paraît encore être de l'albite, et quelques rares sections monocliniques plus développées (sanidine) ayant en moyenne $0^{\text{mm}},04$ sur $0^{\text{mm}},02$, entourées d'une matière sphérolithique stéatiteuse, qui a résisté en partie à l'acide et polarise encore assez vivement la lumière.

Plus loin, un peu après le premier poste de police, la route entame un monticule peu élevé, où on retrouve la même roche moins altérée. Elle se fait remarquer là par une grande ténacité; son grain fin et homogène lui donne une apparence euritique. Dans les cassures fraîches, qui sont légèrement rougeâtres, avec des parties grisâtres, plus claires, on distingue facilement de petites sections rectangulaires miroitantes, qui appartiennent à la sanidine. Au microscope, ces mêmes cristaux, larges de $0^{\text{mm}},5$ à 1 millimètre, longs de 2 à 3 millimètres, simples ou groupés, suivant la loi de Baveno, paraissent pénétrés, de même que tout l'ensemble de la roche, d'infiltrations ferrugineuses d'un beau rouge orangé (limonite) et présentent quelques rares inclusions cristallines (hexagones allongés, ayant $0^{\text{mm}},008$ de large sur $0^{\text{mm}},025$ de long), polarisant vivement la lumière, qui ne peuvent être rapportées qu'à du quartz. L'albite y existe non-seulement à l'état microlithique, mais encore en grands cristaux, toujours fort rares, très-tricliniques et s'éteignant dans la lumière polarisée presque parallèlement à leurs arêtes. Le carbonate de chaux, au lieu de se concentrer en petites masses globulaires, s'étale en plages irrégulières, contre lesquelles on remarque de petits amas de tridymite, dont on pouvait, du reste,

déjà soupçonner la présence dans les plaques minces précédentes, après leur traitement par l'acide.

Cette même tridymite se remarque encore dans une nouvelle roche trachytique dès 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 la distillerie et les fabriques de glace, sur le littoral, en face de l'îlot Flint. Cette roche, d'une belle coloration brune, mériterait à plus d'un titre l'appellation de *rhyolithe*¹ dans le sens même que lui a attribué von Richtofen ; elle possède, en effet, une belle structure fluidale, qui lui donne une apparence zonée et 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, et laisse voir de nombreux cristaux de feldspath, alignés dans le sens de la fluidalité. 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, qui parfois sont complètement hyalines, s'éteignent complètement, tandis que les parties plus foncées, d'une belle coloration jaune à la lumière simple, s'illuminent encore faiblement sous les prismes de Nicol croisés 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 et comme noyés dans les bandes fluidales. Des cristaux d'orthose cassés, et cor-

1. Il me semble qu'on pourrait réserver le terme de *rhyolithe* pour désigner celles des roches trachytiques acides qui ne sont plus complètement cristallines, mais qui présentent une pâte amorphe dont la teneur élevée en silice deviendrait caractéristique. Ces roches sont toujours manifestement fluidales.

rodés dans tous les sens, associés à quelques rares minéraux ferrugineux, pyroxène, amphibole (?) et 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).

M. Fouqué, dans ses études si minutieuses sur les laves de

Santorin, a déjà montré que cette silice hydratée, dont le principal caractère est d'être amorphe et qui, par conséquent, ne doit exercer aucune action sur la lumière polarisée, possède des tendances à cristalliser et passe ainsi à la calcédoine qui n'est autre chose, d'après la définition même de M. Des Cloizeaux, « qu'un mélange mécanique intime de quartz amorphe et de quartz cristallisé. »

On en voit ici une nouvelle et éclatante confirmation. Soit dans les bandes hyalines, dont je viens de

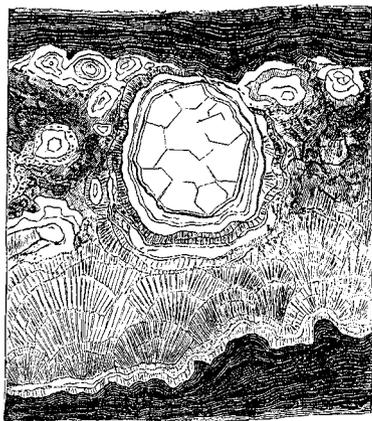


FIG. 5. Opale, tridymite et calcédoine dans le trachyte rhyolitique d'Aden. (Grossissement 170 d.)

parler (fig. 5), soit et surtout, autour des amas de cristaux d'orthose, l'opale, en effet, 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 à cette forme bien connue et si caractéristique qu'on réserve le nom d'*hyalite*; 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 prismes de Nicol croisés, avec une nuance particulière, par suite de différences d'élasticité et devient ainsi dis-

tincte. 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 trachyitiques latéraux des portes d'Aden ;

2° L'opale gélatineuse, complètement transparente et limpide, 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 figure 5. Les bandes concentriques et les sphéroïdes prennent ensuite une structure radiée, leurs granules s'allongent et se transforment en fines aiguilles, qui s'illuminent chacune 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.

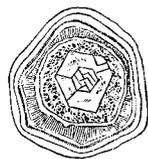


FIG. 6.
(Gross^t 220 d.)

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 figures 5 et 6, dont je puis garantir l'exactitude, car je les ai moi-même dessinées directement sur les bois, à la chambre claire, de même que toutes celles qui accompagnent le présent travail.

PHONOLITHES. — Les conglomérats trachyitiques qui précèdent sont traversés et recouverts par une phonolithe rougeâtre, qui s'est épanchée à travers de grandes fissures, larges de 10 à 15 mètres et distantes d'une centaine de mètres tout au plus. Cette phonolithe justifie bien son nom, car elle est sonore, schisteuse et se découpe en aiguilles à l'extrémité de chacun de ses filons : elle paraît avoir

exercé une action assez énergique sur les roches encaissantes, car ces dernières, jusqu'à une grande distance des salbandes, sont profondément modifiées; sans doute que son émission a été accompagnée d'un dégagement considérable de gaz, et de vapeurs, qui ont pénétré tout le massif des conglomérats sous-jacents. La surface de chacun des blocs dont ils se composent, est en effet très-altérée et couverte entièrement d'une matière stéatiteuse jaune-verdâtre.

Cette roche est généralement très-compacte, d'un rouge brun, tantôt uniforme, tantôt nuancé de parties grises ou violacées; on y distingue quelques petites lamelles minces, miroitantes, très-transparentes qui, à la loupe, paraissent comme striées, avec de nombreux cristaux, mal définis d'un feldspath blanc, opaque, dont les dimensions n'excèdent guère 2 à 3 millimètres, presque toujours groupés, tandis que les précédents sont au contraire simples et très-isolés.

Au microscope, la pâte, entièrement cristallisée, paraît incolore, transparente, et se décompose en une infinité de petites sections rectangulaires entre-croisées, au milieu desquelles on aperçoit de temps à autre quelques sections hexagonales qui restent obscures dans toutes les positions, entre les nicols croisés; c'est là ce que quelques auteurs ont appelé si improprement le *verre néphélinique*, car il n'y a rien là qui puisse se comparer à une substance vitreuse, cette matière étant uniquement due à l'enchevêtrement d'une multitude de cristaux de néphéline. A la lumière simple, on ne perçoit pas de formes cristallines, à cause de la transparence de cette substance et de sa limpidité, mais dans la lumière polarisée, les cristaux, orientés dans tous les sens, s'illuminent différemment et deviennent par cela même très-distincts; leurs contours, surtout au voisinage des autres cristaux de la roche, sont parfois mal limités, la néphéline possédant au plus haut degré, comme le quartz, la propriété de se mouler sur les substances qu'elle englobe. De très-petits points noirs et quelques sections rectangulaires ou losangiques, disséminés dans toute la roche, sem-

blent devoir se rapporter au fer oxydulé ; mais en les examinant sous une lumière vive, comme celle qu'on peut obtenir avec un bec de gaz ou une forte lampe, on s'aperçoit que cette substance n'est pas complètement opaque, mais d'un brun très-foncé. Elle appartient à cette variété d'hématite opaque que les Allemands ont dénommée *Eisenglanz* ; la variété transparente, *Eisenglimmer*, du même minéral, se voit encore dans cette même roche, tantôt en lamelles hexagonales, d'un beau rouge orangé, non dichroïques ; tantôt en traînées irrégulières entre les cristaux. C'est elle qui communique à la roche sa couleur rouge. La sanidine y est en cristaux séparés, de 2 à 3 millimètres sur 1 millimètre, et renferme quelques rares inclusions d'apparence vitreuse, avec de longs prismes aiguillés d'hématite ; elle se retrouve encore à l'état microlithique au milieu des cristaux de néphéline, comme on peut le voir par l'examen chimique des plaques. Après une assez longue digestion dans l'acide chlorhydrique, la néphéline s'attaque et devient nuageuse, tandis que les petites sections d'orthose restent intactes et se distinguent dans la lumière polarisée sur un fond uniformément gris. L'augite, qui se trouve généralement peu abondant dans les phonolithes, est reconnaissable à ses petits cristaux prismatiques, non dichroïques, d'un vert tendre. Enfin on constate en dernier lieu, la présence d'un beau feldspath triclinique que je n'ai pu déterminer, parce que ses angles d'extinction sont trop variables, et qui paraît beaucoup plus récent que les cristaux précédents, car il contient des inclusions de pyroxène, et traverse souvent de part en part les cristaux de sanidine.

J'ai rapporté, du sommet du ravin où sont établies les citernes, une phonolithe toute différente, qui ne possède plus la même structure lamellaire et se présente, au contraire, en masses compactes, sans délit apparent ; ses nuances encore claires sont grises avec des parties violacées ou verdâtres. L'examen macroscopique n'y indique guère qu'un feldspath brillant, disséminé en sections rectangulaires, transparentes et lisses, longues, en

moyenne, de 3 millimètres et demi et larges de 2 millimètres; mais on remarque, dans la roche compacte, des parties poreuses, plus tendres, et dont les contours sont assez nettement limités. Ces parties, qui n'atteignent jamais plus de 1 à 2 centimètres carrés, se reconnaissent pour appartenir à une roche feldspathique particulière, très-altérée et toute différente de la phonolithe, dans laquelle elle se trouve maintenant englobée. Dans cette dernière, la néphéline est moins distincte que dans celle précédente, mais se trouve cependant encore distribuée partout. La sanidine y est bien développée, c'est elle qui donne ces grands cristaux qu'on discerne à l'œil nu; elle s'est développée *in situ*, car elle renferme, dans de larges inclusions, tous les minéraux de la roche; on y remarque encore de l'apatite, et des prismes incolores, allongés ($0^{\text{mm}},005$ sur $0^{\text{mm}},01$), disposés parallèlement aux faces latérales du cristal, mais sur la nature desquels je ne suis pas fixé, la sanidine dans laquelle ils sont inclus masquant complètement leurs propriétés optiques. Un feldspath triclinique ($0^{\text{mm}},5$ sur 1 millimètre) accompagne la sanidine; il est très-altéré. Ses lamelles, hémitropes, paraissent avoir subi de fortes compressions; leurs plans de séparation, au lieu d'être rectilignes, sont, en effet, sensiblement ondulés. Ses angles d'extinctions sont faibles, 3 degrés à 5 degrés tout au plus: il pourrait être rapporté à l'espèce albite, de même que d'autres petits cristaux microlithiques, très-allongés et striés, qui possèdent les mêmes caractères optiques et se trouvent enchevêtrés avec quelques très-petits cristaux de sanidine et la néphéline. Le fer oxydulé en petits granules noirs, ou en sections losangiques, y est très-abondant. Enfin, parmi les minéraux plus rares que cette roche renferme, il faut citer l'augite et la noséane avec ses inclusions régulières si caractéristiques.

Cette roche est souvent profondément altérée, pénétrée par de la chlorite verdâtre et par de la limonite qui provient de l'altération du fer oxydulé. Mais, dans les grandes inclusions des sanidines, on l'aperçoit toujours dans un grand état de pureté, parce qu'elle a été préservée par son enveloppe feldspathique; elle se

compose alors uniquement de néphéline, d'orthose et de magnétite : ce sont là ses trois éléments essentiels.

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, qu'il est facile de reconnaître pour du feldspath. Sa structure devient très-nette au microscope, elle est entièrement cristalline 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, transparente, qui forme parfois des plages assez étendues, peu dichroïques ; c'est là un produit secondaire d'altération, de même qu'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 trouvaient 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 étaient particulièrement nettes, très-larges, et d'autant plus visibles, qu'elles se trouvaient remplies par une chlorite, ou des oxydes de fer très-colorés. La photographie n° 3 de la planche 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 soient 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 figure 4 de la planche I reproduit tous les détails.

Les ponces blanches et soyeuses, qui se voient en amas irréguliers, au milieu des escarpements dans le sud du Post-Office, ne présentent par 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 du système triclinique, 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 petites 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 et tous alignés avec 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 clivages 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 par un mât de pavillon; quelques travaux de peu d'importance ont, en effet, 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 larges de quelques décimètres et même de 1 mètre, remplies d'une roche carbonatée terreuse; sur le revers opposé, on remarque, associés à des téphrines, des amas de pouzzolanes noirâtres qui ont donné lieu à quelques exploitations.

La roche du dyke est d'un beau noir, peu compacte, finement poreuse et montre une tendance marquée à se subdiviser en feuillets. 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, tantôt courts, tantôt allongés, incolores ou légèrement verdâtres, qui s'éteignent obliquement dans la lumière polarisée, non dichroïques, et doivent par

conséquent se rapporter à l'espèce augite ; l'olivine y est rare, très-rare même, et toujours en cristaux très-émoussés, plus ou moins altérés, qui se reconnaissent encore à leur action vive sur la lumière polarisée. 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, larges de 0^{mm},5, longs de 0^{mm},7, qui présente souvent une macle à 45 degrés (labrador).

Parmi les produits d'altération, il faut citer la limonite, avec une matière chloriteuse verdâtre et concrétionnée qui tapisse ou même 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 qu'elle est absolument remplie d'hématite, qui lui communique sa couleur rouge.

Ce dyke a traversé des laves grises feuilletées, fortement redressées, qui se suivent jusque dans le monticule voisin (fig. 7), 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^{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, brisées et dont les morceaux, très-écartés les uns des autres, paraissent entraînés dans la roche. Les éléments

feldspathiques y 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

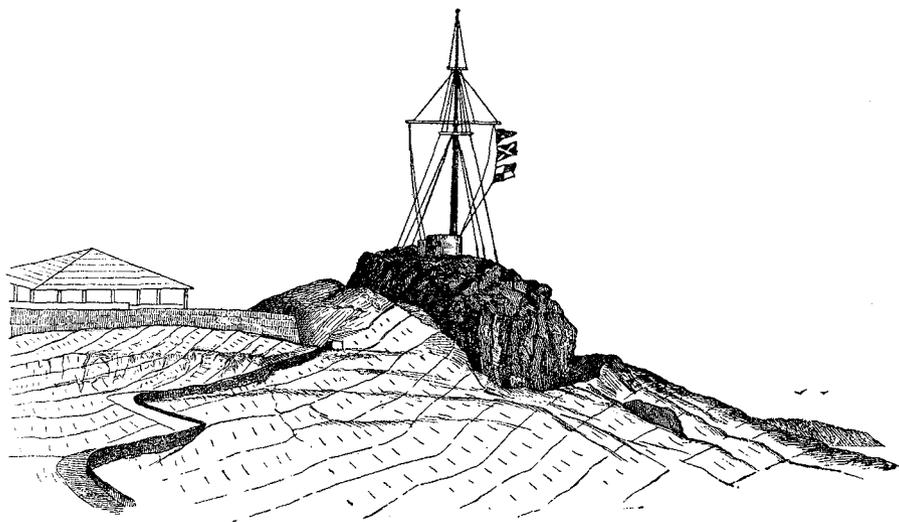


FIG. 7. Dyke basaltique dans les laves à anorthite d'Aden.

même matière chloriteuse que celle de la roche précédente, avec des oxydes de fer hydratés, s'y voit, 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 complète-

ment 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 donc 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 de cette catégorie.

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, distinctes les unes des autres par certains caractères minéralogiques et par leurs relations entre elles, mais qui forment cependant une série continue. Ce sont :

1° Des *trachytes quartzifères*, disposés par grandes masses centrales dans l'intérieur des massifs, caractérisés par l'état corrodé de deux de leurs éléments, quartz et sanidine, et présentant une pâte pétrosiliceuse dans laquelle la silice, après s'être séparée 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 à sanidine avec albite*, en filons au travers des précédents; et dans lesquels la pâte encore très-siliceuse 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'altérations secondaires qui se sont produites dans certaines conditions, pendant l'épanchement de la roche;

3° Des *trachytes oligoclasifères*, qui recouvrent des espaces assez considérables et sont accompagnés de conglomérats souvent très-épais, composés en grande partie de blocs volumineux d'un trachyte siliceux de nature rhyolithique;

4° Des *phonolithes* assez complexes, mais toutes riches en néphéline ;

5° Des accidents partiels, composés de *perlites*, de *ponces* et de quelques produits de projection très-particuliers ;

6° Des *laves trachytiques*, poreuses et de couleurs claires, 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 ; ils passent, au contraire, des uns aux autres par une série de transitions ménagées. Les microlithes albitiques et la grande teneur en soude des trachytes en filons persistent dans les trachytes oligoclasifères qui leur succèdent chronologiquement. L'oligoclase de ces dernières roches se retrouve dans les phonolithes qui, à leur tour, ont cédé leur néphéline aux laves trachytiques.

Les variations les plus importantes se trouvent ainsi non dans la composition minéralogique, mais dans la texture, et 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 anciennes¹ ; elles viennent généraliser, en les 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 microlithique et leur nature encore presque exclusivement feldspathique ; mais les feldspaths qui entrent dans leur composition sont totalement différents des précédents. L'olivine y est peu abondante.

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).

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 Duplex* 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, ami de l'un de nous, s'était joint à notre petite caravane.

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 passions 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 fatigues, après une marche forcée, à travers des plateaux inondés, transformés en véritables lacs, où l'eau nous arrivait 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. Cicéri, 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'efforcerai surtout de bien définir la composition des divers produits volcaniques, ainsi que leurs variations dans les différents massifs traversés. C'est, du reste, sous ce dernier rapport que l'île était le moins connue, tous les travaux antérieurs ayant été faits à un point de vue purement descriptif.

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-Vincent¹, dans lequel on trouve une quantité d'excellentes observations sur l'histoire naturelle; les *Notes*, si instructives de M. L. Maillard²; les *Annales de l'île de Bourbon* (1817-1872) et les *Relations des deux voyages* de Legentil³. Tout dernièrement enfin, un géologue bien connu, le docteur Richard von Drasche, qui parcourt en ce moment l'Asie orientale, a donné dans les miscellanées minéralogiques de Tschermark⁴ 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.

1. 4 volumes in-8° avec un atlas de 58 planches. Paris, 1804.
2. 1 volume 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 1).

DESCRIPTION GÉNÉRALE.

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

nelles, est beaucoup plus riant : sa végétation, tout à fait différente, est en rapport avec 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, c'est-à-dire 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 très-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 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-Etienne, 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, la partie centrale qui domine ces dépressions était occupée 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

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

fond de ces profondes coupées, apparaissent maintenant les roches qui forment, en quelque sorte, 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 et témoignent de l'activité prodigieuse de son ancien volcan aujourd'hui effondré. Les forces éruptives ne s'y trahissent plus maintenant que par des sources thermales abondantes, qui se font jour dans chacun des cirques dont je viens de parler.

L'activité volcanique, après avoir ainsi disparu de ce massif ancien, s'est successivement déplacée du nord-ouest au sud-est¹, en donnant à l'île, primitivement ronde, la forme allongée que l'on sait ; elle 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, pour ainsi dire, en cascade et limités chacun par de hautes et grandes 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 déverse tous les ans dans le Grand-Brûlé des torrents de laves. Indépendamment 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

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.

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'infiltrent 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 qui, eux-mêmes, pendant la saison des pluies, deviennent de véritables agents de dévastation, entraînent à la mer tous ces 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 surplombent et séparent les cirques tendent ainsi à disparaître. Ce que le feu avait produit, l'eau s'acharne maintenant à le détruire.

1. Le 26 novembre 1875, tout le terrain compris entre la mare d'Affouches et le 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 Mafatte, 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*.

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, et sur lesquelles s'étagent quelques plants de café. La roche affleure en maints endroits, et l'on distingue alors quelques couches de laves poreuses noires ou grisâtres, dont les surfaces, très-tourmentées, portent encore des traces manifestes d'étirement, indiquant qu'elles ont dû se consolider sur un sol très-incliné. Ces laves sont souvent très-décomposées; dans les cassures fraîches leur pâte paraît compacte, peu cristalline; on y discerne seulement, à l'œil nu, quelques cristaux blancs, d'un feldspath strié.

L'analyse microscopique y décèle surtout une belle structure fluidale; des microlithes feldspathiques tricliniques s'alignent dans une direction marquée, qui n'est autre que celle du mouvement de la roche, et s'entremêlent avec les petits prismes allongés d'un pyroxène augite, très-abondant, associés à de nombreux granules de magnétite. Tout ce système dessine de véritables traînées qui viennent buter contre les gros cristaux de feldspath, et les contournent comme des obstacles. Ceux-ci, très-peu transparents, salis par des oxydes de fer, sont presque toujours brisés et paraissent être du labrador¹. Enfin le péridot n'y

1. D'après un essai, fait sur la roche en bloc; mais je dois dire que l'échantillon examiné, recueilli tout à fait à la surface du sol, était très-altéré.

est pas rare, mais il est en grains irréguliers, de dimensions très-réduites ($0^{\text{mm}},08$), souvent transformés en une matière serpentineuse, agissant vivement sur la lumière polarisée.

L'inclinaison des coulées ne paraît pas augmenter sensiblement avec la montée; la route les traverse, ainsi qu'on peut s'en rendre compte facilement au pont Payette, sur la Ravine sèche (490 mètres), puis elle passe au milieu de laves noires scoriacées tout à fait différentes, qui reposent sur des amas de scories d'épaisseur variable; cette nouvelle roche, beaucoup plus riche en olivine que la précédente, ne présente pas la même structure fluidale. Ses éléments cristallins, feldspath triclinique, augite et fer oxydulé, sont pour ainsi dire noyés dans une pâte vitreuse très-développée.

Ces laves sont recouvertes d'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 avons 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 4 000 à 5 000 hectares, encaissé dans des remparts à pic¹ qui s'ouvrent au nord-est, et rappellent par leur forme les enclos du volcan. L'abrupte de ces hautes murailles est partout couvert 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 (1804), on n'en trouve maintenant plus trace.

Son sous-sol est constitué par une lave grisâtre, scoriacée, tout à fait analogue à la première de 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, étaient encore très-mouvementées. La roche paraissait également très-oxydée, mais surtout à la partie inférieure, qui était entièrement recouverte d'un enduit ocracé, pulvérulent; les vacuoles nombreuses qui la traversent, étaient de même tapissées par cet enduit ferrugineux, ou d'autres fois par une sorte de poussière bleuâtre de nature siliceuse.

Cette lave est d'une faible densité : 2,43, très-celluleuse, et de couleur claire, plus ou moins grisâtre; avec une forte loupe on y distingue d'assez nombreuses petites sections blanchâtres, de nature feldspathique, et quelques grains vitreux, fréquemment irisés, très-clair-semés (olivine). L'examen microscopique y décele à la lumière simple, au milieu d'une pâte transparente très-développée, de nombreux microlithes feldspathiques, quelques grains de péridot arrondis, entourés d'une large bande ferru-

1. Au sud-ouest, rempart de la Grande-Montée; au nord-ouest, rempart des Songes; au sud-est, rempart des Tabacs et de Saint-François.

gineuse, avec une infinité de petites sections de fer oxydulé, simples ou groupées en forme de chapelets, qui se logent entre les interstices des cristaux, les contournent et pénètrent dans les plans de clivage. A la lumière polarisée, l'aspect de la roche est tout différent; la pâte, en apparence vitreuse, se résout en une infinité de granules ou de cristaux mal définis, mais dans lesquels on reconnaît encore quelques-uns des clivages si caractéristiques de l'augite : ils en ont, du reste, toutes les propriétés optiques. Le péridot apparaît également entièrement cristallisé, ses arêtes vives s'illuminent sous la couche de limonite qui les recouvre; il a donc pris naissance au sein de la roche, ainsi que l'attestent les inclusions d'augite et de fer oxydulé qu'il renferme. Le feldspath y est nettement triclinique, il s'y trouve en microlithes allongés, mal terminés, composés généralement de deux à trois lamelles hémitropes, ainsi qu'en cristaux plus grands, larges de 0^{mm},02, longs de 0^{mm},05, qui se rapportent au labrador. Cette lave est surtout de nature pyroxénique, elle recouvre toute la plaine; quant aux oxydes de fer et à la silice (hyalite) qui tapisse ses vacuoles, ce sont les résultats d'altérations secondaires qui se sont faits, aux dépens des minéraux ferrugineux de la roche, à la suite de quelques dégagements gazeux, peu de temps après sa consolidation.

De la plaine des Palmistes, il fallut nous élever à celle dite *des Cafres*, en franchissant le rempart de la Grande-Montée. Ce fut une ascension, sinon difficile, du moins longue et pénible à cause de l'abrupte de cette muraille à pic, haute de 300 mètres, qu'on ne peut franchir sans d'interminables lacets. Nous en atteignîmes le sommet (1 560 mètres) vers une heure de l'après-midi; la température était alors de +14 degrés, 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 Cilãos 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 ; 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, ce 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 réguliers¹, tandis qu'à gauche 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 le 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 ont présidé à la formation de ce relief singulier. Les pentes régulièrement inclinées qui environnent le piton des Neiges, s'étaient réunies à son sommet, qui 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'était pour ainsi dire affaissée 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, puis 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 1 600 mètres,

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

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 brunnâtre, très-riche en alcalis, dont on retire, par lixiviation, de nombreux cristaux d'augite et de péridot 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 qu'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 doivent, sans doute, à l'altitude à laquelle ils croissent, d'avoir été préservés et d'avoir échappé au déboisement général. Aux Tamarins succèdent d'inextricables fourrés, formés de ces Branles, *Salaxis arborescens*, et de ces Ambavilles, *Senecio ambavilla*, qui recouvrent au-delà de 1 700 mètres des étendues considérables. C'est là seulement qu'un guide devient nécessaire ; au

milieu de ces hautes et impénétrables bruyères, l'horizon est, en effet, presque toujours masqué, et la boussole affolée ne peut plus 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 des 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, sous lesquelles reposait quelqu'un des leurs.

Nous devions 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 inhospitalière ceux d'entre eux qui s'arrêteraient. Cette menace fut, à notre grand regret, mise à exécution : il nous fallut en laisser deux 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 ayons 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'obsidienne. 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 ses 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, immense brasier, 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 avons 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 degrés), absolument pressés les uns contre les autres, en affectant la forme et l'aspect de l'arragonite, supportaient chacun un petit fragment d'obsidienne. 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 : 1 880 mètres ².

Afin de réparer le temps perdu, nous nous mettions en route dès la première heure ; à 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, ou de ces fragments anguleux de lave vitreuse, que 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, brillante et compacte à la surface, complètement scoriacée au contraire dans l'intérieur. On ne peut y distinguer aucun élément cristallin, même à l'aide d'une forte loupe ; mais on y décèle au microscope, au milieu d'une pâte

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 empruntées à la carte de l'île au 1/150 000 de M. Maillard, et le plus souvent 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.

vitreuse d'un brun clair assez transparente, quelques microlithes d'un feldspath triclinique très-brillant, avec une infinité de petits cristaux, de dimensions presque microscopiques (de 0^{mm},04 à 0^{mm},01), qu'il est facile de reconnaître, à leurs formes cristallines parfaitement nettes et à leur action vive sur la lumière polarisée, pour du péridot ¹. C'est là un fait assez remarquable, car généralement, dans les laves, ce minéral se présente en cristaux plus volumineux, et toujours plus ou moins corrodés et brisés, parce qu'il a été un des premiers formé, ou arraché à quelque roche préexistante, et qu'il a été soumis pendant l'épanchement à des actions mécaniques et chimiques intenses. Un fait encore à noter dans cette masse vitreuse, c'est l'abondance des cristallites, et de ces filaments bizarrement enchevêtrés, connus sous le nom de *trichites*.

Après avoir contourné ou gravi quelques cônes de scories, nous atteignons les Hauts de la rivière des Remparts, vaste et profond *barranco* qui limite en quelque sorte, à l'ouest, le 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'abrupte 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 ², est ouverte dans d'épaisses couches de laves basaltiques grisâtres 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

1. Cette lave finement pulvérisée et traitée par l'acide fluorhydrique, laisse comme résidu de fort jolis petits cristaux de péridot, avec quelques rares octaèdres de fer oxydulé.

2. Rivière de l'Angevin, ravine Basse-Vallée, etc.

tordues et crevassées dans tous les sens, 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 irrégulières, dont les dimensions en longueur varient entre 3 et 8 centimètres, et dont les parois semblent vitreuses. Leur pâte est microcristalline; on y distingue de très-petites sections d'un feldspath grisâtre qui paraissent alignées et forment entre les vacuoles de fines traînées tortueuses; cette disposition particulière, la surface étirée des coulées, l'orientation des vacuoles, tout indique une grande fluidalité, qui s'accuse, du reste, encore bien davantage dans les plaques minces ¹.

La roche paraît, au microscope, entièrement cristallisée, et se compose d'abord de deux feldspaths : l'un, très-abondant en petits cristaux allongés de dimensions assez uniformes (0^{mm},01 sur 0^{mm},08), très-manifestement tricliniques, agissant vivement sur la lumière polarisée et s'éteignant souvent, entre les prismes de Nicol croisés, sous des angles de 25 à 27 degrés; l'autre, en sections beaucoup plus larges, mais toujours isolées et fort rares en réalité (0^{mm},2 sur 0^{mm},4), composées de deux à trois lamelles hémitropes, se colorant, entre les nicols croisés, des nuances les plus vives, et s'éteignant quand la section principale de l'un des prismes fait avec la ligne du plan des hémiedries un angle dépassant fréquemment 30 degrés.

Le premier est du labrador, tandis que le second semble devoir se rapporter à l'anorthite; dans les plaques minces soumises à une courte digestion dans l'acide chlorhydrique à chaud, ce dernier est, en effet, le seul qui prenne un aspect nuageux. Il paraît assez pur et ne contient en inclusions que du fer oxydulé, mais ses cristaux sont rarement terminés, quoique peu brisés; il est cependant certain qu'ils ont pris naissance dans la roche avant son épanchement, et que cette dernière les a amenés tout formés. Le fer oxydulé, répandu partout, tantôt en cristaux de formes nettement octaédriques, tantôt en granules groupés, affec-

1. Bory de Saint-Vincent, *loc. cit.*, vol. II, p. 406.

tant alors les figures les plus bizarres, se trouve mélangé à du fer titané moins abondant, mais bien reconnaissable à ses octaèdres très-allongés; c'est à ce dernier que sont dus, sans doute, de longs filets noirs qui se glissent entre les cristaux et dessinent fortement leurs contours. Les autres minéraux de la roche sont le péridot et l'augite, tous deux en proportion égale. L'augite est en cristaux d'un beau vert, bien développés et de toutes dimensions, souvent en sections très-allongées, parallèles aux faces h^1 , mais toujours brisées. Le péridot tout à fait remarquable, rempli d'inclusions de fer oxydulé, présente le cas inverse, c'est-à-dire qu'il se trouve répandu partout en très-petits granules arrondis, tandis que, de place en place, ses grands cristaux sont parfaitement nets, avec des arêtes vives.

Cette coulée est recouverte par des laves tout à fait vitreuses, peu épaisses, noires, fragiles, semblables à celles dont je viens d'analyser des fragments il n'y a qu'un instant. 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, brusquement le sol, entaillé comme à l'emporte-pièce, et rien, même à une faible distance, ne peut la faire soupçonner. Parfaitement circulaire, large et profonde de 150 à 200 mètres 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 jusqu'au fond du cratère, de telle sorte qu'avec une bonne jumelle on pouvait suffisamment l'exa-

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.

miner. Le sol, 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 dans 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 gros 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 que nous avons traversées pour aborder le cratère. Ces dernières, souvent discontinues, comme disloquées, étaient ensuite recouvertes par des amas de scories rouges ou noires, et de matériaux fragmentaires, traversés par de petites coulées d'une lave noire vitreuse, identique avec celle que nous avons trouvée sur la pente et ce système, très-développé surtout dans la paroi sud-est, formait alors le rebord supérieur du cratère (pl. XVI, fig. 1).

Quelques bancs de laves en surplomb, disposés par 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 anguleux, produites, non par des bulles de gaz, comme c'est le cas général, mais par des retraits réguliers; chacune d'elles semble occupée par un petit grain brillant de

péridot, encore à demi engagé dans la roche. C'est là le seul minéral qu'on puisse discerner à l'œil nu. Réduite en lamelle mince et examinée au microscope, elle apparaît entièrement cristallisée et composée essentiellement de microlithes feldspathiques, d'augite et de fer oxydulé. Le péridot y est rare, disséminé en gros cristaux arrondis, ayant en moyenne 0^{mm},5 de diamètre, remplis de fer oxydulé et de pores à gaz; ces dernières inclusions, toujours disposées par traînées rectilignes, se coupent sous des angles divers, et ne paraissent nullement en relation avec les directions probables des faces du cristal. Les microlithes feldspathiques (0^{mm},08 sur 0^{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	Perte au feu : 0,13
Chaux.	7.52	
Magnésie	1.23	
Potasse	2.92	
Soude.	3.64	Densité : 2.79
	<hr/>	
	99.92	

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 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^1 , 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 aussi quelques jolis octaèdres de fer oxydulé. Les inclusions gazeuses ont, en moyenne, 0^{mm},005 de diamètre ; elles sont irrégulièrement distribuées et très-réfringentes. Le fer magnétique est 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 paraît avoir cristallisé *in situ*, 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 et la magnétite sont antérieures à cette consolidation définitive. Quant au péridot, il a été entraîné pendant l'épanchement ; sa concentration au centre du filon indique le refroidissement, pour ainsi dire subit, des parties externes.

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, pour ainsi dire, 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 une structure schisteuse. Le feldspath des petites taches blanches est toujours en sections brisées, émoussées sur les arêtes, et tellement altérées, qu'il devient même 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.

Les coulées inférieures, absolument inabordables, à cause de l'abrupte 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-cristallisées, 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, très-serrés, suffisamment volumineux, pour que l'on puisse en déterminer les formes et les soumettre aux mesures goniométriques, 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 sont de deux sortes : les uns verdâtres, très-transparentes, cristallisés suivant la forme primitive de l'augite, c'est-à-dire en prismes rhomboïdaux obliques ; les autres, plus aplatis, complètement limpides, de nature feldspathique, et appartenant au système triclinique : ce sont de 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 ont

exercé sur ce dernier 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 englobent un fragment de quelque roche 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, due 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^{mm},05, et larges de 0^{mm},002, avec des extrémités fourchues. Quelques-uns, plus développés, mais toujours rares, sont composés de deux ou trois bandes hémitrophes, qui s'éteignent sous des angles de 25 degrés 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 faisceau. 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 com-

plète de l'augite, qui se trouvait si abondant 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 augite¹, formant autrefois un sol continu, et a ouvert 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 sa situation tout à fait exceptionnelle; placée, en effet, au sommet des grands escarpements qui, dans l'Est, dominant la rivière des Remparts, elle se trouve, pour ainsi dire, tangente à cette grande coupée et n'en est séparée 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 étonnés.

La figure 1 de la planche IX montre précisément cette brèche, mais 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 ac-

1. Il est probable que les laves à anorthite, qui recouvrent immédiatement celles à oligoclase, ne sont pas sorties de ce foyer, et lui sont également antérieures; mais je ne puis l'affirmer, mes notes n'étant pas suffisamment précises à cet égard.

compagnent descendre contre la paroi du rempart, qu'elles recouvrent dans toute sa hauteur, et 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 2 350 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 (2 300 mètres en moyenne), large de 1 500 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; puis 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 souterrains. La cime du volcan, qui, dans le lointain, dominait ce tableau si étrange, nous apparaissait pour

1. *Latania borbonica*, Lamarck.

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 cepen-



FIG. 8. La plaine des Sables et le Volcan, vus du sommet du premier enclos.

dant très-distincts, et souvent comme écartés les uns des autres.

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'olivine 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,

comme 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 parallèlement à leurs arêtes, et se rapportent ainsi à l'oligoclase. Quelques sections manifestement parallèles à g^1 , dans lesquelles la structure triclinique n'apparaît pas, le cristal ne se trouvant traversé que par de simples stries, et qui s'éteignent sous un angle de 2 à 3 degrés, viennent confirmer cette détermination. L'augite est en sections assez larges, d'un vert peu foncé, très-transparentes, mais le plus souvent mal terminées; quelques-unes, parallèles à 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'amphibole¹. J'ai dès lors cherché s'il n'y avait pas là

1. L'augite et l'amphibole sont deux minéraux qui souvent sont difficiles à distinguer entre eux au microscope. Le meilleur caractère pour les séparer réside dans la mesure des angles que font entre elles, sur les plaques parallèles à p , les traces des deux clivages faciles, parallèles aux faces m ; on sait, en effet, que cet angle est de 93 degrés pour le pyroxène et de $124^{\circ},30$ pour l'amphibole. Mais les coupes ne se présentent pas toujours ainsi, le plus souvent les cristaux sont couchés sur une de leurs faces latérales et les sections ne montrent qu'une direction de stries tordues, irrégulières dans le premier de ces deux minéraux, très-nettes et rectilignes au contraire dans le second. A ce caractère, M. Tschermak, le savant directeur du

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. Dix grammes de la roche finement pulvérisée, traités par cet acide, laissèrent un résidu de 5^e,60, qui se composait uniquement des cristaux en question, de fer oxydulé et de péridot. Le fer oxydulé fut enlevé à l'aide d'un barreau aimanté, le péridot 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		Perte au feu : 0,40
Oxyde ferreux	4.65	1.50	} 13,05
Oxyde ferrique.	5.76		
Oxyde manganeux	0.20	0.07	
Chaux.	21.82	6.23	
Magnésie	13.13	5.25	} Densité : 3.361.
Soude.	traces.		
		<hr/>	
	100.13		

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

En outre des petites traînées de fer oxydulé que j'ai précédemment signalées, on trouve encore dans la roche de très-beaux octaèdres de cette substance, ayant 0^{mm},1 de côté, toujours groupés par deux ou par trois. Quant au péridot, 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.

musée de minéralogie de Vienne, en a ajouté un autre qui donne des indications plus sûres, en montrant que l'amphibole, sous l'analyseur seul, était très-dichroïque, (*Sitzb. der Acad. der Wissensch. Wien*, t. LIX, 1^{re} partie, p. 9), tandis que l'augite restait passif dans les mêmes conditions.

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'éruption¹. 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 prismes, sont autant de faits qui rendent cette explication vraisemblable. Il est, dans tous les cas, impossible de les croire 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 encore 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.

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 Comerson, 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 normes 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 en terminant¹, 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, si habituelles dans les 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 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 grains de péridot 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

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

concrétions mamelonnées de même nature, complètement transparentes.

Cette roche, au microscope, se montre encore entièrement cristallisée, elle correspond exactement à celle 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 ($0^{\text{mm}},4$ sur $0^{\text{mm}},08$) 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 $0^{\text{mm}},3$ sur $0^{\text{mm}},1$. 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 inclusion dans tous les autres éléments. Le périclase 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'Aden¹. 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

1. *Anté*, p. 22.

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 manqué 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 apparaît tardivement, tandis que ce feldspath domine, au contraire, dans les premières coulées du volcan actuel, dont les produits deviennent alors de plus en plus basiques par suite de l'appauvrissement en silice du magma fluide interne. 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.

Le rempart, en haut du pas des Sables, a 2 431 mètres d'altitude, la plaine qui s'étale à ses pieds est abaissée à 2 296 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 2 360 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 d'un 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 petite 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 vacoua¹, 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 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-ils 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 ; ils constituent à la base de ces derniers un sol mouvant très-incliné, 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-à-dire qu'ils sont dus à de véritables jets de laves visqueuses, qui se sont élancés hors des cratères si nombreux de la plaine, et se sont étirés en se séparant brusquement de la masse en fusion.

Dès que ces laves furent en contact avec l'atmosphère, elles se coagulèrent immédiatement à la surface, puis laissèrent échapper une quantité considérable de vapeurs, d'où leur aspect tuméfié ;

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 *vagois* 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.

entièrement consolidées et fissurées dans tous les sens, au moment de leur chute sur le sol elles s'y brisèrent 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 qu'elles s'étalaient autrefois en une coulée continue, qui, s'étant trouvée, lors de sa sortie, en contact immédiat avec des grandes masses, s'est refroidie brusquement et par suite fendillée en parcelles presque régulières¹ ; d'autres ont pensé qu'elles provenaient des parties superficielles de quelques courants de laves 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 gouttellettes pyriformes qu'on y remarque fréquemment, sont autant de faits dont ne peuvent rendre compte ni l'une ni l'autre de ces deux hypothèses².

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 décompo-

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

sables par les acides, elles fondent facilement au chalumeau en une perle d'un beau noir de poix¹ 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. En outre des 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

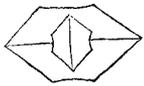


FIG. 9.



FIG. 10.



FIG. 11.

(Gross. 80 diamètres.)

transparence. Dans les parties claires de la pâte, on remarque un grand nombre de formes cristallines assez singulières, comme celles que représentent les figures 9, 10 et 11, qui in-

diquent un commencement de cristallisation du 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 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 figures 12 et 13.

ici dans le sens absolu de l'étymologie du mot (*Lapillus*, petit fragment), car elles ne ressemblent en rien aux *Lapilli* des Italiens.

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

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,004.



FIG. 12. FIG. 13.
(Gross. 120 diam.)

Ces 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 composés uniquement de cristaux brisés, plus ou moins roulés, de péridot 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 $h^1 m g^1 b^1 \frac{1}{2}$, 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 péridot, 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 $h^1 g^1$; $p a^1 e^1 e^{\frac{1}{2}}$. 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 $h^1 g^3 a^1 b^{\frac{2}{3}}$ 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 péridot 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'ils sont assez nombreux 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-ils été vomis par les volcans sous la forme où ils se présentent¹? » 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

1. *Loc. cit.*, t. II, p. 423.

de cristaux au démantèlement de quelques coulées basaltiques, surchargées de péricot, comme celles rejetées habituellement par le volcan ; mais dans ces laves, le pyroxène et le péricot, très-abondants sans doute, sont tout à fait différents ; ce dernier en particulier s'y montre toujours rempli d'inclusions vitreuses, tandis que celui des Sables n'en contient pas et ne saurait par conséquent avoir la même origine. La composition de ces deux péricots est, de plus, loin d'être la même, ainsi qu'on peut en juger par les deux analyses suivantes :

1. — PÉRIDOT DE LA PLAINE DES SABLES.				2. — 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	4.39	} 21.64	13.24	2.94	} 21.22	
Oxyde manganoux .	»			0.15	0.03		
Chaux.	2.03	0.58		1.08	0.31		
Magnésie	49.18	19.67		44.90	17.96		
Acide titanique . .	»		D = 3,364	traces		D = 3,409	
	<hr/>			<hr/>			
	99.80			100.03			

Le péricot de la plaine des Sables se distingue par sa faible teneur en protoxyde de fer, aussi bien qu'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 péricot des roches volcaniques une proportion de chaux presque égale¹ ou même plus grande².

1. 2.35 dans le péricot d'un basalte de Petschau (Bohême), par Rammelsberg ; *Handuch der Mineralchemie*, p. 438, n° 10.

2. 2.90 et 3.97 dans divers péricots extraits des laves de Santorin, par M. Fouqué ;

Celui des laves est beaucoup plus ferrugineux ; sa composition est bien voisine de celle des péridots du Vésuve, analysés par Walmstedt et Kalle¹ (tandis que le précédent se rapproche plutôt, à ce point de vue, de ceux 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 petites 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.

Ces sables péridotiques et les projections vitreuses qui donnent à cette plaine aride un aspect si triste et si monotone, reposent sur des roches grisâtres à base d'oligoclase et d'augite, très-analogues à celles de la plaine des Remparts, quoique plus riches en péridot. Indépendamment de ces laves 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.

Analyses des laves de la dernière éruption de Santorin, Mém. des savants. 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. Saint-Claire Deville; Etudes géol. sur les îles de Ténériffe et de Fogo, p. 141.

1. *Analyses des péridots du Vésuve : (a) Walmstedt ; (b) Kalle ; Rammelsberg, Mineralchemie, p. 428 :*

	Silice.	Alumine.	O. ferreux.	O. manganoux.	Magnésie.	Sommes.
(a)	40.12	0.14	45.32	0.29	44.54	100.41
(b)	40.35	«	42,34	«	46.70	99.39

Elles sont remarquablement riches en fer oxydulé et se composent essentiellement d'augite, disséminé en granules ou en cristaux assez nets dans une matière feldspathique, transparente, incolore, peu développée, qui se résout, entre les nicols croisés, en une infinité de petits microlithes dont les angles d'extinction oscillent entre 2 et 16 degrés. Ils appartiennent vraisemblablement à l'albite, tandis que quelques sections tricliniques plus rares, mais aussi plus développées (0^{mm},04 sur 0^{mm},09), s'éteignent sensiblement suivant la longueur, et se rapportent, par conséquent, à l'oligoclase. Le péridot ne n'y rencontre qu'à l'état de cristaux en débris, évidemment arrachés, très-isolés et toujours distincts à l'œil nu.

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'enelos ; 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 pitons, d'autres sont terminés par de véritables cratères, assez évasés, dont les coulées, tantôt se sont déversées par-dessus leurs bords, tantôt sont issues de fissures ouvertes sur leurs flancs, donnant lieu à des laves basiques entièrement vitrifiées, ou le plus souvent très-denses et très-compactes, absolument semblables à celles, riches en pyroxène, décrites plus haut¹.

Les appareils de ce vaste système éruptif sont en général peu

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.

élevés et chacun d'eux ne paraît avoir eu qu'une durée très-limitée ; il en est cependant quelques-uns, plus importants, qui s'élèvent à près de 100 mètres au-dessus du niveau de la plaine, le cratère Chisny par exemple, 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'éprouvais 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 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.

1. Planche X, fig. 1.

Mais le jour baissait, il nous fallut poursuivre notre route pour gagner, dans ces escarpements, un point praticable qui nous permit de les franchir, et vers cinq heures, après avoir longtemps suivi les crêtes, nous atteignîmes celui désigné 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 ils ont dû y passer la nuit, exposés à l'humidité et à un vent glacial. L'eau suinte, en effet, 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 barométriques ²; aussi la descente, qui ne peut se faire sans quelques

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.

2. 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, 1 000 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 2 556 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 : 2 370 mètres ; 2 366 mètres. L'altitude de la plaine des laves, à la base du rempart, est de 2 256 mètres.

difficultés, exige-t-elle près de trois quarts d'heure. C'est, à vrai dire, le seul endroit dangereux de toute cette ascension. 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 sur une autre. Partout, enfin, 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, 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 compacts, montrent une tendance à se subdiviser en prismes, comme ceux de la base du rempart des Sables ; elles en ont vraisemblablement la composition ¹ 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 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, à d'immenses cratères de soulèvement.

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

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 ; et de cette façon de nouveaux volcans ont pu s'établir 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

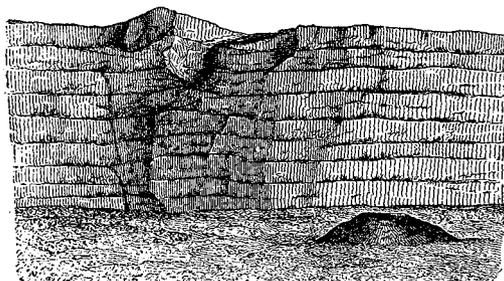


FIG. 14. Le Formica-leo au pied du rempart de Bellecombe.

éloigné ; c'est un cône assez étalé qui n'a rejeté uniquement 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 myrméléons, 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.

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'Étna, 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, et que je ne saurais mieux comparer qu'aux enroulements bizarres qui se produisent dans la combustion du sulfo-cyanure de mercure.

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 100¹, 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

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.

pâte cryptocristalline très-serrée, et criblées en même temps de grandes vacuoles. A l'œil nu, on ne peut y reconnaître qu'un péridot 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 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 *in situ*.

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 très-nombreuses et très-souvent maclées. Elles paraissent disséminées dans un verre transparent, peu coloré, qui se trouve être identique à celui 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 péridot 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 péridot à la lumière simple, si on ne les voyait traversées par deux systèmes de plans de clivages 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*¹ et *h*¹.

Avec ce pyroxène, des microlithes feldspathiques assez bien terminés dessinent par places une belle structure fluidale. Leur structure triclinique n'est pas très-nette, ils sont beaucoup plus réfringents que les grandes sections feldspathiques citées plus haut, et s'éteignent assez régulièrement sous des angles de 30 à 45 degrés, c'est-à-dire très-voisins de ceux de 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. Dans les mêmes conditions, les grands cristaux de feldspath ne sont pas altérés; mais ils ne résistent pas à l'acide bouillant; il convient donc de les rapporter au labrador.

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 profondément altéré les laves qui se sont trouvées fondues même, 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 1 200 mètres environ du Formica-leo, dans le Sud-Ouest, et forme cette grotte remarquable décrite par Bory¹ sous le nom de *caverne de Rosemond*, mais qu'on désigne plus souvent sous le nom de *la Chapelle*. Les deux

1. *Loc. cit.*, t. III, p. 59, et pl. XLVIII.



FIG. 15. — Une grotte sous les laves, au volcan de la Réunion.

dessins de M. le docteur Cassien, qui reproduisent, l'un (pl. XI) son aspect extérieur, l'autre (fig. 15) quelques détails 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 devaient 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 paraissait résulter du soulèvement de blocs énormes de laves, 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 laves aux couleurs rutilantes, qui descendent de la voûte et de toutes les saillies ; les parois latérales, colorées en rouge-brique, paraissent vernissées et ruisselantes. Au moment où nous visitâmes cette caverne, le soleil, pénétrant par toutes les ouvertures que les éboulements ont pratiqués dans la voûte, la rendait toute éblouissante de lumière ; 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 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.

Après de cette grotte, on remarque un petit nombre de cratères, 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 1873¹. 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 soupiriaux 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 reconnu dans des crevasses et dans les anfractuosités des scories, le long des parois, des chlorures de cuivre, en proportion notable, circonstance qui vient indiquer la haute température des émanations qui se sont faites par ces orifices.

Les coulées qui les ont envahis, ont, en se déversant par-dessus 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 solidifiés subitement et forment maintenant, contre la paroi, comme un rideau de câbles entrelacés. La planche 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 viscosité². C'est seulement au-delà de ces bouches volca-

1. *Mineral. Mitth. von Tschermark*, Heft IV, p. 223.

2. Ce fut autrefois une question, vivement agitée, de savoir si des laves pouvaient

niques, 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, sont, jusqu'aux deux tiers de la hauteur, revêtus de laves identiques à celles que nous venons de traverser, et que nous avons suivies sans interruption¹. 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

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 laves, 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 *Etudes sur les laves de l'Etna*, des exemples de pareils faits.

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. »

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 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 feldspa-

thiques, disposés en trainées rectilignes. C'est ainsi un verre basique, plus riche cependant en silice que les coulées que nous avons examinées sur les pentes, et qui sont dues à des épanchements latéraux; il en formait, pour ainsi dire, l'écume, qui, remplissant la partie supérieure de la cheminée volcanique, s'est ensuite déversée par-dessus les bords du cratère.

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 laves entassés sans ordre, et du milieu desquels se détachent deux petits cônes d'éruption, en partie détruits.

Ce foyer, dont l'activité fut si grande autrefois, si 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 dateaient 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 gaz¹, 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

1. *Loc. cit.*, t. II, p. 238; *id.*; *Atlas*, pl. XXXIV.

fumerolles qui se font jour à travers les fissures de la nappe solidifiée¹.

Maintenant, enfin, nous venons de voir qu'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 1875².

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 dernier³. 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 de feu ; il s'échappa de la montagne un courant de laves qui arriva à la mer le 13 juillet, après s'être pré-

1. *Notes sur la Réunion*, p. 128.

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

3. 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. »

cipité 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 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-mêmes¹ ».

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 mètres², 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 fit 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 par nous

1. Bory (*loc. cit.*, t. II, p. 244) estime que le volume des laves émises par le volcan dans cette coulée de juin 1791 atteignit 7 998 400 toises cubiques (51 837 000 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 1/150 000, M. Mailard donne à ce sommet une altitude un peu plus faible (2515 mètres).

avouer qu'il ignorait le chemin, et nous avons été obligés d'en chercher un nous-mêmes.

Les dimensions de ce troisième enclos (pl. X, fig. 2), que personne n'avait 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 rougêâtres, 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, tout 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 boursofflées 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 acides¹, 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.

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

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

en fusion. Ces gaz doivent souvent se trouver emprisonnés sous une pression considérable, car ils exercent sur les parois des cavités qui les enlagent 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 triclinaire. 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^{mm},006 et 0^{mm},004, et, pour la largeur, entre 0^{mm},003 et 0^{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 seules, que l'on peut considérer dans l'hypothèse de l'augite comme des sections faites suivant *h'*, 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 hémédriques,

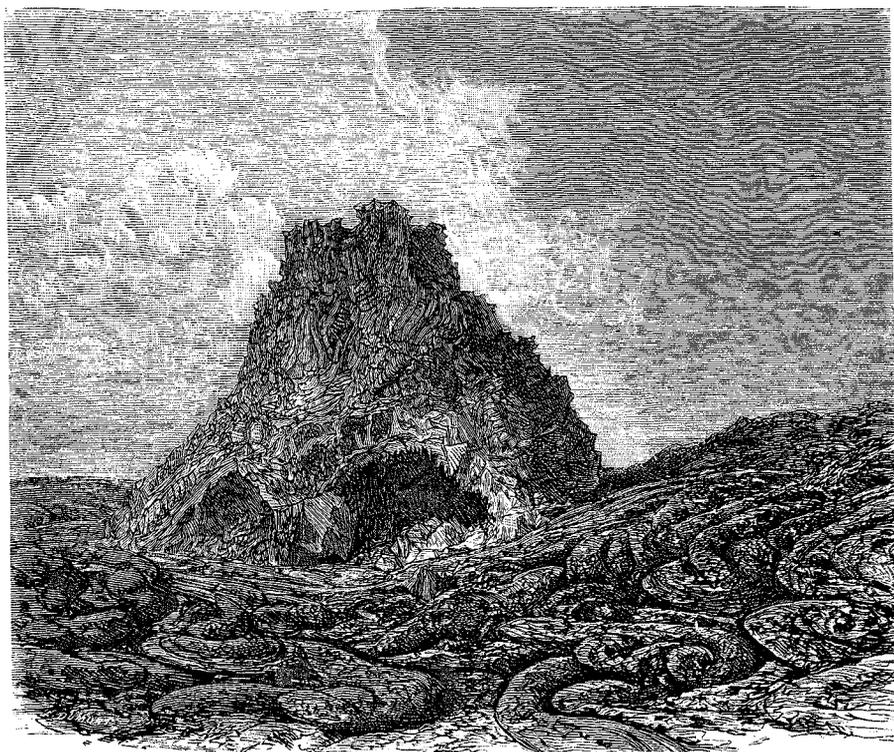


FIG. 16. La grotte de Rosemond (La Chapelle) et les coulées du piton Bory.
(D'après un dessin pris en 1863, par le Dr Cassien.)

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 tous s'éteignent dans la lumière polarisée, sous des angles très-écartés de leurs arêtes longitudinales, comme ceux que l'anorthite seul peut donner ¹.

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^{mm},1 sur 0^{mm},035, avec la belle structure triclinique qui lui est habituelle; mais l'absence complète du péridot 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,

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, et dans lesquelles tous les détails de composition et de structure étaient masqués. Celle que reproduit la figure 2 de la planche 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.

perpendiculaires à cette même direction. Les premières, dues à des retraits consécutifs à la consolidation définitive des parties profondes de la coulée, devait 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 chlorhydrique¹ 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

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

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 fumeroles précédentes, la vapeur d'eau devait y dominer.

En certains points, surtout dans le Sud-Est, les bords du cratère, 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 avions 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 vapeurs¹. Ce talus doit son existence aux scories qui s'écroulaient 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'abrupte de sa lèvre supérieure, constituée uniquement par des scories fragiles ou par des laves vitreuses en surplomb, était un obstacle vraiment insurmontable².

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 manière de ces stalactites de glace qui restent suspendues aux chutes d'eau pendant les grands froids. La lave visqueuse, après avoir complètement rempli ce vaste bassin, s'était sans doute

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.

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 ; aussi cette hyalomélane, quoique beaucoup plus spongieuse et moins colorée que celle des coulées latérales, en avait-elle encore la composition et la texture. Elle s'était déversée lentement, sans phénomènes violents, puisque le bord supérieur du cratère, si peu résistant, n'avait même pas été échancré, et s'était étalée 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, peu de temps avant notre arrivée ; 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, les laves 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 fragmentaires 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 rencontre surtout une scorie pesante, de forme et de dimension très-irrégulières, mais toujours, cependant, boursoufflée 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 péridot 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 dans les laves s'est généralement formé un des premiers, paraît ici très-récent; ses groupements multiples dessinent des figures d'une régularité et d'une délicatesse extrême, dont la conservation ne s'expliquerait pas, si elles avaient préexisté aux actions mécaniques intenses qui ont dû présider à la sortie violente de cette lave sous une forme aussi fragmentaire.

Ces *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 de même ici fort rares et 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 d'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 bien nets, parmi lesquels domine un feldspath triclinique qui possède les propriétés du labrador et du pyroxène augite. 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 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^{mm},01 en moyenne et larges de 0^{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 se brise en une multitude de fragments. Ce sont là de véritables *larmes bataviques* de volcan ; la lave en fusion, violemment projetée dans l'atmosphère, s'y est consolidée brusquement sous un état moléculaire particulier. 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 du volcan, il me faut maintenant citer ces productions singulières, vitreuses et fili-formes, que rejettent également en très-grande abondance les volcans des îles Sandwich et qu'on connaît sous le nom de *cheveux de Pélé*¹.

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

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 ¹, a presque toujours été décrit à tort comme une variété d'obsidienne. 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

1. Faujas de Saint-Fond, *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du globe* ; t. II, 2^e part., p. 618, Paris, 1809.

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 était de même ici, sur les pentes du cratère, où les fils vitreux étaient accompagnés de petits morceaux épars d'une scorie de même nature, mais 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 travail¹.

Les autres proviennent, soit des matériaux qui se sont consolidés dans l'intérieur de la cheminée volcanique et ont obstrué ce passage pendant la période d'inactivité, soit des parties plus profondes où s'élaborent les coulées. Elles sont très-complexes et

1. La figure 1 de la planche IV reproduit précisément la structure microscopique d'une de ces laves, prise dans les encaissements de la rivière du Mât.

se présentent en fragments de taille médiocre, anguleux, avec des arêtes vives. Je me bornerai à mentionner aujourd'hui, parmi celles de cette dernière catégorie qui offrent le plus d'intérêt, 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, c'est-à-dire suivant l'arête pg' , 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 30 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 très-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 monoxydés.	
			Calculé.	Observé
			Si.	42.96
Al.	35.95	16.60		
Fe ³ O ³	0.79			
Cao	17.41	4.97	5.94	Densité : 2.751
Mo	1.67	0.66		
Nao	1.04	0.27		
Ko.	0.23	0.04		
	<hr/> 100.05			

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 (Etats-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 nicols croisés sous des angles variables, compris entre 0 et 30 degrés. Mais le plus souvent, les sections observées, rectangulaires ou parallélogrammatiques, montrent ces mêmes lignes de clivages 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 $h^1 g^1$.

1. Descloizeaux, *Minéralogie*, atlas, pl. X, fig. 57.

On observe encore, mais plus rarement, quelques sections parallèles à p dans lesquelles les lignes de clivages, 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 colorés en vert plus ou moins foncé, suivant les échantillons.

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^{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.

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 ancien, amené en débris par ces laves, et souvent il paraît avoir subi des érosions considérables, qui l'ont absolument réduit à l'état de galet.

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,

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).

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, fréquente¹.

Leur distinction présente toujours quelque difficulté. Tous 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. Mais le procédé de détermination le plus sûr consiste à plonger la préparation dans de l'acide chlorhydrique, la magnétite disparaît rapidement, tandis que l'ilménite résiste beaucoup plus longtemps². On peut encore, après pulvérisation de la roche qui les contient, les en extraire à l'aide d'un électro-aimant, puis promener, au travers du sable ferrugineux ainsi obtenu un barreau aimanté, ou mieux une petite barre de fer doux, qui n'enlève que le fer oxydulé.

Dans les laves qui nous occupent, ce dernier est peu abondant et se voit en petits octaèdres assez surbaissés, tandis que l'ilménite, plus développé, 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

1. Rosenbusch, *loc. cit.*, p. 122.

2. Zirkel, *Untersuchungen über die mikrosk. Zusam und Struct. der Basaltgesteine*, p. 70.

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 ¹.)

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, isolée 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

1. En particulier celui du laitier bien connu de Maxéville.

verre ainsi refondu, examiné au microscope, se montre peu coloré et traversé par une multitude de petits cristaux de népheline, 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'aspect de leurs surfaces, qui sont alors, en tout ou partie, recouvertes d'une enveloppe vitreuse scoriacée, 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, dont les arêtes vives sont légèrement émoussées, porter 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 serpentisation 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 ja-

mais 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 qui, longtemps retenus, s'étaient 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 préludait 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 de périclase (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 hyalomeslanes 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 volcan¹. 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.

L'échantillon qui m'en a été remis est de couleur noire, très-dur et résistant, malgré de nombreuses vacuoles qui lui donnent un aspect scoriacé. Au milieu d'une pâte compacte, crypto-cristalline, on distingue seulement, à l'œil nu, de gros grains arrondis et vitreux de péridot. Réduite en lames minces, cette roche apparaît au microscope presque entièrement cristallisée. La matière vitreuse y est peu développée, très-brune et le plus souvent chargée de granulations opaques, dues sans doute au fer oxydulé, qui l'assombrissent encore et masquent complètement sa transparence. Son feldspath, en longs cristaux tricliniques, se rapporte encore à l'anorthite ; il est associé à de nombreux prismes

1. Voici les renseignements relatifs à cette éruption que je tiens d'un témoin oculaire, M. H. Vasseur, par l'intermédiaire du docteur Cassien : « Le 22 juillet 1874, vers quatre 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 1 500 mètres environ du littoral. Ce fut la fin de l'éruption. »

d'augite d'un vert assez foncé et ne présente rien de particulier. Le péridot et le magnétite y sont enfin très-abondants : tous deux, soit à l'état de débris anciens, évidemment arrachés et amenés tout formés dans la lave, soit et surtout à l'état d'éléments constituants, c'est-à-dire ayant pris naissance dans le milieu où on les observe, ce que viennent attester leurs formes cristallines géométriques, leurs arêtes vives, et, pour le premier, la nature des inclusions vitreuses.

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 péridot, 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.

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, par rapport au 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 eu 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 7 000 mètres de large en moyenne ; il occupe ainsi une superficie de plus de 9 000 hectares, et forme tout ce 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 res-

saut 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 et 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 l'enclavent 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 j'ai indiqué dans les deux tiers supérieurs de la pente, est encore produit par une portion de cette paroi, restée en saillie sous les laves récentes.

Ces 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'écoulaient 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 descendant qu'avec difficulté les pentes plus rapides, s'y refroidissaient avant même d'en avoir atteint la base.

En général, les 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 s'élançèrent tout d'un jet de la cime jusqu'à la base, et atteignirent le littoral en moins de *huit* heures. Cette rapidité extrême devait alors dépendre non-seulement de leur fluidité, mais aussi de l'impulsion que les matières fondues recevaient de la fournaise. Ce fut, du reste, la plus grande coulée connue ; les laves occupèrent 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 neuf 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'heure¹.

La coulée de 1858 au niveau de la route précitée, se divisait 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 des exceptions qui ne se reproduisent qu'à des intervalles inégaux et souvent éloignés ; on n'en compte ainsi qu'une dizaine dans toute la durée de ce siècle².

1. Maillard, *loc. cit.*, p. 102.

2. Voici d'après les notes de M. Maillard et les renseignements qui m'ont été

Habituellement les coulées n'atteignent qu'une longueur de 2 000 à 4 000 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 pas alors 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. 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 un plan incliné d'une blancheur presque éclatante, on serait tenté de croire, sous ce

fournis par le docteur 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.

climat de feu, à un glacier gigantesque, encaissé entre deux sombres murailles, sur le front duquel des laves se seraient épanchées, et dont la 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 docteur Cassien a cherché à rendre dans le dessin, d'une fidélité exacte, que reproduit la planche 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 respecté 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 1865¹. 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 1802².

Les données actuelles sur la température des courants de laves

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, 2^e part., p. 419. Paris, 1809.

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 ¹.

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 ².

Leur fluidité provient surtout de la prodigieuse quantité de

1. Une nouvelle preuve de cette température relativement peu élevée, c'est le peu 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.

2. 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. »

gaz et 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 dissociées¹. Elles se refroidissent, du reste, avec 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 docteur Jacob de Corbemoy a fait

1. 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, éprouvaient 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. »

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 encavation et, après avoir mouillé nos chaussures, nous nous avançâmes sur 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 petrographique 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 restant : 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'altérations, dus à des actions secondaires, quelques concrétions hyaliques.

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 micro-cristalline. 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^1 , 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 hémotropes ; 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 celle ambiante. Le pyroxène s'y voit en petits prismes rectangulaires très-allongés et le péridot beaucoup moins fréquent en grains arrondis. Les petits cristaux de magnétite y sont disposés par traînées régulières qui paraissent surtout logées entre les clivages ou dans les plans de macle.

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 volcan¹.

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.

	Composition en centièmes.	Oxygène.	Rapports de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes.	
			Calculé.	Observé.
SiO ²	43.51	24.15	4 : 3 : 1 4.12 : 3 : 1	
Al ² O ³	35.76	16.50		
Fe ² O ³	0.76	0.26	} 5.66 Densité = 2.738	
CaO	17.52	5.00		
MgO.	0.22	0.05		
NaO.	2.03	0.54		
KO.	0.35	0.07		
	<hr/> 100.04			

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. Mâcles en croix fréquentes, composées de quatre individus allongés suivant pg' , maclés, deux par deux, suivant la loi de l'albite, et qui ont encore subi entre eux, d'après M. Michel Lévy, une deuxième macle 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 qu'ils s'en distinguent difficilement dans la préparation. 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 ; celles vitreuses y sont extrêmement rares. Fréquemment les grandes sections englobent, en partie, un gros cristal de péridot.

Péridot. — Cristaux arrondis de toutes dimensions (depuis $0^{\text{mm}},02$ jusqu'à $0^{\text{m}},006$ 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 cristaux, évidemment entraînés tout formés dans la lave, il en est d'autres qui paraissent au contraire y avoir pris naissance. Leurs dimensions, peu considérables, ne dépassent $0^{\text{mm}},6$; ils se présentent dans les lames minces en sections hexagonales allongées ou rhombiques, qui s'éteignent suivant leur longueur et sont, à l'inverse des précédents cristaux, 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 apparaît en sections carrées ou losangiques beaucoup plus grandes ($0^{\text{mm}},4$), mais toujours isolées. Il apparaît bien ici comme un produit primaire, comme un des premiers éléments qui se soient consolidés dans le

magma fondu¹, mais il a dû continuer à se développer même après la cristallisation des autres minéraux, et ses mouvements moléculaires n'ont dû cesser qu'avec la consolidation définitive de la lave : on ne pourrait s'expliquer autrement la belle conservation de ses groupements d'une délicatesse extrême, que le moindre mouvement eût séparé. 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. Cette lave, en se consolidant, a dû se comporter comme une dissolution saline concentrée dont les sels s'agrègent ou cristallisent par suite de l'évaporation du véhicule qui tenait ses molécules dissociées ; dans l'espèce, ce véhicule était la vapeur

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.

d'eau et les fluides gazeux en circulation dans le magma fondu. *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.

Lave de 1832. — Pâte vitreuse encore bien développée, moins colorée que dans la lave précédente. Les cristaux de *fer oxydulé* sont également plus distincts, beaucoup plus réguliers et groupés à l'infini. *Anorthite* en cristaux dont les contours sont mal limités; un grand nombre paraissent avoir été surpris de la consolidation de la lave au moment de leur formation, de telle sorte qu'ils ne sont pas terminés. *Labrador* en sections élargies, courtes et beaucoup plus nettes. *Augite* en agrégats grenus, d'un vert assez accusé, ainsi qu'en cristaux brunâtres plus nets, plus développés (0^{mm},6 sur 0^{mm},1), allongés suivant *h¹g¹*. *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^m,001 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 RECENT.

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'essaierai 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 toute 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 plagioclastiques ; 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) ;

2° Laves à *labrador* (plaine des Cafres, plaine des Palmistes, etc.) ;

3° Laves à *oligoclase* (rempart du pas des Sables, cratère Commerson, etc.).

Chacun d'eux 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 réciproque.

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 Commerson 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 leurs 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 grosse, 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 7 à 8 000 mètres et s'avance de 4 000 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 Chien-dents, 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 qui mettent arrêt à

leur développement en les entraînant de nouveau 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 péridot 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 dominent 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 minerais 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 en transportant au loin les particules légères, 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 péridot. Ce dernier disparaît à son tour, petit à petit, pour faire place aux débris de roches et aux fragments de feldspath.

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 péridot 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 fer- rugineuses	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, qui figurent de la grenaille de plomb ; mais le plus souvent on peut encore reconnaître sa forme octaédrique ; c'est ainsi que j'ai pu extraire, des sables de la ravine des Avirons, de forts jolis petits octaè-

dres de ce minéral, parfaitement réguliers, avec d'autres qui, portant des facettes de modification sur leurs arêtes, passaient au dodécaèdre rhomboïdal.

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

Mais 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 de petits cristaux de magnétite qui font saillie à la surface des galets. 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 réduit en poudre, on reconnaît facilement que ce sont là des cristaux soit de feldspath, soit d'augite, soit de péridot, qui sont absolument remplis d'inclusions de fer oxydulé, de longues aiguilles de fer titané confusément entremêlées, ou de trichites enroulés en forme de petites pelotes très-bizarres. Parmi ces cristaux, 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 ambre, très-arrondis, très-transparents, légèrement verdâtres à la lumière transmise, montrant toujours quelques petites inclusions de fer oxydulé, et parfois quelques 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 par 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 (spinelle rouge) ; d'autres enfin, jaunâtres, très-dichroïques et opaques (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, bien des opinions 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 commen-

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
Actinote		5
Sphène		4
Feldspath triclinique.)		
Quartz	ensemble	12
Carbonate de chaux.)		
Hypersthène	ensemble	1
Grenat		
Spinelle		
Cymophane		
Débris de roches, foraminifères, etc.		6

 100

cement 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 laves qui s'avancent plus ou moins en mer. Ces coulées sont le plus souvent formées d'une lave basaltique 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 de microlithes de labrador et d'augite au milieu duquel se détachent, en noir, de petites sections quadratiques ou des amas granuleux de fer oxydulé remarquablement groupés autour du pyroxène. De places en places, 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 qui se trouvait 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, et 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 un amas confus de petits prismes allongés d'augite et d'octaèdres de fer oxydulé, au milieu d'un verre incolore ou sali par des oxydes de fer. Mais 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^1 , comme c'est le cas fréquent dans les microlithes feldspathiques, et s'étei-

gnent par rapport à leur longueur sur des angles qui varient entre 15 degrés et 28 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 pour ainsi dire *pegmatoïde*, leur trait caractéristique est fourni par l'absence du péridot.

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 péridot 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 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 la majeure partie de la roche. Cependant je dois ajouter qu'après une longue digestion dans l'acide chlorhydrique les lames minces présentent encore quelques sections feldspathiques qui, n'ayant subi aucune altération appréciable, s'éteignent, entre les nicols croisés, sous des angles faibles, ce qui semble indiquer la présence de l'albite ou du labrador. Il est plus vraisem-

blable que nous avons affaire à la seconde de ces deux espèces.

On les voit traversées par des filons étroits, formés d'une roche compacte, d'un noir verdâtre, à structure porphyroïde, dans laquelle on distingue de nombreuses lamelles feldspathiques miroitantes et striées. Ce feldspath appartient encore à l'anorthite; il est très-allongé (5 millimètres sur 2 millimètres), visiblement aplati suivant p et couché dans le sens de l'arête pg^1 . C'est le clivage facile et nacré, suivant p , qui donne à ses lamelles leur aspect miroitant. Dans les plaques minces, on voit ce feldspath présenter souvent un réseau de lamelles hémitropes à 86 ou 88 degrés, qui résulte de l'association des macles de l'albite et du périkline, et, dans ce cas, les angles, compris entre les extinctions de deux lamelles consécutives atteignent, et dépassent 74 degrés. Cette roche est encore entièrement cristallisée, mais tous ces éléments, loin d'être en débris, comme dans la lave précédente, se présentent au contraire, sous des formes géométriques.

Indépendamment de ces cristaux macroscopiques, elle se compose encore d'augite en petits prismes brunâtres, courts, associés à de nombreux microlithes de magnétite, d'anorthite et de péridot. Ce dernier, assez abondant, ne se laisse plus reconnaître que par ses contours extérieurs, il est entièrement transformé en une matière serpentineuse, verte, fibreuse et radiée, agissant vivement sur la lumière polarisée.

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 sont toutes grani-toïdes, c'est-à-dire composées de cristaux plus ou moins agrégés; mais, en général, elles ne résistent que faiblement sous le marteau et le plus souvent se réduisent en sables, sous la seule pression des doigts.

Elles comprennent deux types bien différents :

Les unes sont, en effet, constituées par du labrador, de l'hyper-

sthène 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 et quelques inclusions vitreuses, à contour polyédriques.

Le clivage suivant g^1 y est fort net et prend même tous les caractères de cassures longitudinales. De fines aiguilles microlithiques 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 derniers 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 bien nettes ; il paraît en plages irrégulières, d'un noir obscur, comblant les interstices des cristaux.

Les autres montrent une association curieuse d'anorthite, d'amphibole hornblende, avec du diallage et du péridot. L'anorthite prédomine ; ses sections, le plus souvent couchées suivant $h^1 g^1$, 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 (14 a, fig. 2, pl. III) ; d'autres sections, beaucoup plus rares, faites suivant ph^1 , montrent un réseau de lamelles se coupant presque à angle droit, qui résulte de l'association des deux macles de l'albite et du périkline (14, fig. 2, pl. III) ; les extinctions des lamelles sont alors aussi écartées que possible, elles

dépassent 74 degrés. L'hornblende, comme 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 m, m parallèles entre elles, et s'éteint constamment suivant leur direction. 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'interrompre¹. 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 mâcles 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 népheline. La figure 2 de la planche III représente une plaque taillée dans un échantillon de cette dernière, vue dans la lumière polarisée, à un grossissement de 180 fois.

Les premières doivent être considérées comme des véritables

1. 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 mentionné 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.

hypersthénites récentes ; elles sont peu abondantes, tandis que celles diallagiques, qui doivent 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 forts jolis cristaux de sanidine ($2^{\text{mm}}, 5$ sur $1^{\text{mm}}, 2$) 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 tout à fait 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 magma 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 cristaux microscopiques 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.

1. Ces roches extrêmement intéressantes, à cause de cette curieuse association de la sanidine et de l'augite se rapportent tout à fait, au point de vue de la composition minéralogique, à certains trachytes des États-Unis de l'Ouest, décrits récemment par le professeur Zirkel, sous le nom de *trachytes à augite*, dans son travail consi-

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-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.

dérable sur les 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 D ^r Anger, de Leipzig ¹ .
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
	99.51	100.92

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 celle américaine. Un autre caractère distinctif, c'est que l'hornblende, qui se voit encore çà et là dans la roche de Wadsworth, y fait absolument défaut et s'y trouve, pour ainsi dire, 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 ² avait découvert dans les célèbres syénites de Norwège, 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.

1. Zirkel, *United States Geolog. expl. of Fortieth Parall.*, t. VI, p. 146. 1876.

2. Vom Rath, *Vortrag Gehalten in der niederrhein. Ges. f. Nat. und Heil.* Bonn, Marz, 1875.

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 népheline : 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.

C'est principalement au-delà de l'étang Salé que les dunes prennent un grand développement ; elles forment une suite de monticules qui peuvent atteindre jusqu'à 60 mètres en hauteur, et au sommet desquels émergent parfois des roches singulières, dont les nuances vives, rouge-vermillon ou noire, 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 leur coloration rouge 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 l'alternance de bandes ondulées, rougeâtres, scoriacées, avec des parties noires, plus compactes et complètement vitreuses. C'est là un verre acide (sa teneur, en silice, atteint en effet 68.71 pour 100), qui se montre, au microscope, très-coloré et complètement amorphe. 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 périclase.

Ces derniers, à cause de leur situation tout à fait exceptionnelle, méritent une attention toute 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, en outre, constamment, suivant leur longueur. La nature de leurs inclusions, et leurs arêtes vives, indiquent suffisamment qu'ils 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. »

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 cuivre². 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 galets, forment, avec le péridot, la majeure partie de ce dépôt.

Il faut alors en chercher l'origine dans les apports incessam-

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

2. Des Cloizeaux, *Minér.*, p. 37. Atlas, pl. VIII, fig. 47.

ment 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-Etienne*, débite toutes les eaux du cirque de Cilaos 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 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 (1 114 mètres) et de traverser ensuite la chaîne des Salazes (2 145 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. Ils 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 2 à 3 000 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 ².

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 mè-

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 von 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.

2. Pendant longtemps le terme de *basalte* s'est trouvé appliqué à des roches très-diverses, au point de vue minéralogique. C'est ainsi que le professeur Zirkel, dans une étude remarquable, publiée en 1870 (*Untersuchungen über d. mikrosk. Zusammensetzung und structur der Basaltgesteine, Bonn.*), a fait voir que parmi celles réunies sous ce nom, les unes étaient à base de feldspath triclinique, les autres à base de néphéline ou d'amphigène; de là sa classification des basaltes en :

A, *feldspar-basalt*; B, *nepheline-basalt*; C, *leucite-basalt*.

De son côté, le professeur Borisky, de Prague, à la suite de ses belles études sur les basaltes de Bohême, a divisé ces mêmes roches d'après leur structure en : 1, *melaphyr-basalt*; 2, *feldspath-basalt*; 3, *phonolit-basalt* et *andesit-basalt*; 4, *trachy-basalt*; 5, *tachylit-basalt*. Mais les roches de ces trois dernières catégories ne ren-

tres 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 Plateforme (bras de Benjoin). La route les traverse, en décrivant un nombre infini de lacets, avant d'atteindre le lit du torrent, qu'on doit franchir au pied du piton Robert, et ce piton lui-même en est entièrement formé; isolé au confluent de 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 amygdaloïdes se désagrègent, en effet, avec une extrême facilité et le torrent les entame profondément: elles doivent contribuer pour une large part à la formation des sables ferrugineux.

Ce sont des roches de couleur sombre, à texture crypto-cristal-

ferment pas d'olivine, et le professeur Rosenbusch, qui admet avec raison ce minéral au nombre des éléments essentiels du basalte, fait remarquer que le melaphyr-basalt et le feldspath-basalt doivent seuls porter ce nom. Par la même raison, il n'admet pas la classification de Zirkel, et réunit, sous le nom de *tephrite*, les basaltes à néphéline et ceux à leucite qu'il place à la suite des roches à plagioclase et à néphéline, les vrais basaltes faisant partie dans la classification qu'il propose, de celles à plagioclase et augite.

Les basaltes ainsi réduits se trouvent caractérisés par l'association des minéraux suivants, considérés comme essentiels: plagioclase (oligoclase, labrador, anorthite), augite, péridot, fer oxydulé ou titané. Ils comprennent un grand nombre de variétés qui tiennent à des différences de texture, à une cristallinité plus ou moins grande, enfin à la présence ou à l'absence d'une pâte vitreuse.

Au point de vue de la dimension des éléments constituants, on les divise encore en *dolérite*, *anamésite* et *basalte* proprement dit; dans ces deux premières roches, les minéraux sont, en totalité ou en partie, macroscopiques, c'est-à-dire distincts à l'œil nu: la dernière devient grenue, massive et essentiellement adélogène; elle présente au plus haut degré, sous le microscope, cette structure microlithique, enchevêtrée qui résulte d'une cristallisation confuse de magma.

line, 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^{mm},05) de nature feldspathique, avec un périclase 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 fluidité¹; elles sont limpides et remarquablement 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},4) 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 ceux des cassures ont

1. Chacune d'elles se décompose en deux ou trois lamelles hémitropes qui, manifestement allongés suivant pg^1 , 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 degrés à 27 degrés.

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 mésole (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.

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 de-

grés. 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'indiquait 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 relative 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 irrisées ; 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 suréchauffée. 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 serpen-

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.

Je ne fais que mentionner rapidement aujourd'hui les types principaux de toutes ces roches intéressantes, me réservant de revenir prochainement sur leur étude, afin de décrire les variétés nombreuses qu'elles présentent et de montrer les actions complexes qu'ont exercées sur elles les filons qui les ont traversées.

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 Plateforme (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 atteignent au maximum 1827 mètres, et vient aboutir en un point culminant (piton des Neiges, 3069 mètres) situé sur le revers diamétralement opposé¹.

tine ; il en est parfois qui se trouvent engagées moitié dans le périoto non décomposé, moitié dans la substance verte qui résulte de son altération.

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,

Dans les parois, constituées principalement 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 10000 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 conglomérats 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 Etangs (1114 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 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 est amenée par un tube

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 cotéaux de la plaine des Salazes et d'Embrevade; 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.

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 captées¹, 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. 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 profit².

Les sources du bras Rouge sont d'un accès plus difficile; elles sont encore plus nombreuses, plus chaudes et plus minéralisées

1. M. Maillard (*loc. cit.*, p. 136) estime leur débit à 10 000 litres par heure.

2. En 1862, ces eaux ont été analysées par M. Bories, pharmacien de la marine, qui leur a trouvé la composition suivante, par litre :

	Source chaude (38 degrés),	Source froide (18 degrés).
Bicarbonate de soude	0.553	0.358
Bicarbonate de potasse	0.123	0.098
Bicarbonate de magnésie	0.218	0.229
Bicarbonate de chaux	0.308	0.265
Bicarbonate 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 : <i>traces</i> .		

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 plate-forme d'où s'élanche la grande cascade Guy de Ferrières, puis au pied du piton des Fouquets, enfin près du piton de Sucre¹. 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 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 0 degré à 3 degrés et se rapportent 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 duquel elle se développe en petites masses fibreuses, trahissant ainsi son origine

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. Bories, qui les a analysées, les a trouvées uniquement composées de carbonate et de silicate de magnésie.

secondaire. C'est de cette dernière, très-répan due, que la roche tient sa couleur verte. Le péridot y fait complètement défaut.

La composition chimique de cette roche est la suivante :

Silice.	57.35				
Alumine.	12.80	5.90	}	8.01	Perte au feu : 0.82
Fe ² O ³	6.16	2.11			
Chaux	10.24	2.92	}	6.18	Densité : 2.83
Magnésie	3.96	1.58			
Potasse	2.79	0.46			
Soude.	4.57	1.22			
Acide titanique.	0.83	»			
	<hr/>				
	100.70				

Elle se rapproche ainsi par sa composition minéralogique et chimique des *augites-andésites*¹, mais elle s'en éloigne complètement 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 celles basaltiques que l'augite-andésite qui les supporte, complètement dénudées et mises à nu 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 compacts qui ne paraissent pas avoir exercé d'actions bien manifestes au contact. On retrouve là les roches à anorthite du bras de Cilaos (p. 165) 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.

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

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 triclinique vitreux, qui se détachent sur un fond grisâtre ; l'autre vacuolaire et d'aspect grenu, complètement cristalline, 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, l'élément feldspathique se rapporte uniquement à l'oligoclase ; il se décompose : en cristaux macroscopiques (1^{mm},5 sur 2 millimètres), qui, vus dans les lamelles minces, se présentent toujours avec des macles multiples et, fréquemment coupés suivant ph^1 , s'éteignent à 0 degré ; en cristaux microscopiques, allongés au contraire, suivant pg^1 , rarement maclés, et dont les extinctions sont toutes également longitudinales. Les uns, très-transparents et d'une grande pureté, ne renferment que quelques inclusions amorphes, à contours polyédriques, qui rappellent ceux du cristal ; les autres 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.

Cette roche pulvérisée, privée de ses éléments ferrugineux à l'aide d'un électro-aimant, traitée ensuite par l'acide chlorhydrique, lavée, puis desséchée et soumise à l'analyse, a donné une teneur en silice de 61,24, qui est bien celle de l'oligoclase.

La seconde est de beaucoup la plus intéressante ; c'est un trachyte 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 oligistes, 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 millimètre 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

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 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 abruptes, en escaladant un pic, à la recherche du métal précieux.

que les basaltes qui les surmontent ; on en voit la preuve dans un magnifique filon, épais de 5 mètres 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 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 1 000 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 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 verticaux, qui s'entre-croisent et se rejettent les uns les autres, s'élançant 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'. C'est ainsi qu'après avoir

1. Le col du Taillebit est dominé, du côté des Salazes, par une sorte de cap très-proéminent formé de brèches volcaniques très-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. Avec toutes celles que je viens de décrire, il s'en trouve une foule d'autres tout à fait différentes, qu'on ne voit affleurer nulle part et dont les gisements sont, sans doute, masqués sous les produits plus récents.

Les lamelles qu'on peut obtenir dans ces brèches qui sont très-tenaces et 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 anguleux sont cimentés par une pâte vitreuse incolore, très-transparente, qui réunit encore une grande quantité de cristaux en débris, de péridot, d'augite et de feldspath.

Ces cristaux contiennent le plus souvent d'innombrables inclusions de fer oxydulé, tantôt cristallines comme celles que représente la figure 17 dans un labrador, tantôt affectant des formes trichitiques et envahissant alors complètement le cristal ; ils ressemblent en cela

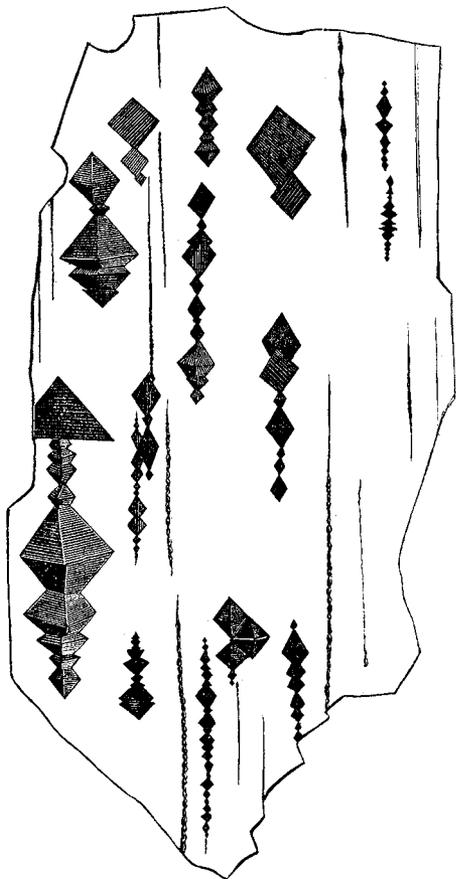


FIG. 17. Inclusions de magnétite dans un feldspath labrador.
Grossissement : 250 diamètres.

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 figure 1 de la planche III montre une plaque mince de cette lave vue sous le microscope, à un grossissement de quatre-vingts 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^1 ou h^1 , 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, traversés par des traces de clivages suivant p très-distinctes; ils renferment quelques inclusions d'une matière amorphe brune, peu transparente. Tous ces minéraux sont distribués au milieu d'une substance incolore, fissurée dans tous les sens qui semble amorphe à la lumière naturelle, mais qui se décompose dans la lumière polarisée en un enchevêtrement confus de lamelles feldspathiques tricliniques, qui appartiennent encore à l'anorthite, car elles se laissent attaquer avec une grande facilité par l'acide chlorhydrique. Cette roche est ainsi entièrement cristallisée; on ne constate, sous ce

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, je citerai une lave vitreuse uniquement composée 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 Lobäu (Saxe), et un basalte rempli de cristaux de sphène.

rapport, aucune différence dans les salbandes ou dans les parties centrales du filon.

Parmi les minéraux accidentels, il convient d'y signaler l'apatite, une chlorite écaillée 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 une cassure plate, esquilleuse, à surface lustrée ; elle se compose encore essentiellement d'augite, de fer oxydulé et de plagioclase, mais ce feldspath 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 nuaeux, ils ne s'illuminent qu'incomplètement entre les nicols croisés. Ce feldspath, manifestement couché suivant pg^1 , m'a permis de vérifier entièrement les données optiques fournies par M. Michel Lévy pour la distinction des diverses espèces feldspathiques entre elles ; chacune de ses lamelles, dans la lumière polarisée, s'éteint, en effet, par rapport à la longueur, sous des angles compris entre 0 degré 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 assignés par lui au 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 celles des Avirons, p. 153). 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 de consolidation récente ; intimement associé au feldspath, il s'interpose entre ses lamelles

hémitropes allongées sous forme de petits coins, ou de traînées cristallines, qui rappellent d'une façon remarquable les allures du quartz dans les pegmatites anciennes.

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 :

Silice.	49.57	Oxygène.	25.90	
Alumine.	18.29	8.42	} 11 45. Densité = 2 87	
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	} Perte au feu = 052.	
Soude.	1.20	0.32		
	<hr/>			
	100.52			

Si 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 celle 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, de la roche encaissante, 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 péridot 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 et traversées par des fissures perlitiques très-espacées. Entre les nicols croisés, les bandes claires se décomposent en sphérolithes petro-siliceux, composés de fibres rayonnantes sinueuses qui s'illuminent faiblement; ces sphérolithes englobent parfois des microlithes feldspathiques qui paraissent leur être franchement antérieurs; ils sont, à leur tour, traversés par les fissures perlitiques.

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 (2 898 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 mul-

titude de petites facettes scintillantes, solidement soudées les unes aux autres, au milieu desquelles on distingue quelques rares cristaux d'un feldspath vitreux (3 millimètres sur 1^{mm},6). On y remarque aussi des cellules, 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 voit, en effet, qu'elle se compose uniquement d'oligoclase, d'augite et de fer oxydulé. Ces trois éléments sont bien nets et se présentent dans les proportions 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.

La forme triclinique de l'oligoclase n'apparaît bien distincte que dans la lumière polarisée, sur laquelle ces cristaux n'exercent cependant pas une action très-vive : ils sont, le plus souvent, bien terminés et exempts d'inclusions. Une chlorite jaunâtre, fibreuse, disposée en petites houppes ou en masses radiées, remplit toute la roche et se loge surtout entre les interstices des sections de feldspath. J'ai observé enfin 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 et 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, et notre séjour dans cette nouvelle vallée fut marqué

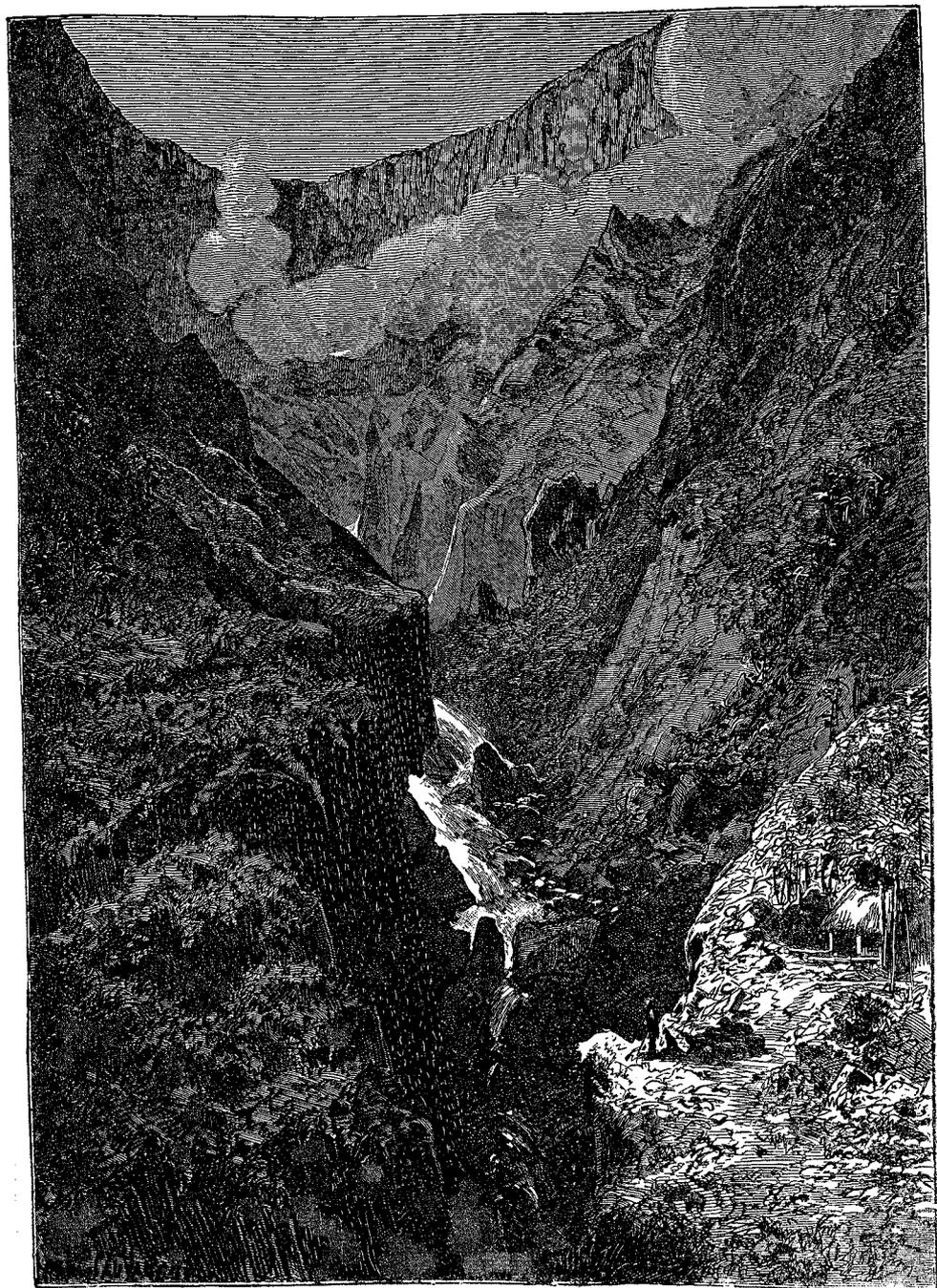


FIG. 18. Une ravine dans les cirques de la Réunion (cirque de Sa'azie).

par un ouragan épouvantable comme ceux qui s'abattent si fréquemment sur la colonie, pendant la saison des pluies.

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, à travers une assez longue 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 basaltes 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 intéressant nécessite seront terminées.

Ces roches sont là encore, traversées et recouvertes par des basaltes à anorthite très-compactes, d'un noir très-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.

Ces basaltes appartiennent à un type franc. Ils se composent d'un magma cristallin formé de microlithes d'anorthite, de petits cristaux brisés et de granules verdâtres 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 préservées des altérations secondaires, car elle les enveloppe à la manière d'un vernis ; puis des sections plus ou moins rectangulaires et largement développées d'un feldspath triclinique différent du précédent, qui s'éteignent sous des angles beaucoup plus faibles et résistent pendant plusieurs heures à l'attaque par l'acide chlorhydrique chaud, tandis que le premier se trouble presque immédiatement. Ces deux 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 qui donnent lieu à une sorte de terrasse, on remarque d'autres filons qui sont en rapport avec des nappes étendues au milieu de ces mêmes roches et sont remplis par une anamésite noirâtre, qui se décompose en petits prismes obliques, perpendiculairement à la direction générale du filon. Cette lave est encore à base d'anorthite : on y distingue de loin en loin, à l'œil nu, quelques grands cristaux d'augite noirâtre et de péridot vitreux, avec des lamelles translucides et miroitantes de feldspath. A ces trois éléments, l'analyse microscopique ajoute là magnétite, avec de longues aiguilles de titanite. Cette roche, entièrement cristallisée comme la précédente et composée des mêmes éléments, en est cependant bien distincte. L'augite surtout y prend un développement considérable : il est parfois rempli de fer oxydulé et d'in-

clusions vitreuses. Le périclote ne possède pas d'enveloppe ferrugineuse protectrice, ses contours et les bords de ses cassures sont serpentinisés.

Enfin, au-dessus de toutes ces roches basaltiques, on remarque encore dans le haut de la falaise une sorte de nappe ou de filonlit, épais de 0^m,60 à 0^m,80, formé d'une roche blanchâtre ou rosée, dont la teinte claire attire de suite l'attention, car elle tranche complètement sur les tons sombres des basaltes qu'elle recouvre.

Cette nouvelle lave se clive facilement en longs feuillets peu résistants, dont les surfaces sont absolument lustrées : elle est franchement cristalline et présente çà et là quelques rares cristaux d'orthose vitreux facilement reconnaissables (5^{mm} sur 2^{mm},5) avec la macle de Carlsbad. Sa composition minéralogique est des plus simples ; au microscope, en effet, les cristaux macroscopiques de sanidine qui se trouvent traversés par de nombreuses lignes de clivages très-régulières et s'éteignent suivant leur direction, 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'hématite¹ qui résulte de l'altération d'un nombre considérable 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, qui, réduits à une minceur extrême, sont superposés les uns aux autres ; de telle sorte que dans l'épaisseur de la préparation, qui n'excède pas 0^{mm},1, 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, c'est-à-dire suivant l'arête pg' , s'éteignent, par rapport à leur longueur, sous des angles faibles (de 0° à 4 ou

1. C'est à cette hématite que le trachyte doit ses tons rosés.

5 degrés); ils appartiennent aussi 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 un grand nombre de pores à gaz et parfois des inclusions vitreuses à contours réguliers, reproduisant ceux du cristal et formées d'une substance amorphe peu réfringente, presque incolore, avec une ou plusieurs bulles de gaz.

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, 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, et l'un d'eux s'offrit pour nous servir de guide.

De là il devenait facile de regagner Saint-Denis par tous les temps.

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 piton des Neiges et du Gros Morne¹ (pl. XIV), qui se dresse entre les deux à une hauteur de 2 000 mètres environ au-dessus du niveau moyen de la vallée, élevée elle-même de 1 000 à 1 200 mètres. C'est de beaucoup le plus connu et le plus fréquenté. Son climat tempéré², ses sources thermales précieuses, ses sites pittoresques,

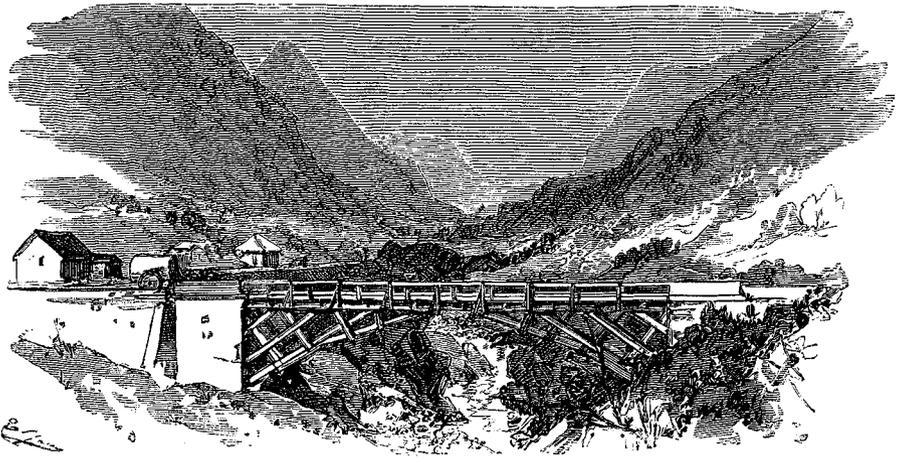


FIG. 19. Le pont de l'escalier à l'entrée du village de Salazie.

sont autant d'attraits qui tous les ans y attirent une foule de visiteurs.

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

1. Ce massif est encore improprement appelé les *Salazes*, ce dernier terme devant être réservé à la petite chaîne qui sépare entre eux les cirques de Cilaos et de la rivière de 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.

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, si distinctes qu'il serait presque possible de les compter, rayonnent toutes de ce même point, et semblent se reproduire à des hauteurs communes de part et d'autre de la vallée.

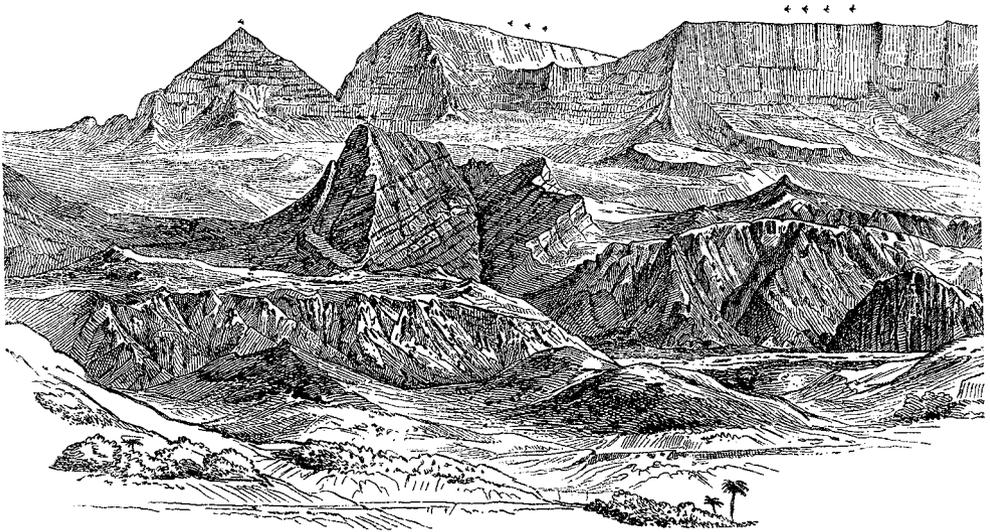


FIG. 20. Vue intérieure du cirque de Salazie, prise de la plaine de Belouve.

* Le Cimandef. — ** Piton d'Encheing. — *** Plaine des Chicots. — **** Plaine des Fougères.

L'intérieur du cirque est surtout occupé par une longue série de monticules et de collines profondément découpés et formés, comme ceux du cirque de Cilaos, de conglomérats 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 1 350 mètres, fait seule exception ; il se compose de coulées ba-

saltiques 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 (fig. 20).

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 clivages qui se coupent à angle droit doivent être considérées comme des sections de sanidine faites suivant la zone ph^1 , 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 macroscopiques et se groupent alors en petits amas très-clairsemés, au milieu desquels on reconnaît des grains de péridot (0^{mm},2 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 encore çà et là disséminés au hasard 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 (pages 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'hydro-silicate 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 très-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-transpa-

rente, 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 *serpentes*, au milieu desquelles le torrent a creusé son lit.

Ces roches tendres, onctueuses au toucher, compactes et sans délitage apparent, forment de chaque côté du ravin des talus arrondis, glissants; elles sont de couleur foncé, 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 serpentes 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 Drasche¹, par J. Macpher-

1. *Ueber Serpentine und Serpentinähnliche Gesteine (Mineral. Mittheil. Tschers-*

son¹ 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 rap-

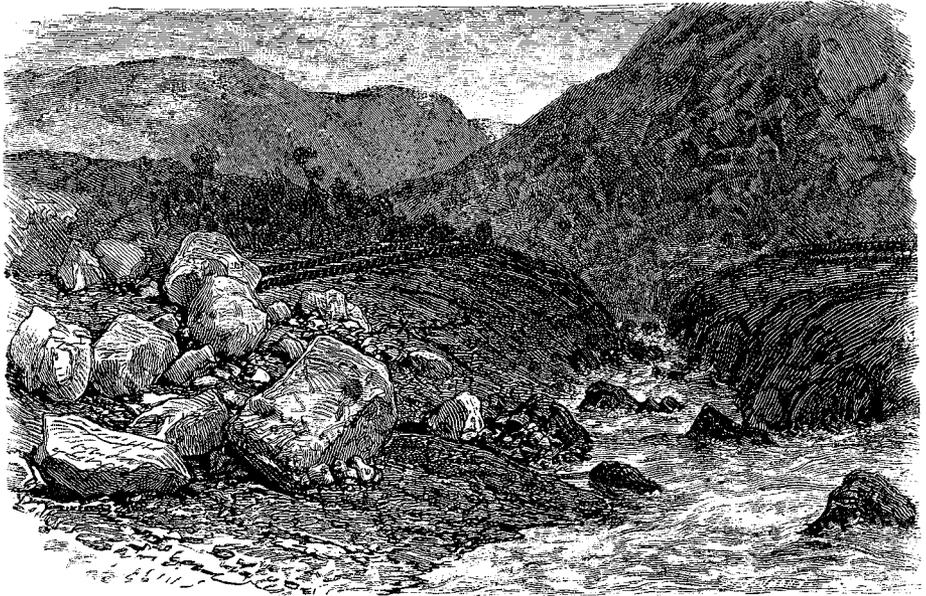


FIG. 21. Talus de serpentine dans le lit de la rivière du Mât.

pellent 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

mak's, I, 1-42, 1871). — *Olivinfels von Kraubat in Steiermark* (*M. M. T.*, I, 57).

1. *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).

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.

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 péridot 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 péridot 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 péridot, 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 péridots, 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. 17), j'ai observé, sous les serpentines et sous les basaltes péridotiques, des bancs particuliers et massifs d'une

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, XXVI, 1-40)*.

3. *Loc. cit.*, p. 74 ; Atlas, pl. VI, fig. 32.

roche encore verdâtre et décomposée, mais cependant bien distincte des précédentes, et d'une composition tout à fait différente. Le péridot y est peu abondant; il est remplacé, en tout ou partie, par un pyroxène diallagique.

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, et cette roche se rapproche ainsi de gabbros anciens.

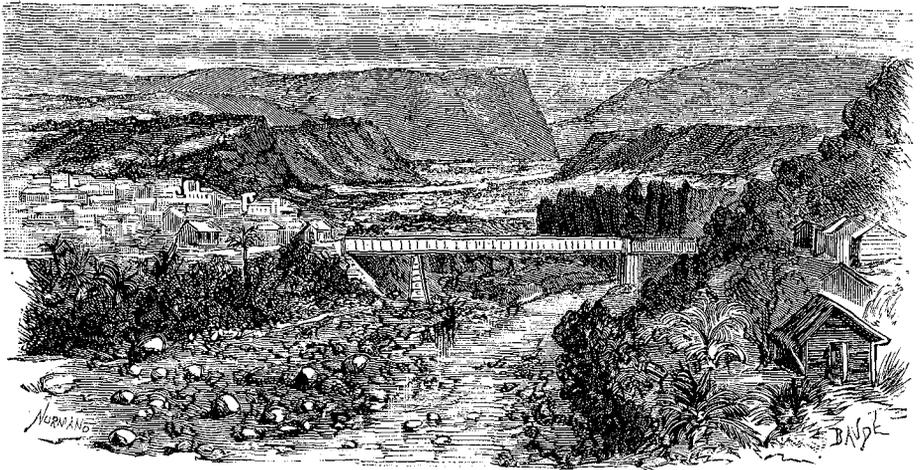


FIG. 22. Les encaissements basaltiques de la rivière du Mât.
Vue prise de l'embouchure, près de Saint-André.

Mais parmi les traits qui dominant 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 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.

Ces roches, toujours compactes, tantôt adélogènes, tantôt doléritiques, d'un gris-ardoisé ou d'un noir vif, comprennent un

1. Michel Lévy, *Structure des roches acides* (*Annales des mines*, t. VIII, p. 402).

nombre infini de variétés, qui toutes se rapportent, cependant, au type basaltique franc ¹. Leurs coulées nombreuses, étendues et 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. Elles ont surpassé en abondance toutes celles des autres produits volcaniques.

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 surface des coulées, absolument pressés les uns contre les autres, figurent de loin des colonnades ou des orgues gigantesques qui, par leur dimension et leur régularité, peuvent rivaliser avec ceux si souvent cités d'Expally, près de la ville du Puy, ou de bien d'autres localités classiques de l'Ardèche et 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 superfi-

1. La figure 4 de la planche 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 microlithique 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 détachent quelques sections mieux développées de labrador (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 disjoints et séparés d'un même cristal sont disséminés au hasard dans les préparations, tous portent la trace des érosions subies pendant ce charriage.

cielles, est surtout remarquable dans les gorges profondes de la rivière du Mât; la planche 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 figure 24 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 particularités de gisement propres à chacune d'elles, comme je l'avais déjà fait pour le massif récent.

Il devient maintenant nécessaire de les rassembler dans l'ordre des rapports qu'elles peuvent avoir entre elles, afin 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 en-

tament si profondément ce massif et mettent à découvert sa structure intérieure, les roches qui paraissent les plus anciennes sont, sans contredit, celles à plagioclase et 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 au milieu des produits éruptifs plus récents. Un aspect trachytique très-prononcé, avec des nuances claires, les différencient 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-développée, avec une structure nettement porphyroïde ². Leur texture semble préluder 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 conformément à la manière de ceux 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 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

1. Falaises du bras Rouge (cirque de Cilaos); bras du Bénard (cirque des Galets); bras de Fleurs jaunes (cirque de Salazie).

2. Otto Lang, *Grundriss der Gesteinskunde*, Leipzig, 1877, p. 204.

toujours observé que les feldspaths ont cristallisé en dernier. L'élément feldspathique est toujours prédominant ; dans quelques cas particuliers, à la partie supérieure et dans les salbandes des massifs par exemple, 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, mais toujours de formation postérieure, se trouve réduit à l'état microlithique.

C'est à la suite que viennent se placer les éruptions des roches diallagiques du cirque de Salazie, dans lesquelles le périclote apparaît pour la première fois, et qui commencent ainsi 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 observation. Je dois, en effet, à M. le docteur Jacob de Corbemoy une collection fort intéressante des roches mises à jour par l'éboulement du Gros-Morne¹, dans laquelle celles à diallage sont

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 pétrifiantes 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. 20), dont le sommet se dresse à plus de 3 000 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



FIG. 23. Le Gros-Morne après l'éboulement.
(D'après un dessin du D^r Cassien.)

tout à la fois nombreuses et variées. Les unes se rapportent exactement au type que j'ai précédemment décrit (p. 195), 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 l'autre, sans être reliés par aucun ciment. Ce dernier, parfaitement frais, comme celui déjà signalé dans les roches assez voisines 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 de petites bandes d'une chlorite verdâtre qui donne parfois de petites houppes, finement radiées. Le fer oxydulé est en grands cristaux, mais peu abondants. Enfin on remarque encore, çà et là, quelques petites lamelles déchiquetées de biotite. Cette roche se rapproche ainsi beaucoup des euphotides anciennes, mais son feldspath contient d'assez nombreuses inclusions vitreuses.

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

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, après s'être rendu compte des faits, voulut bien appuyer cette opinion de toute son autorité.

énorme accumulation de matériaux, tous différents, qui, par leur texture et leur composition minéralogique, se rapportent au groupe des basaltes. Ce sont alors de grandes assises, très-étendues, qui se succèdent un grand nombre de fois en se superposant régulièrement, et 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'en ai pu 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 ou soigneusement accolés les uns aux autres.

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, elles 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 ces 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, soient venues ensuite se concentrer à sa surface.

1. Daubrée, *Expériences synthétiques : origine du péridot comme scorie universelle*. (*Comptes rendus de l'Institut*, 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).

Les éruptions qui ont marqué le début de cette période éruptive 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 est, de même que l'augite, 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 ces basaltes noirs, vacuolaires et zéolithiques du bras de Cilaos qui se différencient, sans doute, des précédents par un grand nombre de caractères, et notamment par le peu d'altération de l'olivine, mais qui forment cependant leur suite naturelle.

Les filons nombreux qui les traversent ne paraissent pas avoir exercé d'actions de contact très-appreciables. Leurs roches de remplissage 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 basique¹.

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 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. Daubrée².

Laves doléritiques à anorthite. — Ces laves, dont je n'ai cité

1. Ces éruptions de roches acides ont dû se faire à différentes reprises, et 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.

2. *Études sur le métamorphisme*, p. 103.

qu'un exemple dans les rampes du Bénard (p. 180) 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 si remarquable.

Toutes varient peu dans leur composition minéralogique et se trouvent très-caractérisées par une belle structure porphyroïde, principalement due au grand développement des cristaux d'anorthite, qui peuvent atteindre jusqu'à 1 centimètre 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 figures 1 et 2 de la planche II en reproduisent deux beaux exemples vus, sous les nicols croisés, à un grossissement de 250 fois.) Ils sont disséminés au milieu d'un magma cristallin, dont les éléments, réduits souvent à un état presque microlithique, se composent de magnétite en petites sections quadratiques, de cristaux d'anorthite allongés, rarement maclés, de petits prismes brisés d'un augite verdâtre, non dichroïque, et de granules d'olivine. Le péridot y existe encore 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 péridot 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.

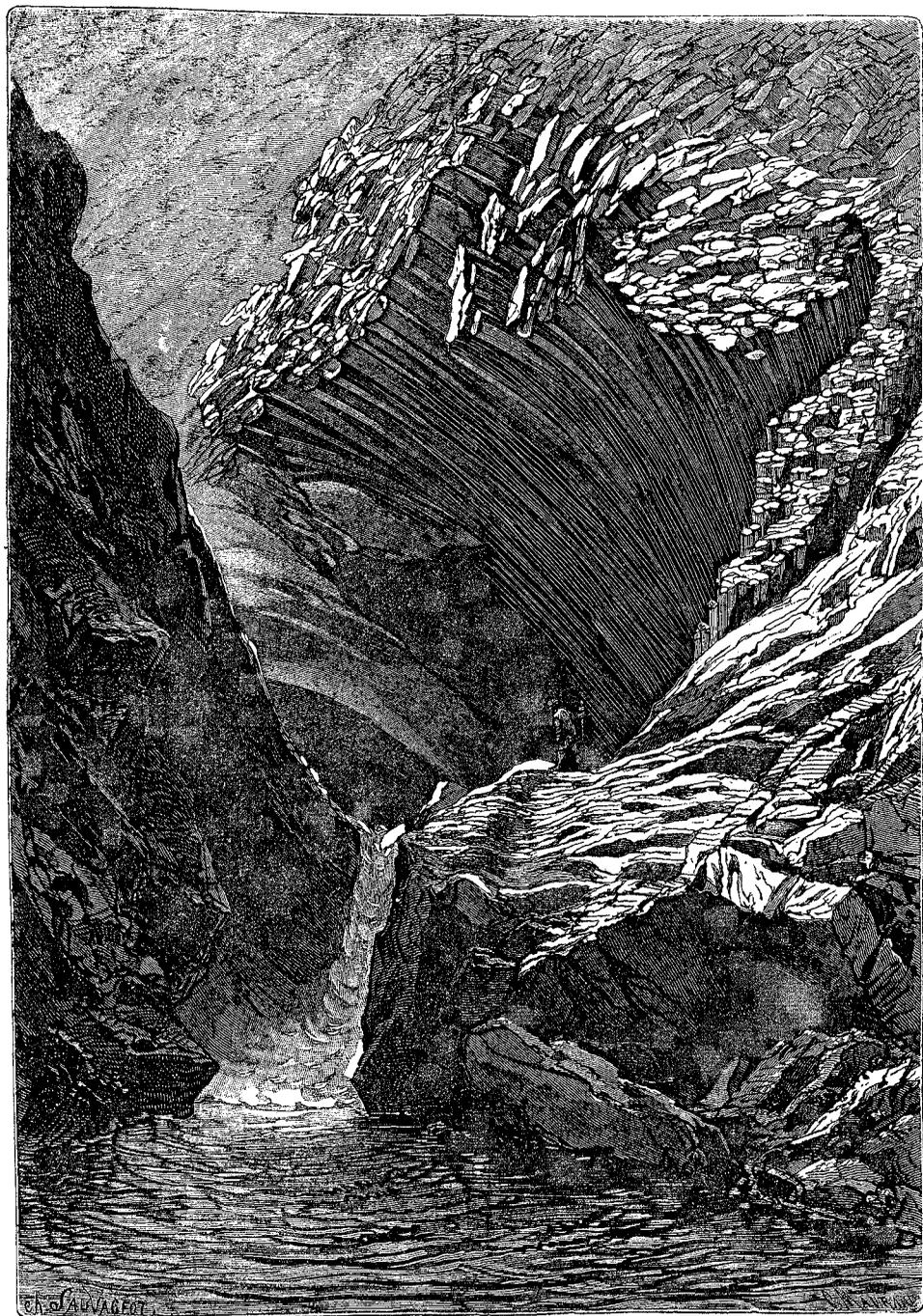


FIG. 24. Basaltes prismés, près des sources de la rivière du Mât.
(D'après un dessin du Dr Cassien.)

Basaltes francs. — Sous cette dénomination je comprends toutes ces grandes coulées basaltiques, le plus souvent prismées ¹, qui forment, par exemple, ces 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) ². 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 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 ont permis 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 (3 069 mètres), qui

1. Pl. VIII, fig. 24.

2. Pl. IV, fig. 1.

peut être considéré comme une lèvre, restée debout, de ce foyer ancien ¹.

Toutes ces roches sont d'origine récente ; les caractères tirés de la 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 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 (hypersthène... diallage) (*hypersténite*; *granitones*), et s'accompagne d'un autre élément magnésien, plus basique encore (*péridot*) (*gabros à olivine*) qui bientôt prédomine et persiste seul (*péridotites* et *serpentes*).

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

1. Voy. planches XIV et XV.

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, puis 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, mais d'importance et de durée bien inégales :

Phase basaltique,

Phase pyroxénique et diallagique,

Phase volcanique (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 GÉOLOGIQUE

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° et le 38° 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.

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 18 mars 1522, pendant leur voyage de retour en Europe sur *la Victoria*, sous les ordres de Sebastien 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

1. SAINT-PAUL. { Lat. S. par la hauteur méridienne de 82 étoiles : 38° 42' 50".
 { Lg. E. par 8 culminations lunaires : 75° 41' (comm^t Mouchez).
AMSTERDAM. { Lat. S. 37° 48' 50". } (comm^t Mouchez).
 { Lg. E. 75° 23', m. P. }

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 (Journal 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 îles¹, histoire à laquelle nous empruntons

1. *Verhand. en Berigten betrekkelijk het Zeewezen en de zeevaartkunde*, dor J. Swart, n° 3, 1^{er} éd., p. 219-243, 1866.

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 Gysberths (1599), qui présente, à cette latitude, une île avec cette mention : *T. q. descobrio a não S. Paulo* ¹. 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 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 sables ou d'îles dangereuses.

Plus tard, dans l'automne de 1617, un navire hollandais, le *Zeewolf* (Loup marin), commandé par Hariëk 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 ². »

1. 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.

2. 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 un mille de nous, à

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 décembre 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

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 mille et demi 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. »

(l'Australie), afin d'examiner leur situation et d'y rechercher les traces d'un bâtiment, le *Ridderschap van Holland*, qu'on supposait s'y être perdu, en 1695, pendant une traversée du Cap à Batavia.

Le journal de cette expédition¹ 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 sa partie centrale, se trouvait alors complètement fermé et ne communiquait pas directement avec la mer comme aujourd'hui ; une digue peu élevée, mais continue, s'étendait entre l'échancrure du nord-est ; il fallut haler les embarcations à terre, et les faire passer par-dessus les galets, pour pouvoir 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).

Je vais maintenant passer rapidement en revue les principales relations de voyage, qui, ayant trait aux deux îles, 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.)

1. Voyez : *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 ; 3^e partie, Description de Banda, p. 68-71.

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.

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 always to be done as I have since experienced; for in going with the out third mate we struck and the surf breaking at the same time over the bar with great force, the boat was immediately 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.*)

Le lieutenant Georges Mortimer, à qui nous devons un récit de ce voyage, intervertit le nom 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 la côte sud et sud-ouest d'assez près, et l'ingénieur hydrographe Beautemps-Beaupré en fait un levé sous voiles.

A ce moment, l'île était en feu, un immense incendie, qui s'étendait à toute la partie est de l'île, s'opposait à ce qu'on y pût débarquer, la côte étant partout ailleurs inabordable; une fumée épaisse, qui s'étendait sous le vent de l'île, 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

1. Labillardière, *Relation du voyage à la recherche de La Pérouse*, t. I, p. 120-123. Paris, an VIII, R. F.

cet incendie à une cause volcanique ¹, mais il est plus vraisemblable qu'il avait été allumé par des baleiniers américains qui, déjà, commençaient à fréquenter ces parages, attirés par l'abondance des otaries et des cétacés. D'ailleurs, dans la relation de ce voyage, Labillardière, attaché à cette expédition comme naturaliste, nous apprend qu'à leur retour des mers du Sud ils surent 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 à bord 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 fumées 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'Emilie*, 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 ², 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. C'est sans doute à cette circonstance que l'île Amsterdam a dû de figurer pendant longtemps sur la liste des volcans actifs.

2. *Mémoires du capitaine Péron*. Paris, Brissot-Thivars, 1824 ; t. I, p. 171-258.

que je reproduis ici (fig. 25). 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 voyage¹ 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 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 trigo-

1. *Voyage de L. Macartney dans l'intérieur de la Chine et en Tartarie*, par G. Staunton ; trad. par J. Castéra. Paris, Buisson, an vi, R. F., p. 268 à 298.

Relation de l'ambassade... etc., traduite sur la deuxième édition d'Æneas Anderson, par le traducteur Lallemand. Paris, an iv, R. F., p. 42 à 46.

Voyage à la Chine, par John Barrow, traduit par Malte-Brun. Paris, 1807, p. 9 à 50.

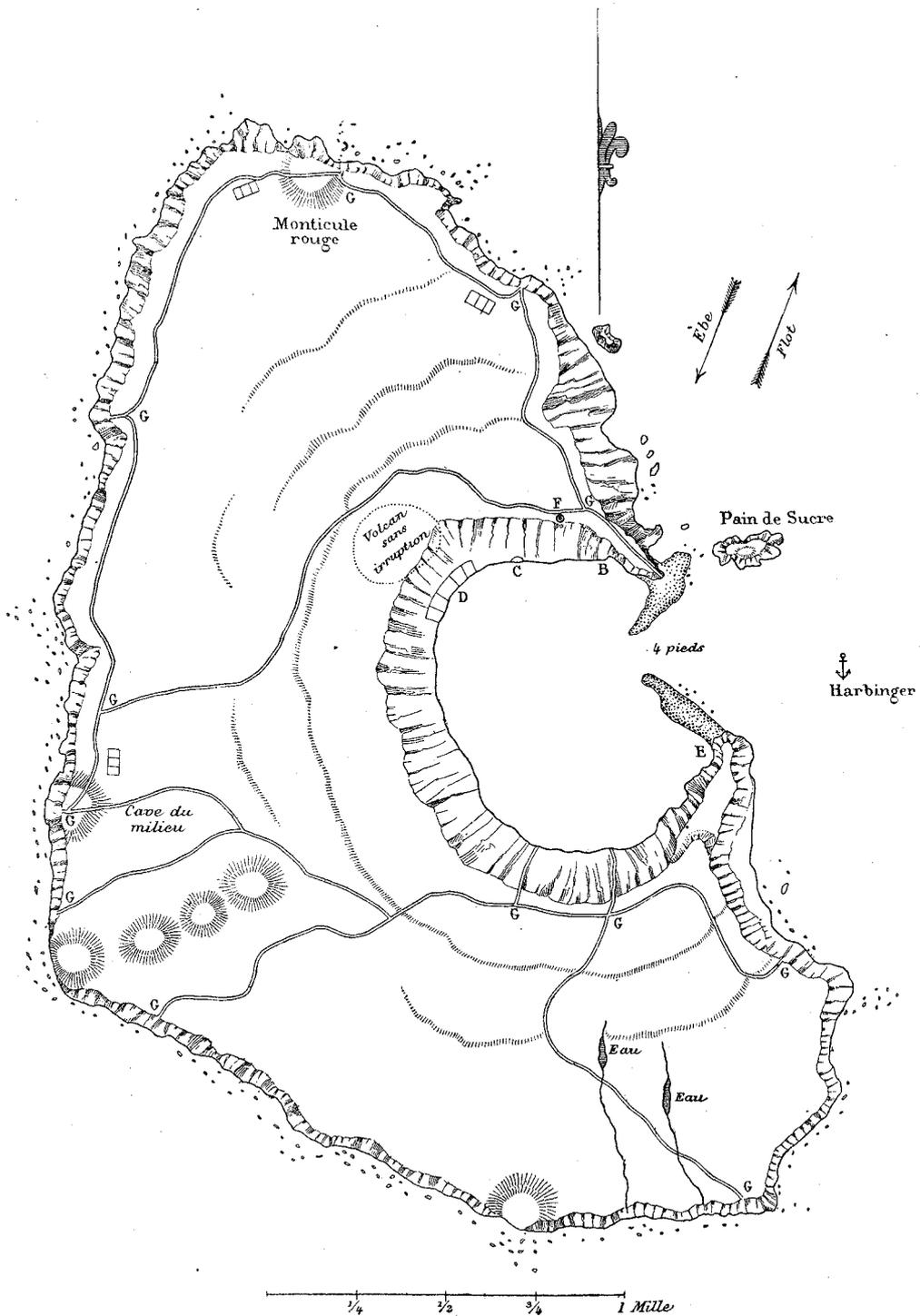


FIG. 25. L'île Saint-Paul en 1792 (d'après le capitaine Péron).

B, source thermale; C, E, grottes naturelles; D, jardins; F, mât de pavillon; G, G, points accessibles dans les falaises.

nométrique, 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 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 quelque partie de mousse, on aperçoit au-dessous une espèce de limon chaud, et en enfonçant la boule du thermomètre 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 la 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 en-

droit 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 Piétra-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, et je signalerai seulement le voyage de l'amiral Cécile, 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° 5' longitude est, méridien de Paris, tandis que celui d'Horsburg lui donnait une longitude plus orientale : 75° 35'.

Voici le résultat des observations faites à bord de l'*Héroïne* :

ILE AMSTERDAM.	Latitude sud, 37° 46'.
Observ. rapportées à la pointe nord.	Longitude est, m. P., 75° 15'.
ILE SAINT-PAUL.	Latitude sud, 38° 42'.
Observ. rapportées au Nine-pin.	Longitude est, m. P., 75° 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 Chine¹. Ces animaux s'y trouvaient, en effet, par troupeaux innombrables.

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

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 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.

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 aurait 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 entreprise¹.

Mais le gouvernement métropolitain ne voulut pas ratifier cette prise de possession ; il fit substituer le pavillon du protectorat au pavillon national, et les quelques soldats d'infanterie de marine qui composaient le poste d'occupation furent rapatriés².

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 fonder³, et les pêcheries de l'île Saint-Paul passèrent succes-

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 prendre possession, au nom de la France, des îles Saint-Paul et Amsterdam ;

Adam Mieroslowski, 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. Mieroslowski, 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.)

2. Par une dépêche ministérielle en date du 8 avril 1844.

3. 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

sivement dans des mains diverses qui ne furent pas plus heureuses, avant d'être, pour ainsi dire, abandonnées par suite de la perte des bâtiments affectés au transport de leurs produits ¹.

Si 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 2 000 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 ².

On doit à Mieroslawski, ainsi qu'à M. Heurtevent, qui lui

la Mouche; un brick, *le Souvenir*, d'égale importance; deux chaloupes à voile, de 10 tonneaux, une autre chaloupe plus petite, avec cinq baleinières.

Enfin le personnel se composait de 40 à 45 hommes, dont 28 pêcheurs et apprentis, 12 à 15 marins, avec un poste militaire de 5 soldats du 3^e régiment d'infanterie de marine.

1. *La Julie* presque au début de l'entreprise, en avril 1844; *le Souvenir* en 1847; *la Mouche* en 1850.

2. Le chiffre des importations de Terre-Neuve à la Réunion s'élève en moyenne à 300 000 kilogrammes par an; ce poisson, qui doit être sept mois en route, arrive souvent avarié.

succéda en 1849 ¹ dans le commandement des deux îles, et qui depuis 1853 est resté seul en leur possession, d'excellents renseignements 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 ².

Plus récemment, en 1853, un capitaine de la marine marchande, M. Tinot, qui, au début des opérations, avait commandé une des goëlettes de la pêcherie, donna de Saint-Paul, dans la *Revue coloniale* ³, 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 ⁴, ne renferme rien de spécial, le capitaine Denham s'é-

1. 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.

2. Les 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).

3. *Rev. coloniale*, 2^e série, t. XI, p. 387 à 404.

4. *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.)

tant borné à reproduire les descriptions antérieures. La carte levée par les officiers du *Herald*, et publiée en 1860 à l'échelle de 1/12 000°, 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 approfondie¹.

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 météorologie².

Il attachait en outre, nous dit M. le docteur Scherzer, historiographe 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 Sidney, avait été jeté par un coup de vent sur les récifs sud-ouest de l'île Amsterdam. Les naufragés s'étaient

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 Jellinck ; 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.

réfugiés sur l'île; 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. Hernemann, 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 leur 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-exact¹ et recueillir des collections importantes qui devaient servir plus tard à nous faire connaître la faune de l'île, sa flore et sa constitution géologique. Sous ce dernier rapport, le seul qui doive nous intéresser ici, les

1. Cette carte a été publiée en 1862, à l'échelle de 1/10 000, par l'amirauté autrichienne; elle est accompagnée d'un plan en relief fort exact, dû au capitaine Cybulz.

travaux de M. de Hochstetter¹ sont des plus importants; je les exposerai en détail dans un des chapitres suivants.

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 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.

« *Etendue.* — 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,

1. *Reise der Oesterreichischen fregatte Novara um die Erde (Geologischen Theil, p. 39 à 70. Vienne, 1866).*

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 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 lave, 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 ².

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. Mal-

1. *Annales maritimes*, 1814, t. III, n° 28, p. 746.

2. Horsburg, sixième édition, app. 47. Rapport du lieutenant Fiéreck.

gré 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 la côte ouest et sud, un point où le débarquement fût possible.

Dans le sud-est, une petite crique, où le ressac se faisait le moins 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 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, 2 784 pieds ; sommet est, 2 553 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 à la côte nord et nord-est, le tracé de la côte sud et sud-ouest, levée sous voiles par Beautemps-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.

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 C^o, 1876).

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, 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 qui s'est produite 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, et laissent entre elles une large échancrure, au travers de laquelle

on aperçoit bientôt en s'approchant 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.

Au moment de notre arrivée, en septembre 1874, cette passe, large de 80 mètres tout au plus à la marée basse, était elle-même obstruée par les épaves d'un grand transport anglais, la *Megara*¹, 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 50 lieues sous le vent, 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. 219) que Vlaming, quand il mit le pied sur

1. En juin 1871, le capitaine Thruppe, qui commandait ce navire, se voyant en perdition, avec des avaries irréparables, à mi-chemin entre le Cap et Saint-Paul, laissa porter sur notre île et vint s'échouer dans la passe en cherchant à la franchir.

l'île (1696), dut faire hâler 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, et ces dimensions étaient déjà doublées au moment de la visite de l'amiral Cécile : enfin, en 1842, Adam Mieroslawski la trouva ouverte 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 érosions aqueuses, d'après des considérations générales qui ne sauraient trouver d'application ici, car elles y seraient en pleine contradiction avec les faits ². C'est ainsi que la partie échancrée du

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.)

2. « 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 fré-

cratère, loin d'être au vent, comme il le suppose, se voit au contraire dans la direction des 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, qui se trouvait avoir originairement une forme quadrangulaire.

Le relief sous-marin accuse encore nettement cette forme primitive : 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 roches volcaniques.

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 en don-

quemment que le vent souffle dans cette direction. Par la même raison qu'elle se conserve une entrée dans le *lagoon* d'un atoll, 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, sixième édition, t. II, p. 341 et suiv.)

nant 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 déclinive que les lames franchissent aisément aux époques des grandes marées ou par les coups de vent. La première n'est jamais qu'exceptionnellement couverte, 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 représentent 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 en 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 contre-fort 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, après avoir franchi la passe, viennent accoster. 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 ce 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 1 200 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 planche 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 les 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 là ce qui a donné lieu aux expériences pittoresques des compagnons de Vlaming, qui amenaient dans ces petites sources, pour ainsi dire sans le tirer de l'eau, le poisson pris dans le cratère et l'en sortaient 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 de quelques centimètres, 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 reposaient directement sur 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.

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 et 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 entraînant 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. 25) 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 fait¹, nous apprend que le docteur Dwendee, médecin de l'expédition, plongeant alors un thermomètre sous la mousse, y constata 212 degrés Fahrenheit. En 1857, lors de l'expédition de

1. Péron, *loc. cit.*, t. I, p. 211.

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 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 docteur Gillian, médecin de l'expédition de *Macartney* (1793), de 87 degrés à 95 degrés ; elles ne dépassent plus maintenant 71 degrés, et nous avons trouvé de même 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 con-

sidérer comme telles les eaux, toujours peu abondantes, qui se recueillent et persistent un certain temps après les pluies, soit dans de petits bassins creusés à la surface de quelques coulées de lave, soit dans des parties suffisamment argileuses du sol tourbeux, 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 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'île¹. 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

1. Ces deux passages, qui ne sont praticables, en réalité, que pour descendre du haut du cratère vers le bassin, sont indiqués sur la carte de Péron (fig. 25).

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 graduellement jusqu'à son extrémité opposée, où elle n'atteint plus que 232 mètres¹.

Son périmètre est de 3 440 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 intervalle, 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, presque sans interruption, depuis l'arête supérieure jusqu'à la côte; mais par-

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 1837 par les officiers de la *Novara*. Ces derniers ne donnent, en effet, que 265^m,73 au point culminant de l'île, dédié au commodore Wullerstoff-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.

tout 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. 38 et 39).

Ces terres spongieuses et peu résistantes, qui deviennent par places de véritables fondrières, entravent à chaque instant la marche et rendent les excursions à la surface de l'île tellement pénibles et fatigantes, qu'il serait, pour ainsi dire, impossible d'en faire le tour en une seule journée. Ses dimensions sont cependant bien restreintes; elle ne mesure que 5 420 mètres dans sa plus grande longueur, de la pointe Schmith au nord-ouest à celle dite *Hutchison* au sud-est, et 2 700 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 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 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'al-

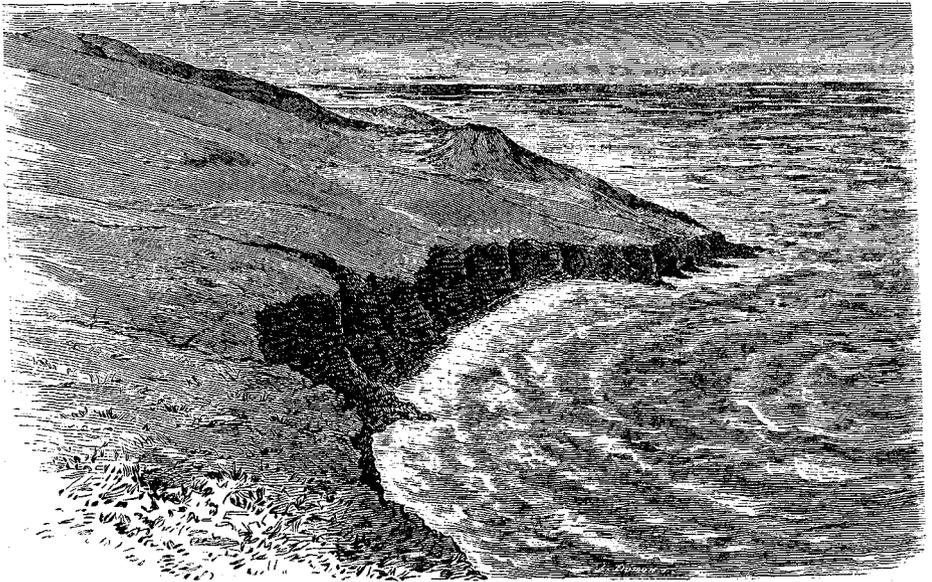


FIG. 26. La pointe Hutchison et les Deux-Frères, dans le sud-ouest.

titude 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. 4). 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 docteur Gillian et la relation de Staunton (voir plus haut, p. 224) ne laissent aucun doute à ce sujet. Mais déjà, en 1857, M. de Hochstetter nous apprend que 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 cra-

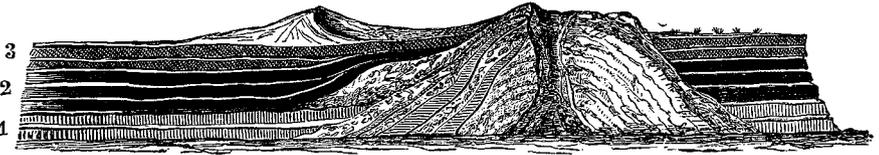


FIG. 27. Cône de scories de la pointe Schmith.

1. Laves à anorthite ; 2. Laves basaltiques ; 3. Laves à labrador.

tère, 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 réguliè-

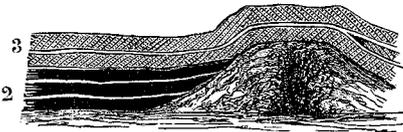


FIG. 28. Cône de scories sous les laves, dans la falaise du Nord.

èrement 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 aux grandes coulées basaltiques (n° 2 des figures 27 et 28) 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. 27 et 28) et ses projections se sont intercalées entre leurs 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

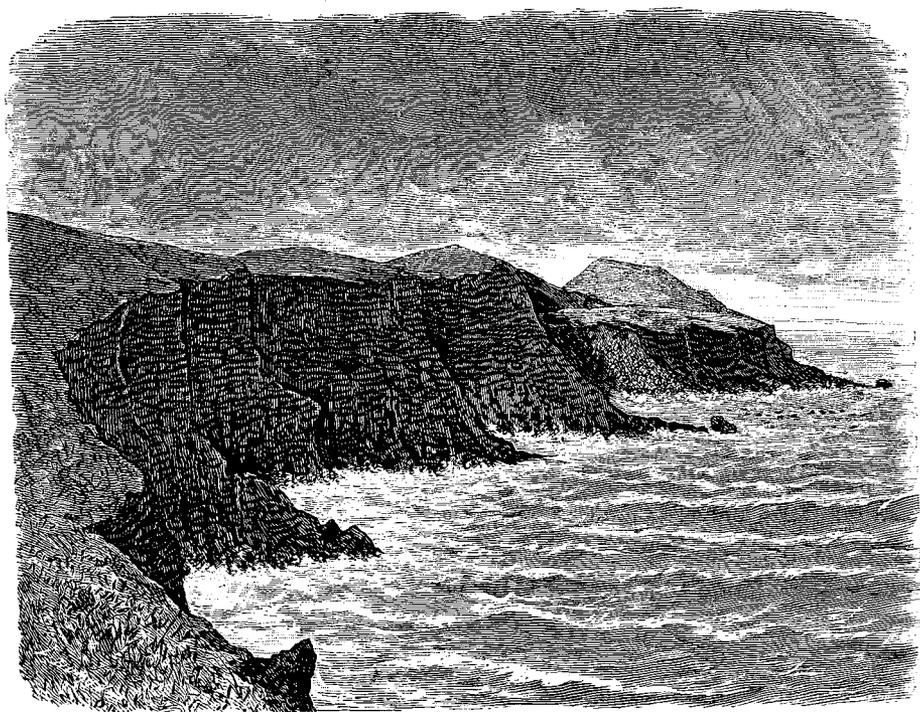


FIG. 29. Les falaises de la côte ouest.

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 laves parfaitement horizontaux, alternant régulièrement avec des lits de matériaux scoriacés. 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 leur pied, d'énormes blocs de laves 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. 26), 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 pourraient s'engager par des temps exceptionnellement calmes. Il serait 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'abrupte, mais surtout à cause du peu de consistance des bancs de laves et des couches de scories, qui résistent à peine sous le poids du corps¹.

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 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 ces oiseaux qui viennent y accoster.

Les falaises verticales qui enveloppent ces petites baies, ont souvent plus de 100 mètres de hauteur; sur le versant nord-est de

1. La carte de Péron (fig. 25) indique encore tous ces points accessibles avec une grande précision.

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. 30). Vu d'en haut, ce vaste affaissement, avec sa forme semi-circulaire, prend l'aspect d'un immense amphithéâtre naturel.

Des fumeroles abondantes se dégageaient autrefois dans tout cet espace et je tiens des pêcheurs que ces phénomènes étaient

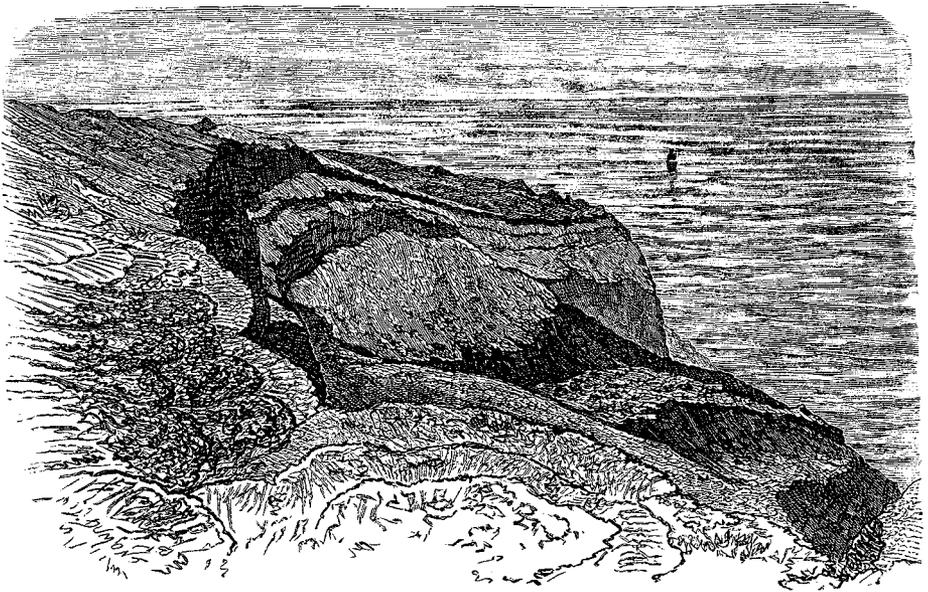


FIG. 30. — Falaises effondrées dans le nord-est.

encore manifestes, mais intermittents, dans ces dernières années. Leurs orifices seuls maintenant sont 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, les traces de ces anciens phénomènes geysériens sont encore plus 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, et 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 périodiquement 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 geysérien. Les laves y sont de même par places entièrement désagrégées et 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 Roûre*, qui se voient sur cette côte, à peu de distance de la terre, sont eux-mêmes 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, appartenant aux deux grandes familles des trachytes et des basaltes, se divisent ainsi en deux catégories bien distinctes, qui se superposent suivant cette loi naturelle qui a fait succéder les roches basiques aux roches acides. Mais leur importance est ici bien inégale : les laves basiques prédominent de beaucoup sur celles 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.

4. 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 n'est en quelque sorte que 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 4800 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

M. de Hochstetter, qui le premier nous a fait connaître ce massif volcanique, a distingué dans son histoire trois périodes principales, dont les deux premières auraient été sous-marines et la troisième seule subaérienne. Il a signalé les traits généraux de chacune d'elles, en décrivant avec soin la coupe si instructive des 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 réciproque 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-ouest, 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

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.»

se voient maintenant sous forme de tufs argileux et compactes, entremêlés de quelques débris des 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 basaltique. Poreuses et scorifiées 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 en trois périodes successives représentant, dit-il, l'histoire géologique de l'île tout entière :

1	2	3
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
<i>Rhyolithe.</i> — Tuf rhyolithique et brèche de perlite, d'obsidienne et de ponces.	<i>Dolérite.</i> — Tuf sablonneux et argileux ; latérite.	<i>Laves et scories basaltiques.</i> Filons basaltiques.
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
Eruptions sous-marines.		Eruptions 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 composent 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 formés 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 celles 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 anciens 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, motive 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.

J'ai déjà dit dans la première partie de ce travail, en décrivant le massif trachytique de la presqu'île d'Aden, que le terme de *rhyolithe* avait 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 leur 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 (Etats-Unis), d'accord avec von Richthofen, il reconnut dans ces rhyolithes les divisions suivantes :

1. *Nevadite*, rhyolithe granitoïde, caractérisé par l'état cristallin 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.).

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 feuilletts extrêmement minces se montrent plissés et

contournés comme pourraient l'être de véritables schistes ardoisiers ; d'autres fois, elles se décomposent en gros bancs très-épais, relevés en éventail. L'îlot du *Milieu*, 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

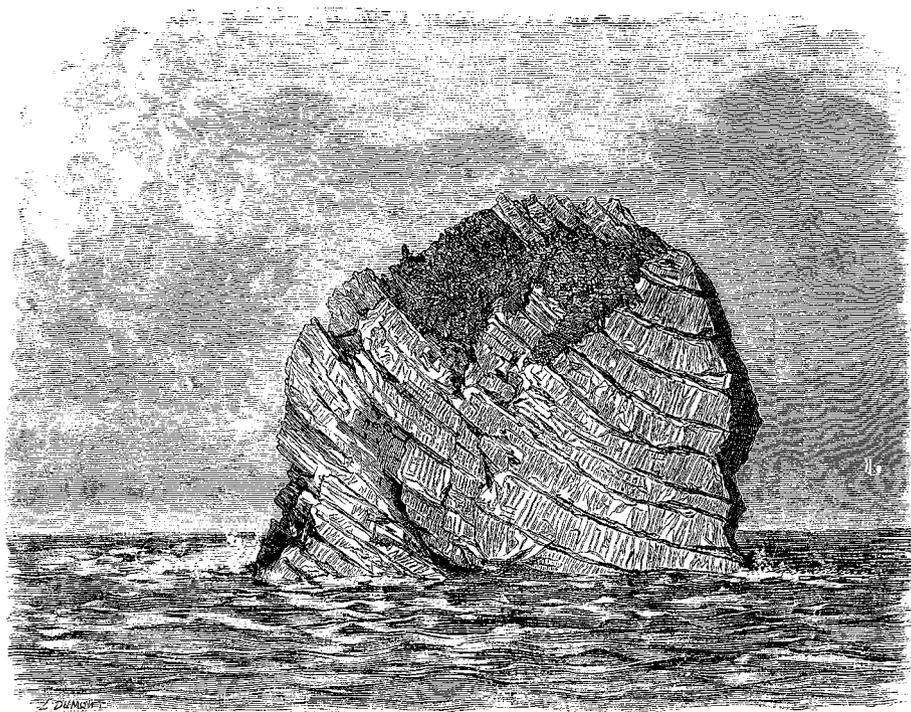


FIG. 31. L'îlot du Milieu.

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 de rhyolithe des falaises du nord-est. C. V.	
Silice.	71.81	72.46	
Alumine.	14.69	14.28	
Oxyde de fer.	3.97	4.65	Perte au feu : 1.52
Oxyde de manganèse. »	»	traces	
Chaux	1.57	0.84	
Magnésie	traces	0.15	
Potasse	2.27	4.29	Densité : 2.41
Soude.	2.70	2.67	
Perte au feu.	4.65	»	
	98.66	99.34	

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 mâcles caractéristiques. Dans les va-

riétés poreuses toutes les vacuoles sont tapissées et même remplies par ce minéral, qui trahit ainsi son origine secondaire.

Quelques microlithes feldspathiques très-clair-semés, 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-rare 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 on en juge par le contournement de ses feuilletaux 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.

Il en est de même pour les produits d'altération, qui 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 planche 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 compose d'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 punctuations 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'anorthite¹.

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^{mm},05) ; on les remarque surtout accolés à de grandes sections d'augite singulièrement brisées.

Cette roche, dans ses salbandes, est très-altérée ; elle devient tendre, même friable, 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 resoudés par des concrétions siliceuses, et sur une assez grande distance cette roche, profondément oxydée, prend des teintes d'un rouge vif.

1. Sur dix extinctions rapportées à la longueur, j'ai obtenu les résultats suivants : 37°, 50°, 21°, 27°, 32°, 64°, 58°, 45°, 39°.

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, intimement soudées à la roche ; leurs dimensions moyennes atteignent 3 millimètres en longueur et 0^{mm},5 en largeur, mais il en est 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 mâcles de Baveno et de Carlsbad caractéristiques, se reconnaissent facilement pour de la sanidine ; quelques larges sections simples, faites suivant ph^1 ,

qui se montrent traversées par les deux clivages rectangulaires et s'éteignent suivant leurs côtés, viennent encore confirmer cette détermination. Un examen chimique des plaques montre que les sections tricliniques 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 celle 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 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 une grande quantité de 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 elle ne disparaissait 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 figure 2 de la planche 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 microolithes 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 périclote, 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 pétersiliceuse, 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	Perte au feu : 2.87
Fe ² O ³	5.02	
Chaux	traces	
Magnésie	0.05	
Potasse.	1.39	
Soude	1.56	
	99.51	

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 sont sorties 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 été 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 sortes¹: les plus anciennes, sou-

1. Elles ont été représentées dans les vues de côté de la planche XXIV, les premières par des lignes brisées — — —; les secondes par une suite de points compris entre deux traits .

levées par les rhyolithes, pincées entre leurs feuillets, 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 les montre 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 granulés arrondis qui la colorent, cette matière prend une apparence corrodée et chagrinée à la surface et porte des indices incontestables d'altérations; elle n'exerce aucune action sur la lumière polarisée et ne renferme pas trace d'associations cristallines. Les débris de ponces 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.

Analyse du tuf ponceux
des
falaises du nord-est.

Silice.	70.17	
Alumine	15.39	Perte au feu : 3.72.
Fe ² O ³	2.95	
Chaux	1.04	
Magnésie	0.61	
Potasse.	6.18	
Soude	2.26	
	<hr/>	
	98.60	

L'analyse y indique, ainsi qu'on peut en juger par les résultats

précédents, 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.

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, après avoir pour ainsi dire cessé sur une certaine épaisseur, au point de l'emporter en nombre sur les fragments de ponces.

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 qu'au contact des filons nombreux de dolérite et de laves basaltiques qui les traversent, les ponces, profondément modifiées, se parent des colorations les plus vives.

Ces dernières, au microscope, se montrent encore 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, tels que la serpentine ou la chlorite, d'oxyde ferrugineux, et plus rarement de calcédoine,

qui polarise vivement. D'autres fois cette même roche, plus tenace et légèrement transparente sur le bord, simule un verre bien homogène. Mais au microscope on y reconnaît encore les fissures écaillées et les fractures rectilignes élémentaires des perlites : toutes ces cassures sont alors réduites à l'état capillaire. La figure 4 de la planche 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 de petits fragments 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, originellement réunis et formant une masse continue, semblent maintenant pous-

sés 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 montrent empâtés.

Ce verre acide est absolument pétrosiliceux; on ne peut le rendre transparent que très-difficilement. 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^{mm},5 à 0^{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 réelle 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 microlithes 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 celles 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 protégés, 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 planche 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 cohé-

rentes, 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 qu'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 botryoïdes 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. 32), mais

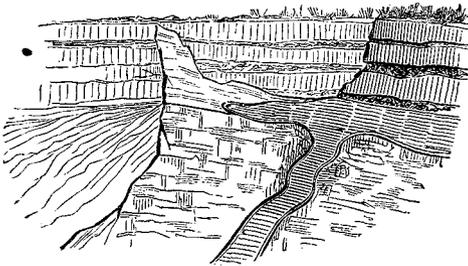


FIG. 32. Piton d'alunite traversé par un dyke de lave basaltique.

qui, le plus souvent, sans limites 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 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 sans doute, 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'épaisseur presque égale (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

1 000 à 1 200 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^{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 en outre 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 microlithes 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^{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 cris-

taux, 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 hémotropes, toujours très-distinctes. Quelques sections allongées, presque rectangulaires, faites suivant g^{1h^1} , donnent

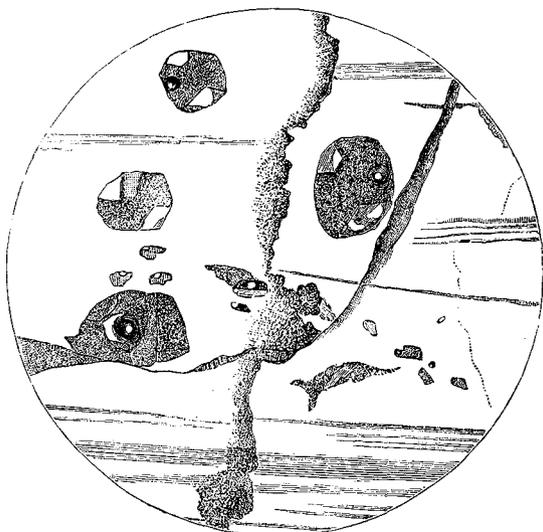


FIG. 33. Inclusions semi-cristallines dans un feldspath labrador de la dolérite.
Grossissement : 250 diamètres.

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^1 , 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 sub-

stance 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 celles extérieures du cristal, et se trouvent parfois en nombre considérable alignées d'une façon régulière suivant les plans de macle.

D'autres inclusions, à contours irréguliers ou arrondis, sont remplies d'une matière très-colorée, mais plus homogène et plus transparente que la précédente, et 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 figure 33.

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	Densité : 2.814
Mn ² O ³	0.05	
Chaux.	8.72	
Magnésie.	4.12	
Potasse	1.78	
Soude.	1.99	
Perte au feu.	0.78	
	<hr/>	
	100.50	

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 d'abondantes fumeroles, et se transforme 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 poisson, 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 0,3 à 0,5, que les pêcheurs exploitent pour établir leurs abris. Ces points, bien connus des capitaines de pêche, ont été souvent signalés par eux sous le nom de *carrières de pierres plates*, à cause de leur utilité.

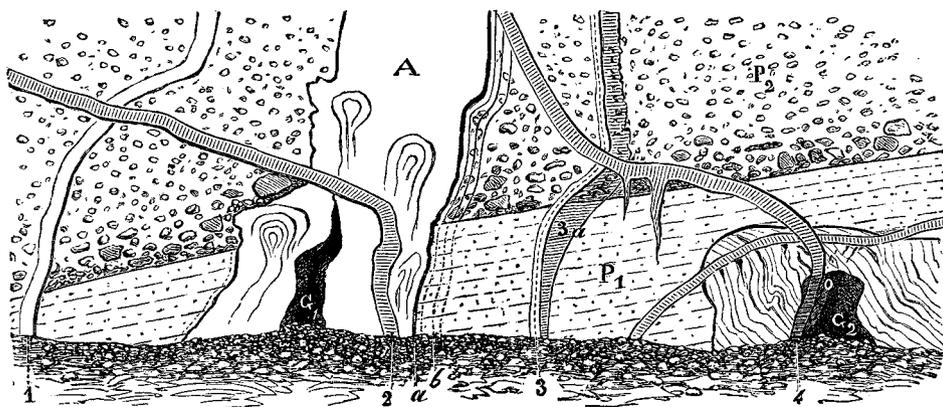


FIG. 34. Détail de la base des falaises à l'extrémité nord-est de la baie des Manchots. P₁, tufs ponceux; P₂, conglomérats ponceux et rhyolithiques; A, filon de dolérite; 1, 2, 3, 4, filons basaltiques; G₁ G₂, grottes naturelles.

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 a 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.

Celui situé dans le nord de ces falaises, et que représente en A la coupe ci-dessus (fig. 34), 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 brillants¹.

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*, qui se présente 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 petit 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 reflet 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 introduits dans les géodes par voie de sublimation, mais, le plus souvent, au lieu d'être appliqués directement sur la roche, ils sont implantés 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

1. Ce filon, à sa base, est divisé pour ainsi dire en deux branches par une grotte assez élevée (G₁, fig. 34), 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.

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 tous les 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 flot uniquement composé des roches rhyolithiques anciennes, percées par les 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 du 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 cette 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 produites 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. 27), 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-déliées, 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 est de beaucoup le plus abondant; 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, 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.	
Silice.	43.77	23.01	Rapport observé de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes.
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	Densité : 2.734
Potasse.	0.82	0.12	
	99.50		

L'augite, en grands cristaux, paraît différent de celui qui constitue la pâte; il est plus coloré 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*¹; les extinctions, qui, dans ce cas, sont toutes longitudinales, vérifient cette détermination. Il paraît également très-pur et ne renferme en inclusions que du fer oxydulé.

Le péridot, dans cette roche, paraît exceptionnellement rare; je n'en ai vu que deux ou trois exemples bien nets et très-roulés parmi 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 bien 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 tous les jours par centaines 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 que ces tufs sont 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 (planche 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 5 ou 600 mètres, et pourtant ces coulées sont loin d'être alors coupées dans le sens de leur longueur. Elles alternent régulièrement avec des lits plus ou moins importants de matériaux fragmentaires, généralement rougeâtres, à peine agglomérés, ou réunis par un ciment solide de nature basaltique.

Ces laves sont le plus souvent compactes, bien homogènes et très-résistantes ; elles prennent parfois 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 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'îlot du Nord (fig. 35), qui appartient à une des plus compactes de ces coulées, en montre un bel exemple ; mais cette structure, qui n'est en réalité bien distincte 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, elles se chargent encore 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 porphy-

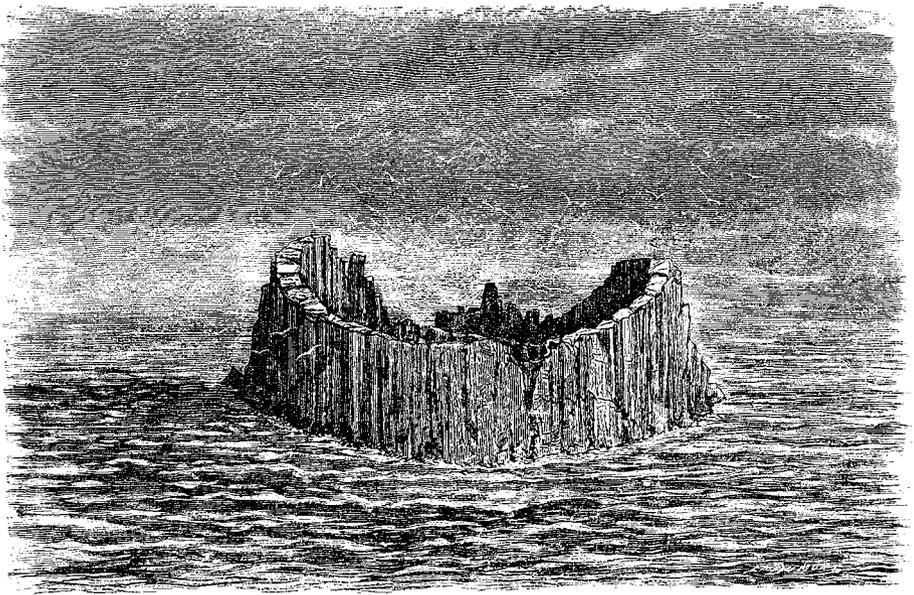


FIG. 35 L'îlot du Nord (colonnades basaltiques).

roïdes constituent plutôt un accident minéralogique au milieu de ces coulées, qu'une roche distincte ; leur aspect dépend d'une simple différence de structure.

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 millimètres), mais qui sont

alors vitreux et miroitants, le plus souvent sans contours distincts et intimement soudés à la roche. Toutes sont fortement magnétiques, ce qui tient non-seulement à la présence du fer oxydulé, mais surtout aussi 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 figure 27), ou bien encore dans celles 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 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 (planche V, figure 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^{mm},005. Quand on soumet les préparations à une courte digestion dans l'acide chlorhydrique porté de 40 à 60 degrés, les 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 re-

marque quelques 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.

Cet aspect n'est pas toujours le même : certaines coulées, notamment celles recueillies 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 des grains de magnétite.

Le fer oxydulé s'allonge entre ces divers cristaux, dont il semble même épouser les contours ; enfin, de place en place, on reconnaît encore des indices d'une pâte vitreuse, brune et transparente, identique à celle 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.

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 tous au labrador ou 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 on en juge par l'état de leurs surfaces très-tourmentées.

A l'appui de cette dernière hypothèse, je citerai encore l'aspect

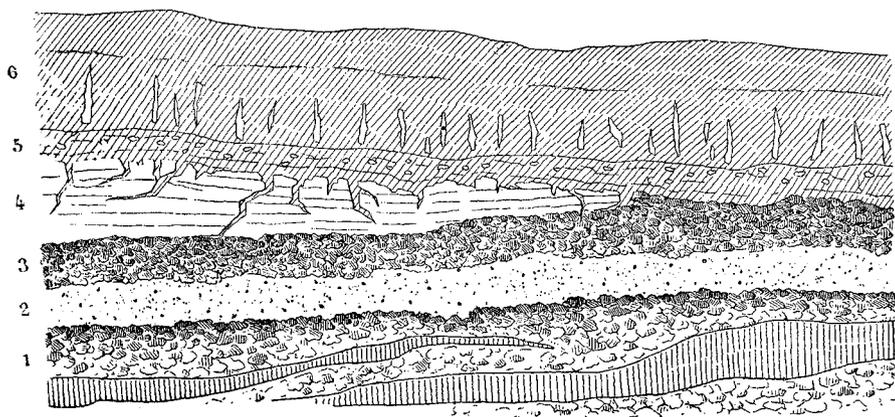


FIG. 36. Détail d'une des coulées de laves basaltiques à la pointe nord.

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-celluleuses, 0,60. — 4, argiles plastiques bigarrées, 0^m,50. — 5 et 6, lave basaltique, 2^m,50.

tout à fait vitreux de leurs parties inférieures. A la pointe nord, par exemple (figure 36), on voit l'une d'entre elles, qui repose tantôt sur des argiles rutilantes, éminemment plastiques, tantôt sur des scories spongieuses et boursouffées, s'injecter dans les argiles sous forme de petits filets ramifiés, d'une épaisseur moyenne de 0^m,03 à 0^m,04, et pénétrer dans toutes les scories d'une façon tellement intime, qu'elle les transforme en masses compactes qui semblent avoir été refondues. Sur une épaisseur de 0^m,20 (n° 5), cette coulée, à sa base, est essentiellement vitreuse et d'un noir de poix;

finement poreuse et très-homogène 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 0,04, dirigées toutes de bas en haut, et vraisemblablement dues à des dégagements de gaz.

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 qu'elles sont souvent très-cristallines, et que leur élément feldspathique 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 bien voisins de ceux fournis par la dolérite :

Silice	51.69	
Alumine.	16.26	
Fe ² O ³	15.26	
Mn ² O ³	0.06	Densité : 2.785
Chaux.	7.76	
Magnésie.	4.37	
Potasse.	1.90	
Soude.	2.00	
Perte au feu.	0.23	
	<hr/>	
	99.53	

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 lui-même mieux cristallisé, ses sections atteignent en moyenne une dimension de 0^{mm},025. Quant au périclote, il est toujours altéré et trans-

formé en serpentine ; c'est à cette circonstance que les laves doivent leurs teintes verdâtres. Enfin l'anorthite ne se montre plus parmi les cristaux anciens, 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 50 centimètres 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 planche 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 se 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 supérieures du cratère et s'étendent sur toute la surface extérieure de l'île, en s'avancant jusqu'à la côte ; elles sont surtout 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, peu enchevêtrées et moins épaisses que les précédentes ; les lits de scories avec lesquels elles alternent sont souvent, par contre, beaucoup plus importants. Le Nine-Pin Rock, dont la base

est constituée non par des tufs compactes, comme l'avait supposé M. de Hochstetter, mais par des laves basaltiques massives, 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 6 millimètres en largeur sur 1 centimètre 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 péridot d'un jaune ambré, qui se parent souvent de couleurs irisées très-vives. Un augite noir se laisse 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},04, qui sont très-légèrement verdâtres, fortement arrondis ou parfois bizarrement ramifiés, de manière à figurer de véritables arborescences; ils s'entremêlent avec un grand nombre de petits cristaux bien nets de fer oxydulé, et fournissent ainsi un magma cristallin, au milieu duquel on ne distingue que très-peu de petits cristaux microlithiques, allongés et incolores, de nature feldspathique. 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 d'autres cristaux de feldspath triclinique, affectant encore la forme microlithique, c'est-à-dire manifestement allongés suivant pg' , 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^{mm}, 025 en largeur et 0^{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 microscopiques, puis en la soumettant à un électro-aimant puissant après l'avoir pulvérisée, j'ai pu isoler tous les microlithes feldspathiques dans un grand état de pureté, et leur analyse m'a fourni les résultats suivants, qui répondent bien à la composition du labrador :

		Oxygène.	
Silice.	52.01	27.77	Rapport observé de l'oxygène, de la silice, de l'alumine et des bases monoxydes. 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	Densité : 2.702.
Potasse.	1.64	0.27	
	<hr/>		
	100.14		

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 au labrador et 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. L'anorthite ne ren-

ferme que peu d'inclusions ; elles se réduisent à des granules d'augite et à des enclaves vitreuses remplies d'une matière brunnâtre 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, 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'uné 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. Ces filons, qui sont en général vitreux sur leurs salbandes, et paraissent ainsi bordés de tachylite, sont au contraire très-cristallins dans leur partie centrale. Tous leurs éléments, plagioclase, augite, fer oxydulé ou titané, olivine, paraissent s'y être développés à l'aise et n'avoir subi aucune trace de charriage ; leurs formes sont ainsi presque toujours régulières et leurs contours nettement accusés.

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 attei-

gnent 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 ai donné un exemple dans la planche VI, où la figure 4 représente, à un grossissement de cinq cents 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° 3, 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 sous les éboulis et la végétation, et que dans le haut les escarpements sont inaccessibles ; ils 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 édiflée 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, et la formation sous-marine de tous ces produits est bien indiquée, non-seulement par les strates régulières des 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 feuillots des *tufs ponceux à petite*, 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 pro-

duits 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 successives.

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 à la base avec les 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

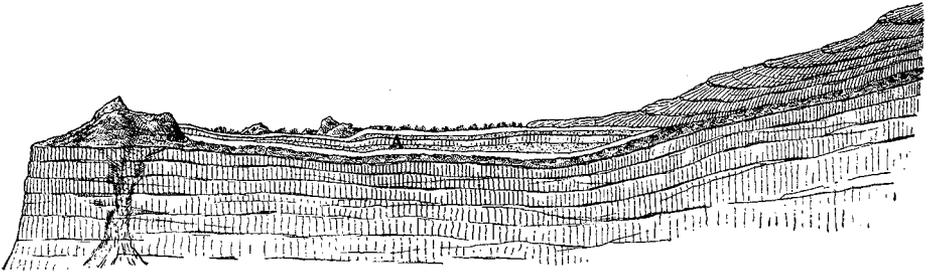


Fig. 37. Coupe nord-ouest sud-est au travers du plateau qui aboutit à la pointe nord.

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 leurs 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 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 plus en plus marquées. Vers la fin des laves à labrador même, leur durée fut telle, que sur la surface des coulées, décomposée par les agents

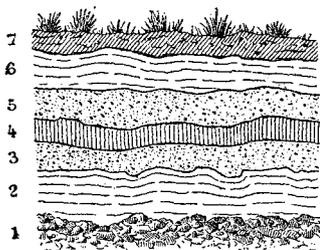


FIG. 38. Détail des couches A, dans la coupe précédente.

7, sol tourbeux et végétation actuelle de l'île; 6, argiles rouges plastiques, 0,40; 5, cendres volcaniques, 0,30; 4, tourbe noire compacte, 0,20; 3, cendres volcaniques et rapilli, 0,25; 2, argiles grises feuilletées, mélangées de scories décomposées, 0,45; 1, scories rougeâtres du cône de la pointe nord.

tourbe, dont la figure

atmosphériques, une épaisse végétation 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 figure 37), 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

38 indique 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 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, présente par instants des différences notables suivant la diminution ou l'augmentation de l'énergie des réactions volcaniques¹.

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

Il importait donc de constater ces variations, par de fréquentes analyses faites sur place, de rechercher leurs causes, et d'examiner, par exemple, 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 docteur Rochefort et moi, au maniement des instruments imaginés par Ch. Sainte-Claire Deville¹ 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 de jour en jour, leur composition. Depuis j'ai repris toutes ces analyses, en les effectuant d'une façon plus rigoureuse, à l'aide de l'appareil Doyère², dans le laboratoire du Collège de France, où j'avais eu l'heureuse chance de pouvoir rapporter absolument intacts, malgré de nombreux transbordements et tous les hasards 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 balance-

Santorin, a constaté également des changements considérables dans la température des sources et des dégagements gazeux de cette région.

1. Ch. Sainte-Claire Deville et F. Leblanc, *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.)

2. *Ann. de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXVIII, p. 6.

ment 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° 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, jusques 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 appa-

rait 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 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 à désagréger les roches feldspathiques et à les transformer 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. Aussi sont-elles suffisantes pour donner lieu à une nappe d'eau chaude dont la tempé-

rature 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.

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
	<hr/>	<hr/>
	100.00	100.00

2^o 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, 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 un 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 inférieur. En 1837, cette température, d'après M. de Hochstetter, était de 44 degrés centigrades ; nous ne

1. Les analyses des eaux de ces diverses sources thermales ont été confiées à M. le docteur Garrigou, si expert en ces recherches délicates ; elles seront publiées ultérieurement.

En 1843, le docteur 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° Fahrenheit, mais sans indiquer le point précis où elle avait été recueillie :

Chlorure de sodium.	2g,300
Sulfate de soude	0 ,053
Chlorure de calcium.	0 ,340
— de magnésium	0 ,059
Perte	0 ^g ,038
Eléments solides (total).	2g,790 pour 1 000 gr.

(*Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. V, II, p. 112.)

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 le recevant 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:

	Moyennes 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
	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

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
	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

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, 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 directement 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'accablent 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 éboullées 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 centigrades ¹. 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>

1. M. de Hochstetter, en signalant cette nouvelle source, lui a donné une température de 55 à 66 degrés centigrades.

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° 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 claires ou sim-

plement jaunâtres, 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-particulier.

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 laboratoire¹.

	Moyennes 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 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'Étna, un certain nombre d'émanations qui ont avec celles de ces petites plages la plus grande analogie. (*Mém. des savants étrangers*, t. XIV.)

	ETNA.			
	VULCANO.	Acqua Rossa.	Lac de Palici.	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		

5° 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 profonds, 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

1. Dans des études sur la faune et la flore des deux îles (*Arch. de zoologie expérimentale et générale*, t. IV, n° 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.

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 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
	99.72

On trouve là toutes les variétés d'opale, tantôt très-pures et d'un blanc éclatant, tantôt mélangées de carbonate de chaux concrétionné 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

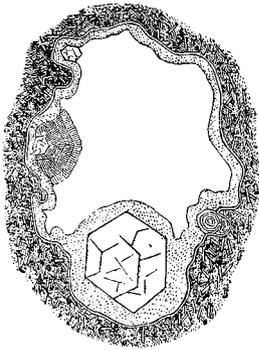


FIG. 39.

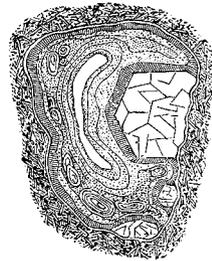


FIG. 40.

Opale, hyalite, tridymite et calcédoine dans une lave basaltique altérée (espaces chauds).
Grossissement : 100 fois.

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 figures 40 et 41 en fournissent des 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 hyaliques 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 mâclés comme ceux que représente la figure 41.

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 noirâtres 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 hématite rouge très-transparente ; le pyroxène, qui d'ordinaire résiste 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 appa-

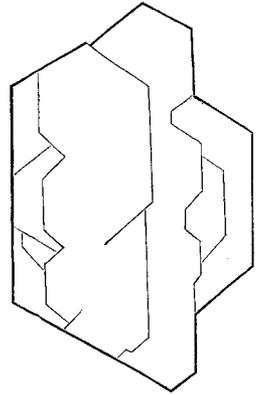


FIG. 41. Cristaux de tridymite mâclés.

Grossissement : 250 diam.

reils 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, 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 sta-

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.

bilité 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 et demi 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
	<u>10.000</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

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'é-

normes bulles viennent isolément éclater à la surface, avec bruit. 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 carbonique¹.

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, en effet, d'un gaz comme l'acide carbonique, 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 quan-

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.	60.36
Azote.	83.60
	<hr/>
	100.00

Cette grande quantité d'oxygène, jointe à l'absence d'acide carbonique, peut s'expliquer par l'agitation continuelle de la mer, et peut-être par la présence en ce point de grandes et nombreuses algues (*macrocystis pyrifera*).

lité d'acide carbonique rejetée, qui augmente et s'abaisse sensiblement avec elle.

Dans chacune des fumerolles, la composition et l'énergie du dégagement varie peu ; elles ne sont nullement influencées par les 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.

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 taxe) ;
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
	100.00	100.00	100.00

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 luno-solaires, et qui 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 quittions donc Saint-Paul, M. Lantz, M. de l'Isle et moi, avec deux matelots; nous emportions quinze jours de vivres, 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 achevions son 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 déchaîna 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 fortune qui battait le long du mât. La goëlette, balancée par une longue houle, flottait alors comme un bouchon, entraînée par des courants qui pouvaient avoir un nœud de vitesse. Ne sachant le che-

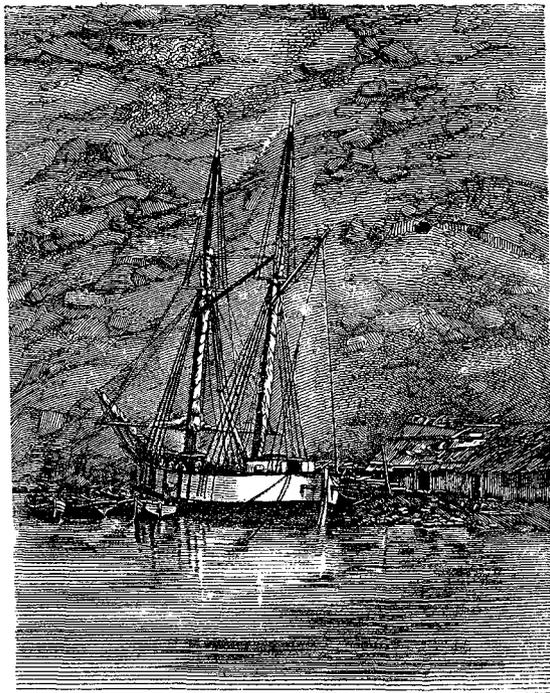


FIG. 42. *Le Fernand* au mouillage dans le cratère de l'île Saint-Paul.

min 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 encablures 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 trigonométriques 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 avons regagné *la Dives*, qui appareillait tout aussitôt, fuyant ces tristes parages et faisant route pour Saint-Paul.

Dans les premiers jours de janvier, après avoir quitté cette dernière île, *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 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'étaguant 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 8 600 mètres sur 5 500 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 elles ne s'abaissaient 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 de ces falaises; elles se dressent tout d'un jet jusqu'à une hauteur de 700 ou 800 mètres, et se montrent même absolument tail-

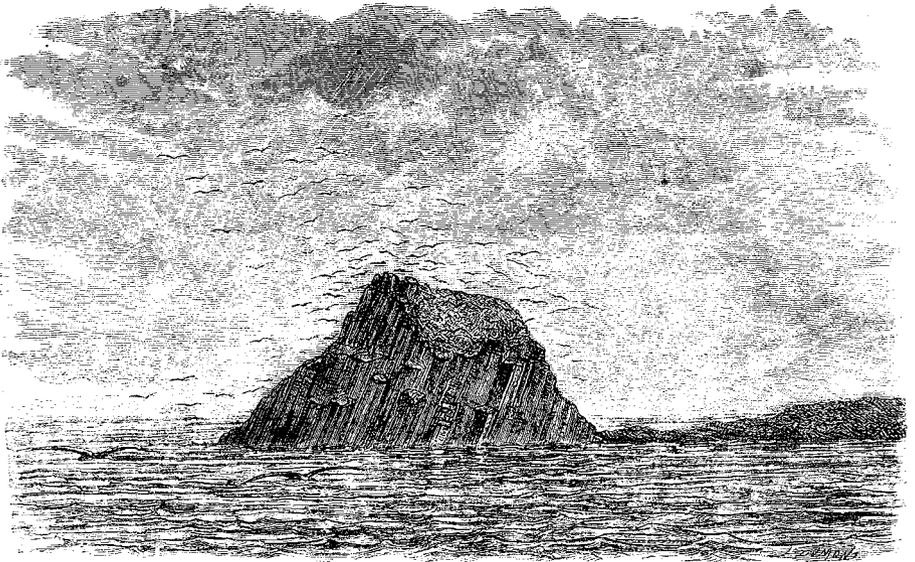


FIG. 43. Le d'Entrecasteaux.

lées 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'Entrecasteaux*, 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 sommet¹.

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 *Vlaming* et de la *Novara*. Ce sont des monticules coniques très-réguliers formés par l'accumulation de produits de projection, meubles 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 toute 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, vu de loin, m'a paru tronqué à son sommet par un vaste cratère très-régulier.

1. La carte publiée en 1874 par *la Pearl* figure ainsi les pentes de l'île comme convergeant toutes vers ce sommet unique, dont les dimensions sont alors exagérées.

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 vomis que des gaz et des scories ; ils sont situés à l'extrémité d'un grand courant de lave, et ressemblent à de véritables ampoules, 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 figure 2 de la planche 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 assez 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 mètres à 60 mètres.

Dans le Nord, à 1 200 mètres de la pointe Goodenough, on remarque deux magnifiques cônes de dimensions presque égales à celles du précédent, qui paraissent aussi très-anciens, si 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, et cependant elle n'a été que très-rarement en communication directe avec le foyer volcanique; il s'est alors 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; mais le plus souvent elle ne représente qu'une ampoule gigantesque, qu'un long tunnel creusé sous la lave dans le sens de sa coulée, et dans lequel 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 restée béante sur de grandes étendues. De place en place, les voûtes de ces boursoufflements ont mieux résisté et constituent maintenant des grottes singulières, longues et spacieuses,

garnies intérieurement de véritables stalactites de laves ; 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 entretenue 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 scorie ; elles se manifestent par de longues traces en forme de fossé, 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 fa-

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.

laises, et jusqu'à une altitude de plus de 200 mètres, des graminées, qui croissent par touffes épaisses, et surtout des *isolepis* (*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 des vents violents, à la manière d'un feutrage serré, ils constituent une sorte de tapis élastique, épais de plus d'un 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* sont souvent latéralement 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; enfin, dans l'est, elles paraissent s'être déversées en nappes très-étendues, dont les

surfaces figurent des paquets de cordages entrelacés. Cette région déserte se dessine vigoureusement au-dessus de celles 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. 44).

Ce cône, assez étalé, en partie enveloppé par les laves, s'élève

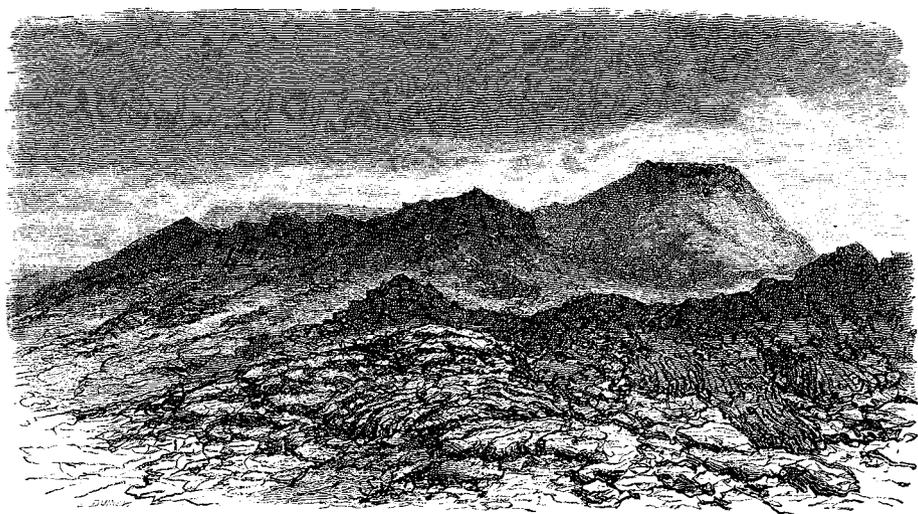


FIG. 44. Cône de scories du faux sommet.

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 dix 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 théodolithe 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, 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

1. Nous étions partis à quatre heures et demie, d'un campement situé sur le bord de la fissure centrale, à 266 mètres d'altitude.

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, entre deux nuages, 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 pour nous 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 sept heures nous l'avions atteinte et nous trouvions avec joie un immense brasier que nos 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 ovalaire, 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 domine 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)².

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 soupiraïl immense tombent de tous côtés absolument à pic, sans qu'aucune saillie, sans qu'aucun rebord

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 roc d'Entrecasteaux. Ils vécurent de privations et de souffrances sur l'île pendant trente-deux jours et furent rapatriés par un bâtiment italien.

2. 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 indiquées sur la côte (pl. XXVI) ont été relevées au théodolithe par M. Turquet.

vienne en faire soupçonner la présence. Son fond ténébreux paraît rempli d'eau, et ses parois se composent d'un nombre infini de coulées de laves noires superposées.

C'est actuellement le plus vaste foyer éruptif de l'île ; je suis heureux de lui consacrer le nom de mon cher et vénéré maître, M. le professeur Hébert.

Il doit son origine à une action explosive intense qui, fracassant la montagne et la perforant de part en part, a projeté avec violence tous ses débris. Dans l'ouest, le plateau aux alentours et

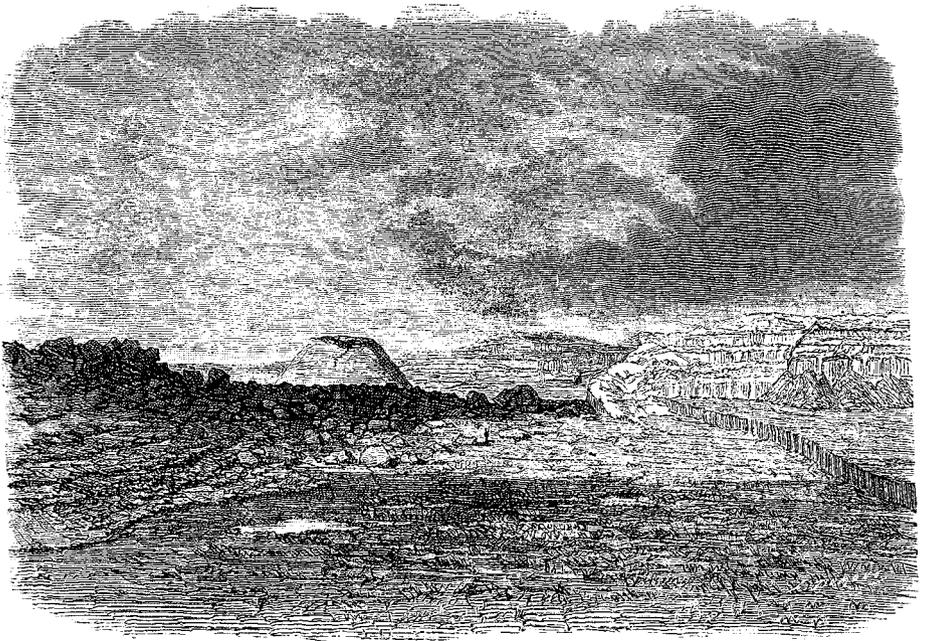


FIG. 45. Blocs projetés sur les hauts plateaux d'Amsterdam.

jusqu'à une grande distance (fig. 45) 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 déserte¹.

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.

1. J'ai cherché à tracer le parcours supérieur de cette coulée, en la désignant sous le nom de *laves récentes*, sur la carte 26; 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.

ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES LAVES DE L'ILE 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 et formés, par conséquent, des mêmes éléments.

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 et de nuances peu foncées, tantôt compactes et peu cristallines, tantôt, au contraire, vacuolaires ou coriacées et surchargées de grands cristaux de feldspath qui leur communiquent une belle structure porphyroïde. Mais ce ne sont pas là des caractères distinctifs, car le plus souvent ces variations dépendent de l'épaisseur et de l'inclinaison suivant laquelle elles se sont refroidies et peuvent ainsi s'observer dans l'étendue d'une même coulée.

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 et 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 dès à présent dans le détail de chacune d'elles, 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 Goodenough, 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. 46), dans laquelle on relève la succession suivante :

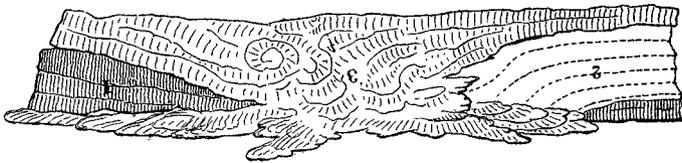


FIG. 46. Disposition des laves dans les falaises du nord.

1, laves basaltiques compactes ; 2, tufs à palagonite ; 3, laves feldspathiques.

Les laves basaltiques 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, qui se composent d'une roche grise, compacte ou finement celluleuse, très-tenace et d'une grande densité (2,88), dans laquelle on ne distingue à l'œil nu que de très-rares cristaux de feldspath, d'un blanc mat, simples ou associés à des grains d'olivine, très-altérés.

Au microscope, la texture de cette roche se montre essentiellement microlithique ; elle se décompose en une infinité de microlithes feldspathiques, très-brillants et fluidaux, dont les dimensions sont en moyenne de 0^{mm},1 pour la longueur et de 0^{mm},01 pour la largeur. Leurs contours sont 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 très-accusées et dont l'action sur la lumière polarisée est toujours assez faible. Leurs extinctions rapportées à la longueur se font toutes très-près de 0 degré, ou sous des angles encore fréquents de 15 à 18 degrés, qui peuvent tout aussi bien se rapporter à l'albite qu'au labrador; mais un examen chimique de la plaque écarte cette dernière espèce, car aucun de ces cristaux ne s'altère dans l'acide chlorhydrique, même après une ébullition prolongée.

Tous ces microlithes albitiques 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 à ce point, que les préparations sont à peine transparentes.

On ne distingue que rarement des indices d'une pâte vitreuse, incolore et complètement amorphe au milieu de ce magma cristallin; il enveloppe quelques cristaux d'olivine, arrondis, jaunâtres, et le plus souvent entourés de limonite, avec des cristaux en débris d'un beau feldspath triclinique, dont les sections brisées, mais toujours très-pures, larges de 0^{mm},1 sur une longueur maximum de 0^{mm},5, s'éteignent longitudinalement dans la lumière polarisée et se rapportent vraisemblablement à l'oligoclase.

Ces laves ont pour composition chimique :

Silice	55.60	
Alumine.	18.31	
Fe ² O ³	10.04	
Chaux.	5.52	Densité : 2.88
Magnésie.	4.16	
Soude.	4.95	
Perte au feu.	2.82	
	<hr/>	
	101.40	

L'élément qui de beaucoup prédomine ici, c'est l'augite; jamais

il ne présente cependant de formes cristallines bien franches ; dans quelques variétés de ces laves 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},004.

La teneur élevée en silice et la forte proportion des alcalis dans cette roche indiquent bien la nature tout à fait particulière de ses éléments feldspathiques.

Auprès de la chaussée des Otaries, ces coulées sont directement recouvertes par des laves encore grisâtres, criblées de grands cristaux d'un feldspath vitreux et prenant, par conséquent, une belle structure porphyroïde qui les différencie immédiatement ; mais à 6 ou 700 mètres au delà, vers la pointe Goodenough, on voit une masse énorme de tufs jaunâtres, bien stratifiés, qui vient s'intercaler entre les deux.

Ces tufs (A de la planche XXVI et n° 2 de la figure 46) se développent sur une longueur de près de 100 mètres et 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.

Ces tufs résultent évidemment d'éruptions sous-marines ; ils sont composés d'une palagonite incolore ou jaunâtre, dont les globules, absolument pressés les uns contre les autres, sont très-transparents, ou 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 rougies sur leurs surfaces extérieures. Toutes sont magnifiquement cristallisées et se composent uniformément de labrador, d'augite, de péridot et de fer oxydulé. Tous ces cristaux, poussés

comme en désordre les uns contre les autres, n'ont cependant subi aucune trace de charriage, et se présentent avec des formes presque géométriques. Les altérations superficielles ont amené une oxydation complète de tous les éléments ferrugineux de la roche; le labrador seul a résisté; il exerce toujours son action vive sur la lumière polarisée; mais il disparaît fréquemment sous une épaisse couche de limonite.

Les laves grisâtres et feldspathiques (n° 3, fig. 46) 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, épaisses 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); beaucoup plus serrées et en même temps moins cristallisées dans les parties centrales.

Au microscope, c'est l'inverse qui a lieu; au centre de chaque coulée, cette lave prend, en effet, une texture cristallitique et présente un grand nombre de cristaux bien développés de feldspath triclinique, d'augite, de péridot et de magnétite, au milieu d'un magma cristallin peu abondant, composé des mêmes éléments, à l'exception du péridot, réduits à l'état de microlithes; tandis que, dans ses bandes externes, le feldspath et le péridot existent seuls à l'état de grands cristaux et paraissent isolés au milieu d'une pâte vitreuse peu colorée, qui cimente tous les microlithes précédents.

Les éléments feldspathiques de cette roche sont encore au nombre de deux; mais ils sont ici tout différents des précédents et appartiennent au labrador et à l'anorthite. Le premier se trouve toujours à l'état de grands cristaux, criblés le plus souvent d'un nombre considérable d'inclusions de matière amorphe distribuées régulièrement suivant les plans de macle; il est très-transparent et ne porte aucune trace d'érosion sur ses arêtes, qui restent toujours aiguës. Le second ne quitte pas la forme microlithique, et ne renferme en inclusions que de petits prismes aiguillés d'augite.

Le péridot devient très-abondant dans ces laves, il est toujours roulé, mais ses cristaux rugueux et incolores sont peu altérés.

L'augite se présente non-seulement en grands cristaux d'un brun violacé, ainsi qu'en petits grains verdâtres assez irréguliers de forme, mais on le reconnaît encore en prismes aiguillés d'une ténuité extrême, qui paraissent de consolidation plus récente que les deux états précédents, car ils viennent s'implanter à la surface de tous les cristaux, en divergeant dans différents sens; ces petites houppes de pyroxène sont surtout abondantes autour des octaèdres de fer oxydulé, qui paraissent avoir exercé sur elles une attraction puissante.

Ces laves, 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 en grandes cavernes qui souvent ont servi d'abri à ceux que le malheur avait 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; le labrador 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 cette même substance.

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, ne renferme plus qu'un seul élément feldspathique, le labrador, qui forme tout à la fois les microlithes et les cristaux macroscopiques. Ces derniers, toujours de grande dimension (4 millimètres carrés en moyenne), sont d'une grande fraîcheur et jamais en débris. Ils doivent être cependant antérieurs à la production des microlithes, car ils renferment de nombreuses inclusions vitreuses, tandis que les microlithes n'en contiennent pas. Cette lave, riche en augite, est surchargée de fer oxydulé; le

péridot y abonde, en larges grains très-arrondis, d'une grande pureté, enveloppés et comme protégés par une bande hématiteuse d'un brun rouge.

Elle est directement recouverte par de puissantes coulées de laves compactes, grisâtres, identiques, comme composition et comme structure, à celles qui forment la base des falaises vers le cap Goodenough. Ces laves à albite et à oligoclase sont surmontées à leur tour d'une nappe très-étendue 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 mêmes produits, 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 la roche, qui paraît très-transparente, non altérée et se compose des mêmes éléments que la coulée du débarquement, avec cette différence cependant que le labrador y reste complètement à l'état microlithique.

Tout cet ensemble est recouvert par les laves feldspathiques à labrador et à anorthite (n° 3 de la figure 46), qui paraissent prendre un grand développement dans toutes les falaises de la partie est.

Dans cette direction, les laves plus récentes rejetées par les cratères Dumas sont toutes essentiellement labradoriques; elles renferment 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 péridot, en les entourant d'un bourrelet, et la pâte, décolorée aux alentours, paraît d'un brun clair assez transparent.

J'en dirai autant de celles qui se sont épanchées du cratère du faux sommet, qui sont également à base de labrador; mais ces dernières présentent ce caractère particulier, que je n'ai retrouvé dans aucune autre des coulées examinées, de contenir, avec une abondance extrême d'augite, quelques cristaux en débris d'une 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; la pâte qui l'enveloppe se montre au microscope bien cristallisée et se compose de cristaux bien développés d'augite, de larges microlithes d'anorthite, associés à des grains de péridot, et reliés entre eux par une matière amorphe noire, complètement opaque, qui ne devient légèrement transparente qu'après une longue digestion dans l'acide chlorhydrique. Sa coloration tient évidemment à de petits grains ultra-microscopiques de fer oxydulé et cet élément ne se montre pas sous un autre état 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 considérables. La dolérite d'Amsterdam est à base d'anorthite; tous les cristaux de ce feldspath, largement développés (4 millimètres sur 3 millimètres en moyenne), souvent pressés les uns contre les autres, sont reliés entre eux par un magma cristallin composé uniquement de petits granules arrondis ($0^{\text{mm}},1$) 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 de même entièrement constituées par une lave à anorthite. Mais cette dernière est grisâtre, très-compacte et d'un aspect grenu qui rappelle tout à fait celui de ces grandes coulées de laves 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 périclase 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 à l'anorthite, il se présente surtout en longs microlithes mal terminés, très-brillants et composés de deux ou trois lamelles hémotropes 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 figure 2 de la planche V en reproduit un exemple, vu sous les nicols légèrement croisés, à un grossissement de 80 fois.

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; mais elles peuvent encore se différencier par la nature de leurs éléments feldspathiques constituants.

C'est ainsi que les plus anciennes, celles que nous pouvons considérer comme appartenant au noyau central de ce massif, et qui nous apparaissent maintenant sous forme de projections autour

du grand cratère d'explosion des hauts plateaux, sont à base d'anorthite.

Dans les parties basses des falaises de la côte, les laves sont essentiellement labradoriques ; elles comprennent un mélange des deux espèces, anorthite et labrador, dans le haut de ces mêmes falaises, puis redeviennent uniquement composées de labrador dans les coulées plus récentes qui recouvrent les pentes du versant oriental (coulées des cratères Dumas, du cratère du faux sommet, etc.).

Enfin les laves du cratère Hébert, qui se sont épanchées en dernier lieu et semblent avoir épuisé toute l'énergie de ce volcan, ne renferment de nouveau que de l'anorthite.

Nous venons déjà de voir dans les laves de l'île Saint-Paul cette succession et surtout cette même récurrence de l'anorthite, mais là s'arrête l'analogie. Les laves d'Amsterdam sont, en effet, beaucoup plus augitiques que celles du volcan voisin, et surtout beaucoup plus riches en péridot. Elles sont en même temps plus basiques, à une seule exception près, fournie par ces laves basaltiques à albite et à oligoclase qui s'intercalent au milieu des coulées labradoriques à la base des petites falaises du nord.

Elles représentent une phase d'activité unique qui doit correspondre à la fin de la grande période éruptive du volcan de Saint-Paul, dont l'origine est ainsi plus ancienne. Je n'en donnerai comme preuve que 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 la constitution géologique. Elles appartiennent à deux centres éruptifs complètement distincts, qui ont dû fonctionner isolément et ne se sont jamais trouvés réunis. 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.

Elles ne se rattachent directement à aucune des grandes chaînes volcaniques connues, et doivent constituer, au milieu de l'océan Indien, un petit groupe volcanique particulier et indépendant, dont je me réserve d'établir prochainement l'âge relatif en comparant ses produits à ceux des régions classiques.

TABLE DES GRAVURES CONTENUES DANS LE TEXTE.

	Pages.
1. Carte de la presqu'île d'Aden	2
2. Quartz corrodé dans un trachyte quartzifère d'Aden	18
3. Opale et tridymite	20
4. Mâcles multiples de tridymite.	27
5. Opale, tridymite et calcédoine dans un trachyte rhyolithique.	32
6. Hyalite et tridymite dans un trachyte rhyolithique.	33
7. Dyke de basalte dans les laves à anorthite	42
8. La plaine des Sables et le volcan (<i>île de la Réunion</i>).	77
9 à 13. Microlithes, cristallites et trichites dans une lave vitreuse.	86 et 87
14. Le Formica-leo, au pied du pas de Bellecombe.	95
15. Une grotte sous les laves (la Chapelle), au pied du piton Bory, d'après un dessin du D ^r Cassien	101
16. La grotte de Rosemond (vue extérieure), d'après un dessin du D ^r Cassien	113
17. Inclusions de magnétite dans un feldspath labrador	175
18. Une ravine dans le cirque de Salazie, d'après un dessin du D ^r Cassien.	181
19. Le pont de l'Escalier, à l'entrée du village de Salazie	187
20. Vue intérieure du cirque de Salazie ; le piton d'Encheing.	188
21. Talus de serpentine dans le lit de la rivière du Mât (D ^r Cassien).	194
22. Encaissements basaltiques de la rivière du Mât	196
23. Le Gros-Morne après l'éboulement, d'après un dessin du D ^r Cassien	201
24. Basaltes prismés près des sources de la rivière du Mât, d'après le D ^r Cassien	209
25. Carte de l'île Saint-Paul, d'après le capitaine Péron (1792)	223
26. La pointe Hutchison et les Deux-Frères dans le sud-est	250
27. Cône de scories de la pointe Schmith	252
28. Cône de scories sous les laves, dans les falaises du nord.	252
29. Les falaises de la côte ouest	253

	Pages.
30. Falaises effondrées dans le nord-est	256
31. L'îlot du Milieu (rhyolithe).	265
32. Piton d'alunite traversé par un filon de lave basaltique.	282
33. Inclusions semi-cristallines dans un feldspath labrador.	285
34. Détail du bas des falaises, à l'extrémité nord de la baie des Manchots.	288
35. L'îlot du Nord.	295
36. Détail d'une coulée de lave basaltique, à la pointe Nord	298
37. Coupe en travers du plateau aboutissant à la pointe Nord	307
38. Détail des parties tourbeuses (A) dans la coupe 38.	308
39 et 40. Opale, hyalite, tridymite et calcédoine dans les laves basaltiques altérées des espaces chauds.	322
41. Cristaux de tridymite mâclés	323
42. <i>Le Fernand</i> au mouillage dans le cratère de l'île Saint-Paul.	329
43. Le roc d'Entrecasteaux (île Amsterdam)	333
44. Cône de scories du faux sommet.	340
45. Blocs projetés par le cratère Hébert	344
46. Coupe géologique des falaises du nord.	347

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION	1
DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA PRESQU'ÎLE D'ADEN.	
Historique	1
Considérations générales.	9
Massif trachytique.	13
Laves basaltiques	40
Résumé	43
ÉTUDES GÉOLOGIQUES SUR L'ÎLE DE LA RÉUNION.	
Historique	49
Description générale.	53
Ascension du volcan.	57
Résumé de la constitution géologique du massif récent	145
Description géologique du massif ancien.	148
Résumé de la constitution géologique du massif ancien	196
DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES ÎLES SAINT-PAUL ET AMSTERDAM.	
Histoire de la découverte des deux îles.	215
<i>Ile Saint-Paul.</i> — Description générale.	241
Description géologique.	259
Massif rhyolithique.	264
Massif basaltique	283
Histoire successives des éruptions	304
Sources thermales et fumerolles.	309
Conclusions.	326
<i>Ile Amsterdam.</i> — Traversée de Saint-Paul à Amsterdam.	328
Description géologique.	332
Etude microscopique des laves	346
Résumé	354

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 opa-
ques, etc. |
| 11. Orthose (sanidine). | 28. Matière pétrosiliceuse. |
| 12. Microcline. | 29. Fissures perlitiques. |
| 13 et 14. Feldspaths tricliniques. | 30. Vacuoles dans les roches. |
| 15. Inclusions vitreuses. | 31. Défauts dans les plaques dus au po-
lissage. |
| 16. — liquides. | |
| 17. — gazeuses. | |

(Les 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. Lemercier.)



Fig.1. Trachyte quartzifère .



Fig.3. Perlite de Steamer-point.



Fig 2. Rhyolithe silicifié .



Fig.4. Calcédoine dans les obsidiennes.

PRESQU'ÎLE D'ADEN .

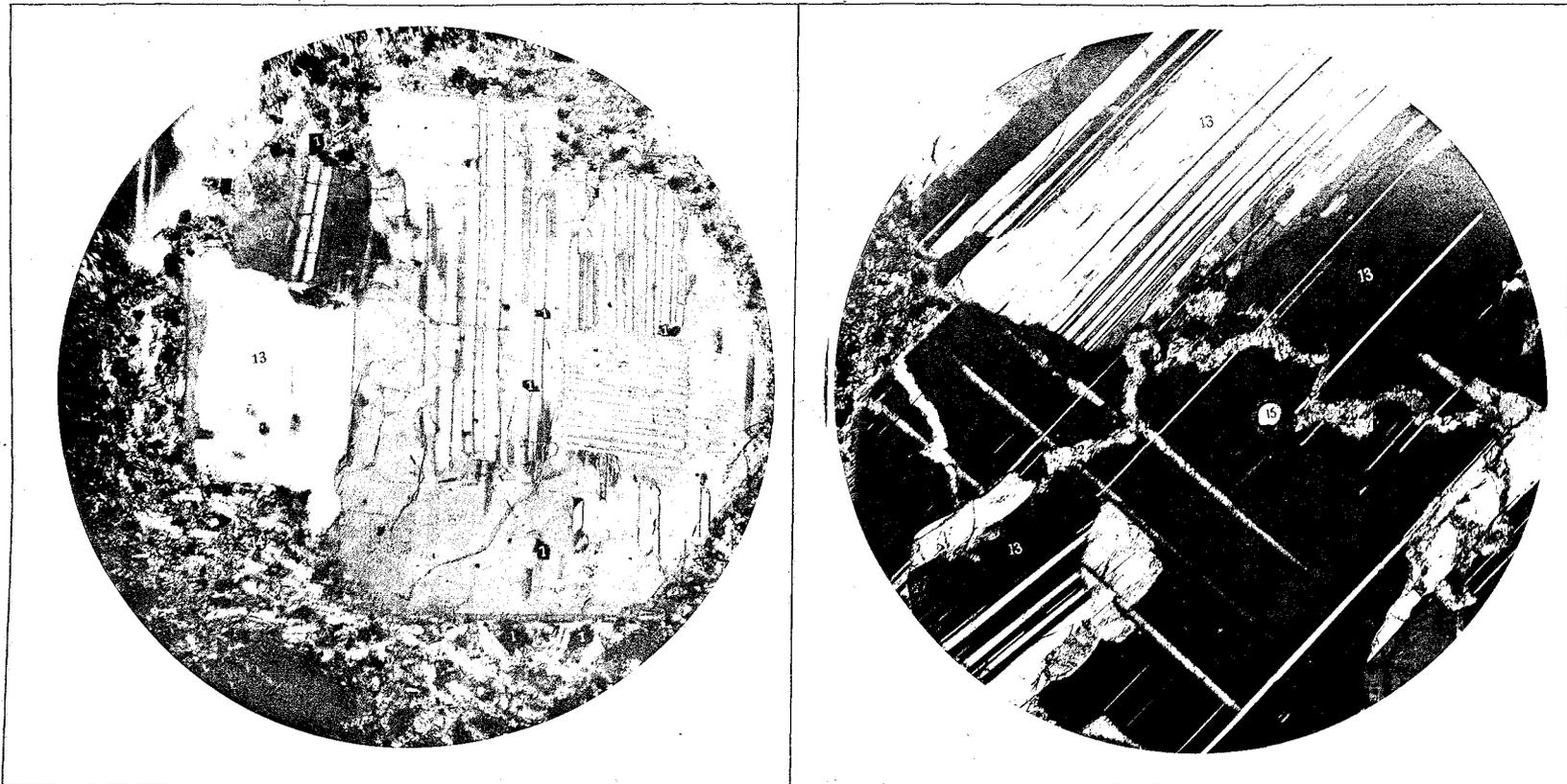


Fig. 1.
Groupements de Feldspaths tricliniques dans une lave de la rivière des galets.

Fig. 2

ÎLE DE LA RÉUNION .

Photoglyptie Lomercier & C^{ie} Paris.

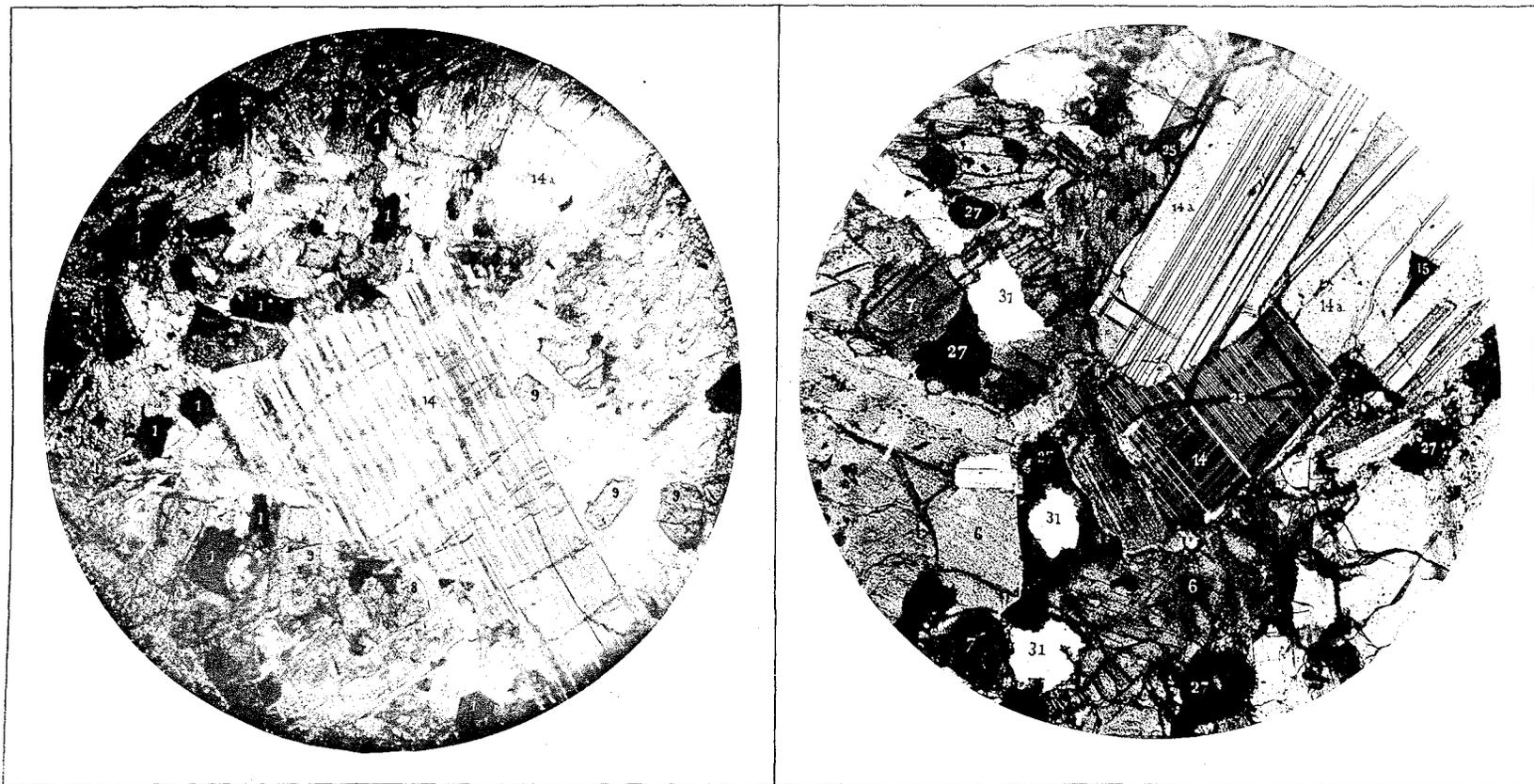


Fig.1. Dolérite en filon dans les escarpements du Grand Bénard.

Fig.2. Feldspaths tricliniques, diagenèse et hypersthène dans les conglomérats de la ravine du trou.

ÎLE DE LA RÉUNION

Phototypic Lemerrier & C^{ie}, Paris.

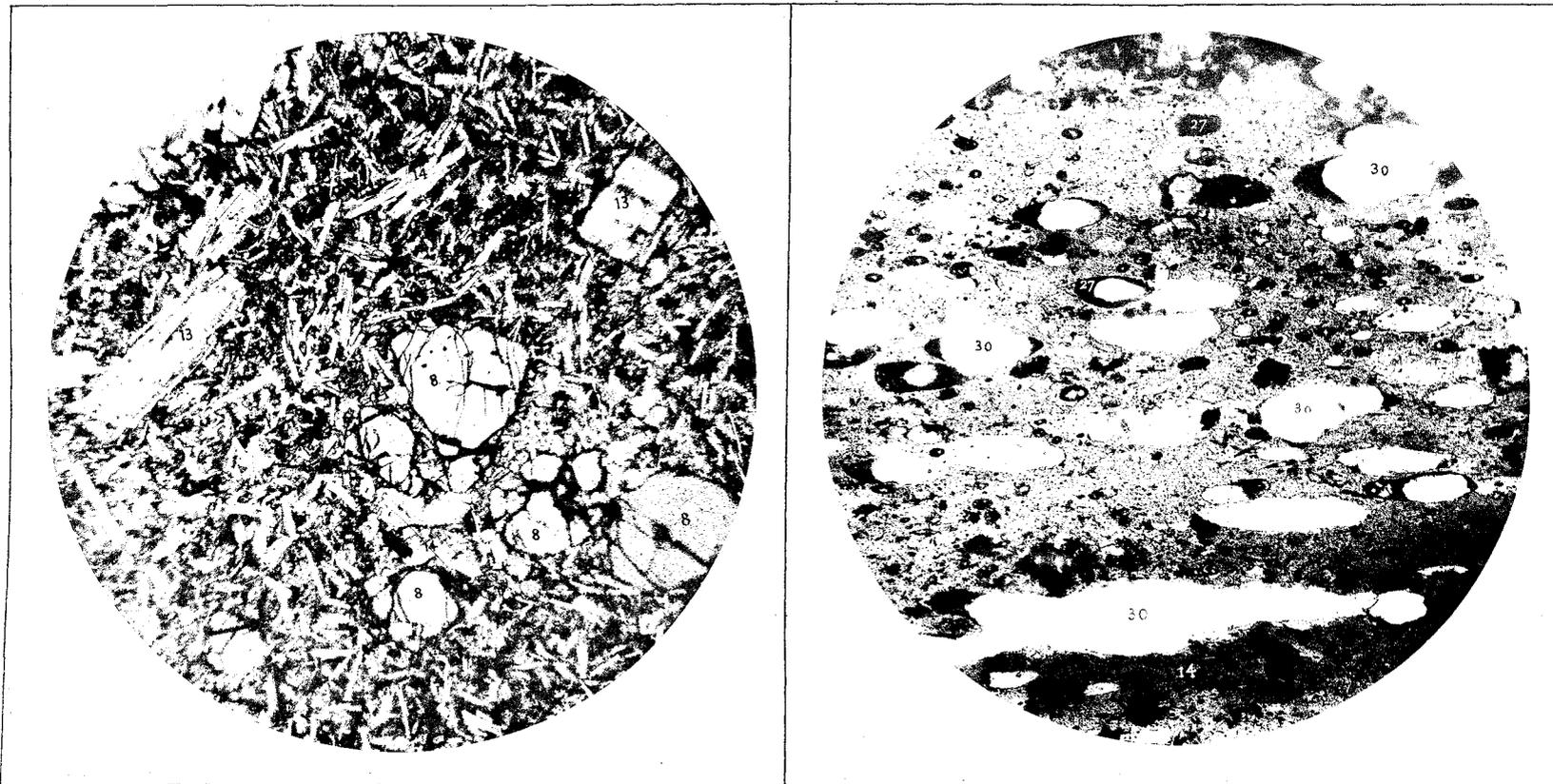


Fig:1. Basalte de la Rivière des Galets.

Fig: 2. Hyalomelane de l'éruption de 1874.

ÎLE DE LA RÉUNION .

Photoglyptie Lemercier & C^o Paris.

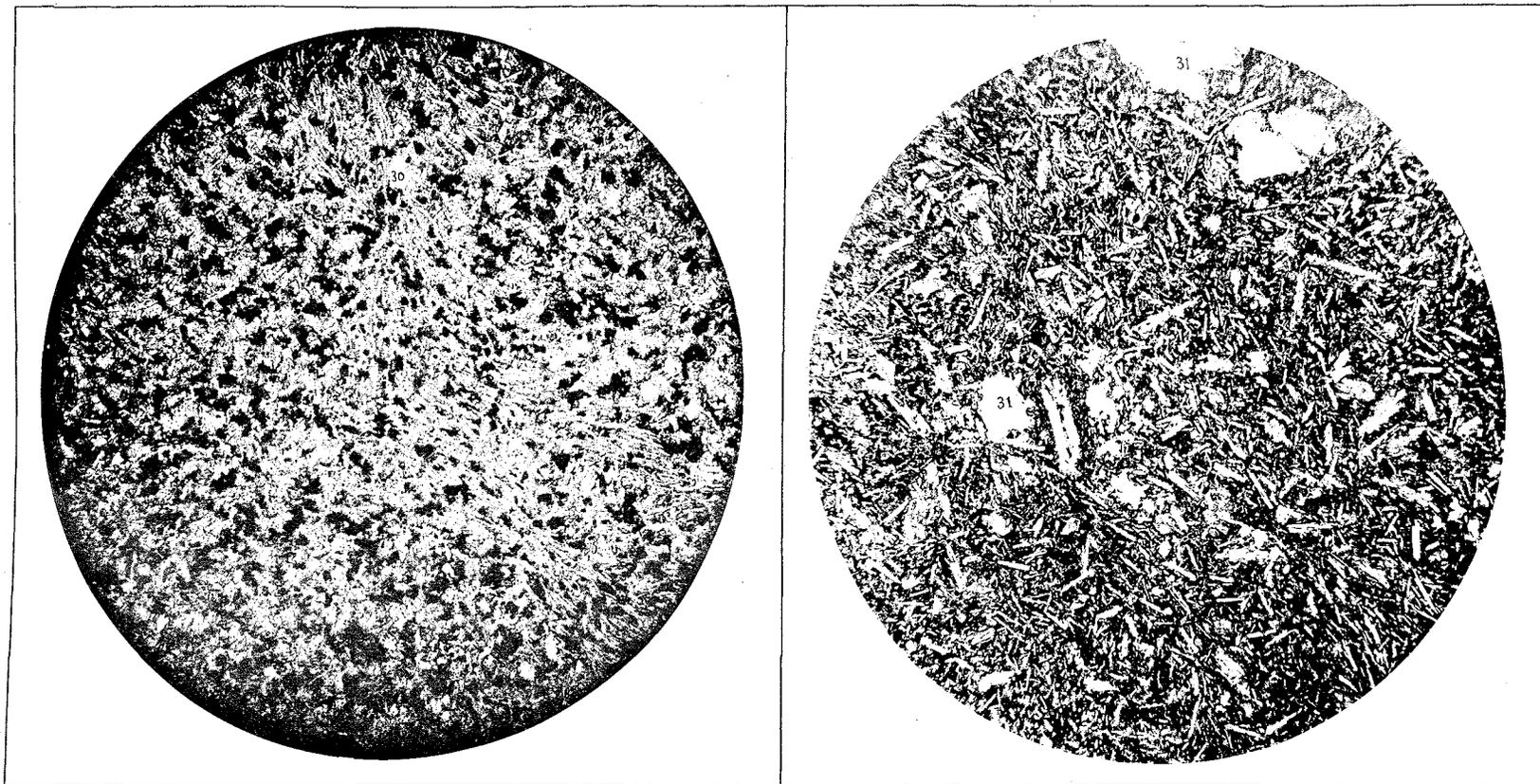


Fig. 1. Lave basaltique à structure fluidale .

Fig 2. Lave basaltique des Hauts-Plateaux ,

ILE S^t PAUL .

ILE AMSTERDAM .

Photoglypte Lemerrier & C^{ie} Paris

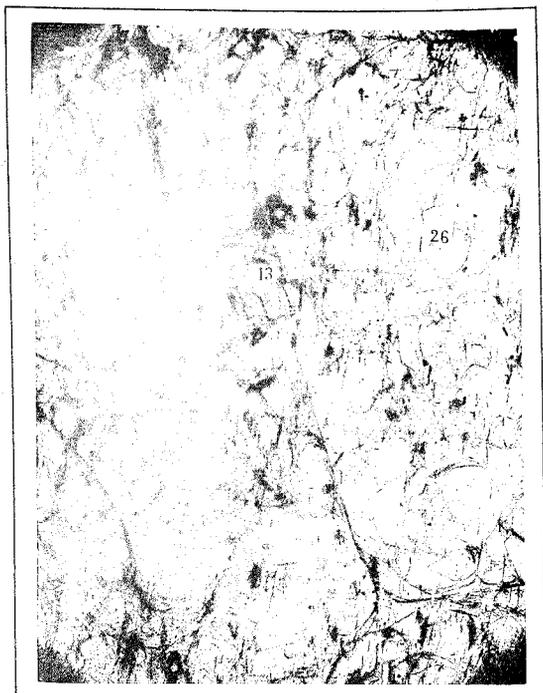


Fig:1. Perlite de la baie des Manchots.



Fig: 2. Dyke de Rhyolithe .



Fig: 3. Lave à Anorthite.

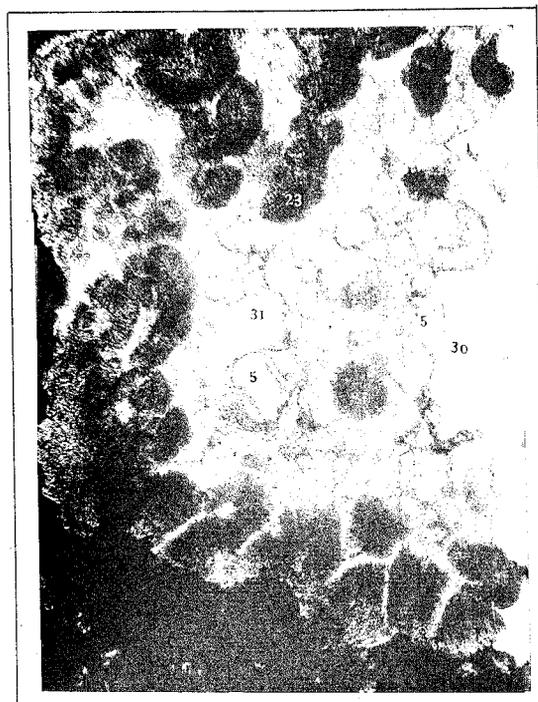


Fig: 4. Tridymite et Chlorite.

ÎLE ST PAUL

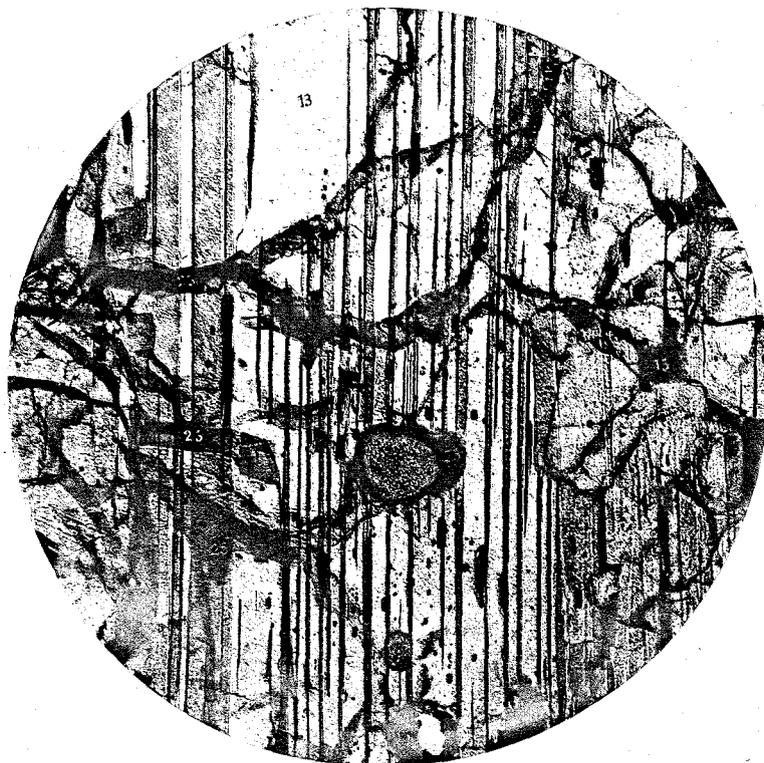


Fig. 1. Feldspath anorthite dans les laves doléritiques.

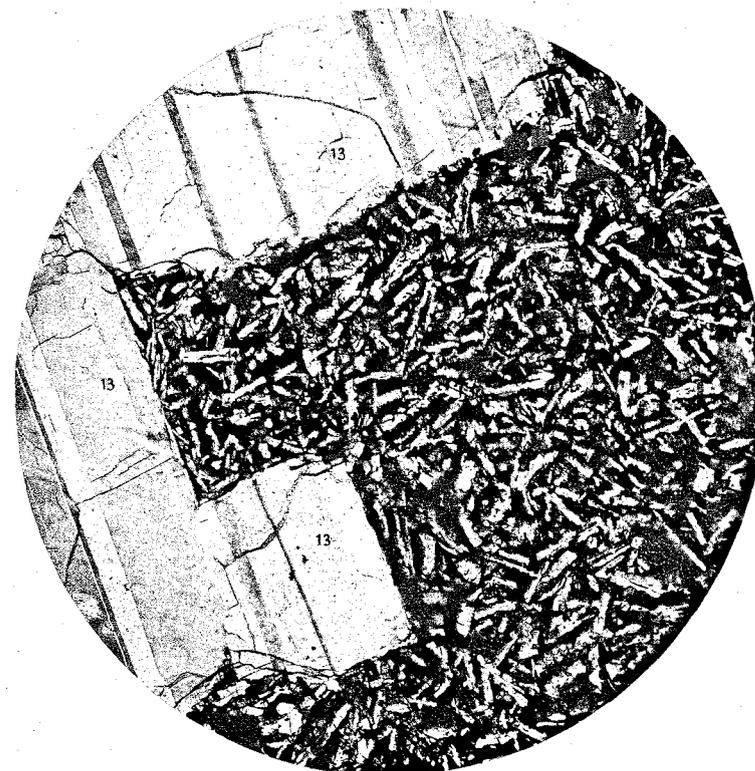
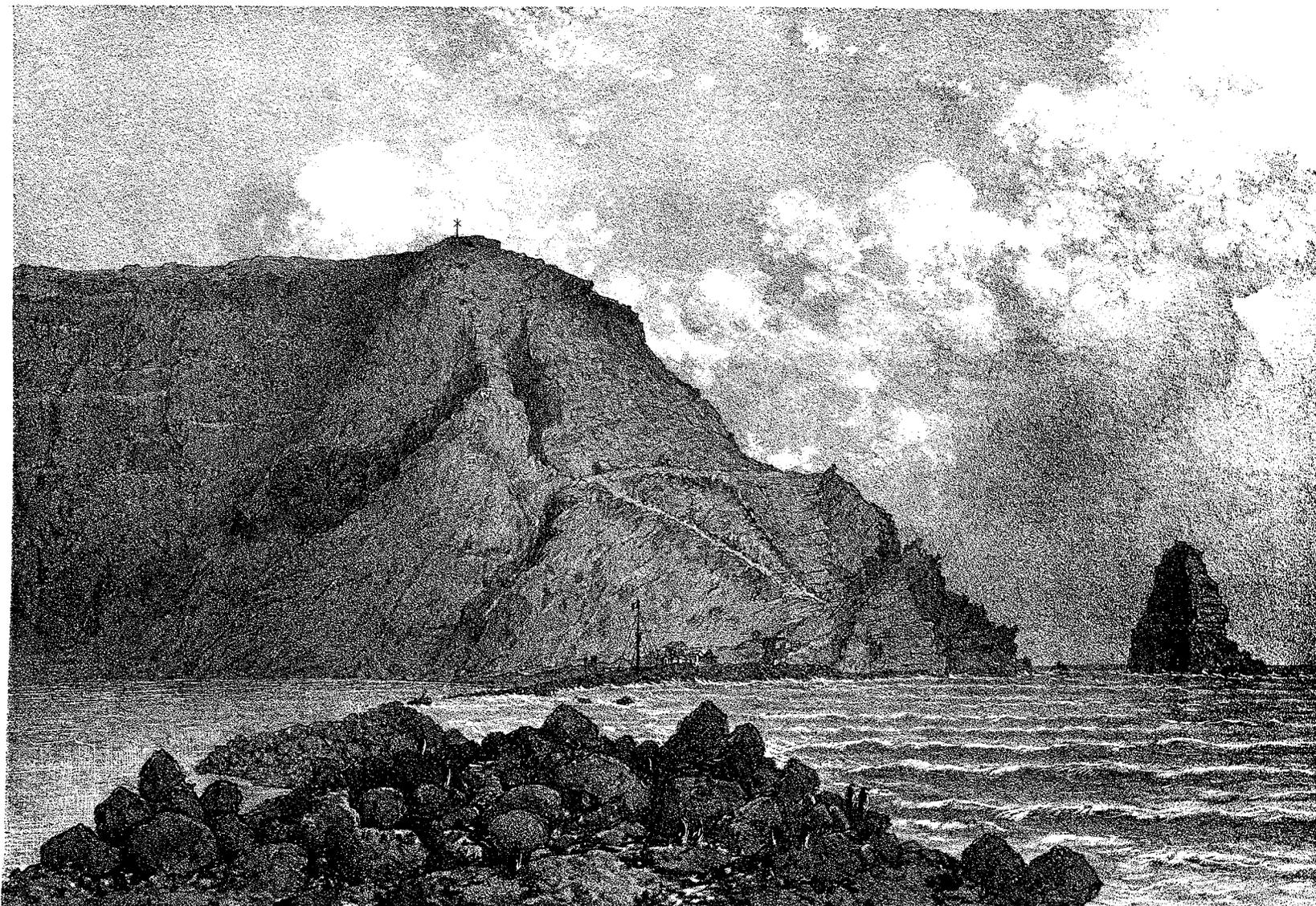


Fig. 2. Labrador et microlithes albitiques
Dans un dyke de la baie des manchots.

ILE ST PAUL.

Photolytic Lemerrier & C^o, Paris.

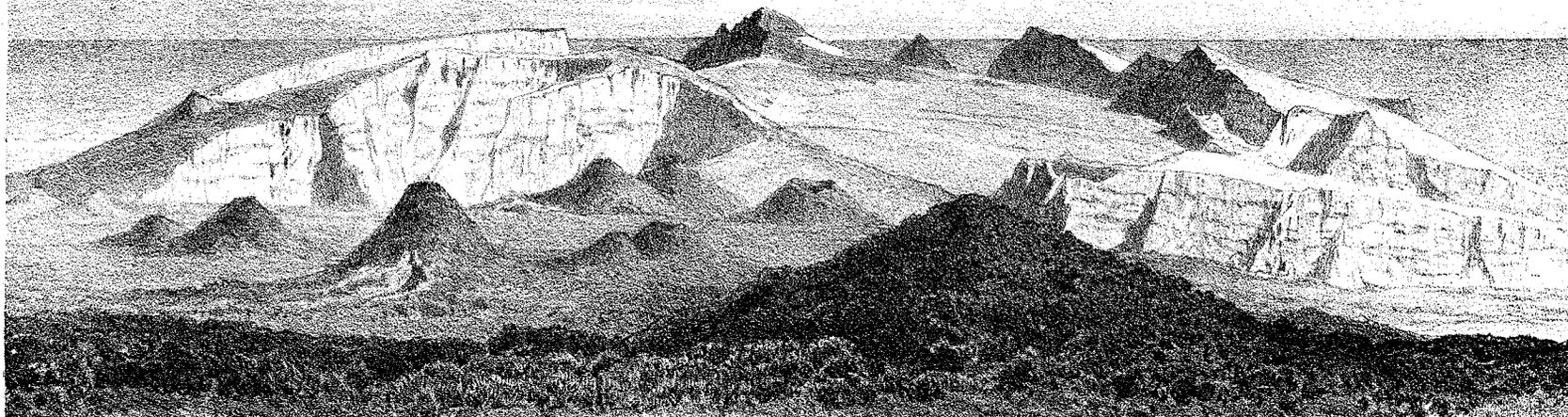
sciences de la
B I U S
JUSSEU
A D I S
Mét



Eug. Cicéri lith.

Imp Lemercier & C^{ie} Paris

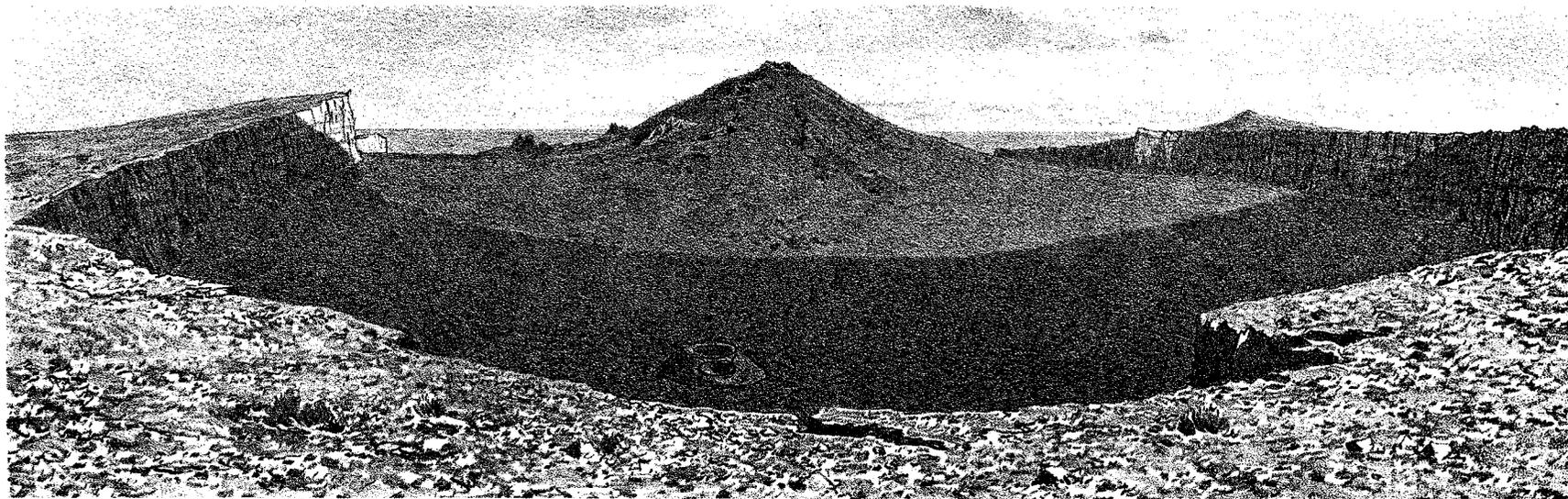
Entrée du Cratère de l'île St Paul et Observatoire.
(Vue prise de l'origine de la chaussée Sud)



Plaine des Cafres .
 Le Grand Bénard Piton des Neiges Cimandef .
 Cirque de l'Entredeux . Cirque de Cilaos . Cirque de Salazie .
 Plaine des Salazes .
 Plaine des Fougères .
 Le Mazerin .
 Plaine des Palmistes .
 Vue du Massif ancien prise de la Grande Montée

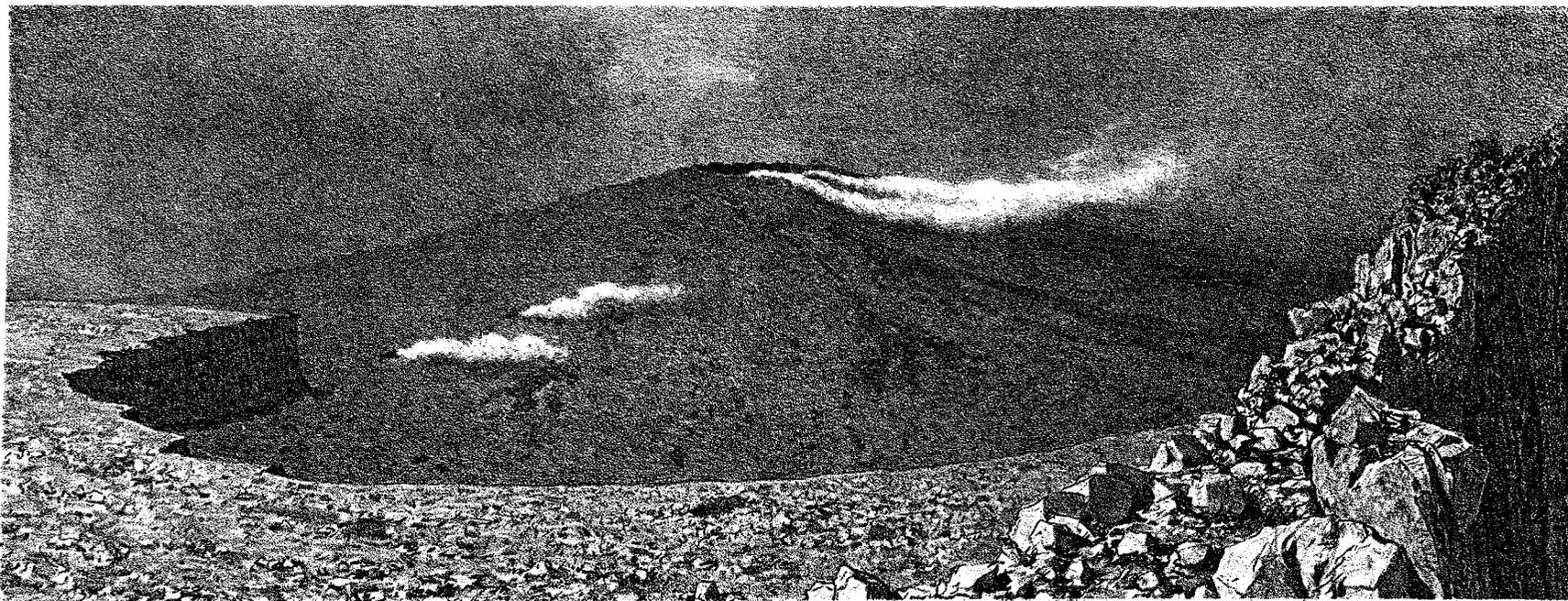


Eug Cicéri lith.
 Plaine des Salazes .
 Plaine des Palmistes
 Le Volcan .
 La Grande Montée
 Rivière du rempart
 Pitons Dugain .
 Piton de Tortue
 Imp Lemercier & C^o, Paris
 Plaine des Cafres
 Vue du Massif récent prise de la plaine des Salazes .



Formica-leo.
L'enclos et le Piton Bory. (cratère éteint)

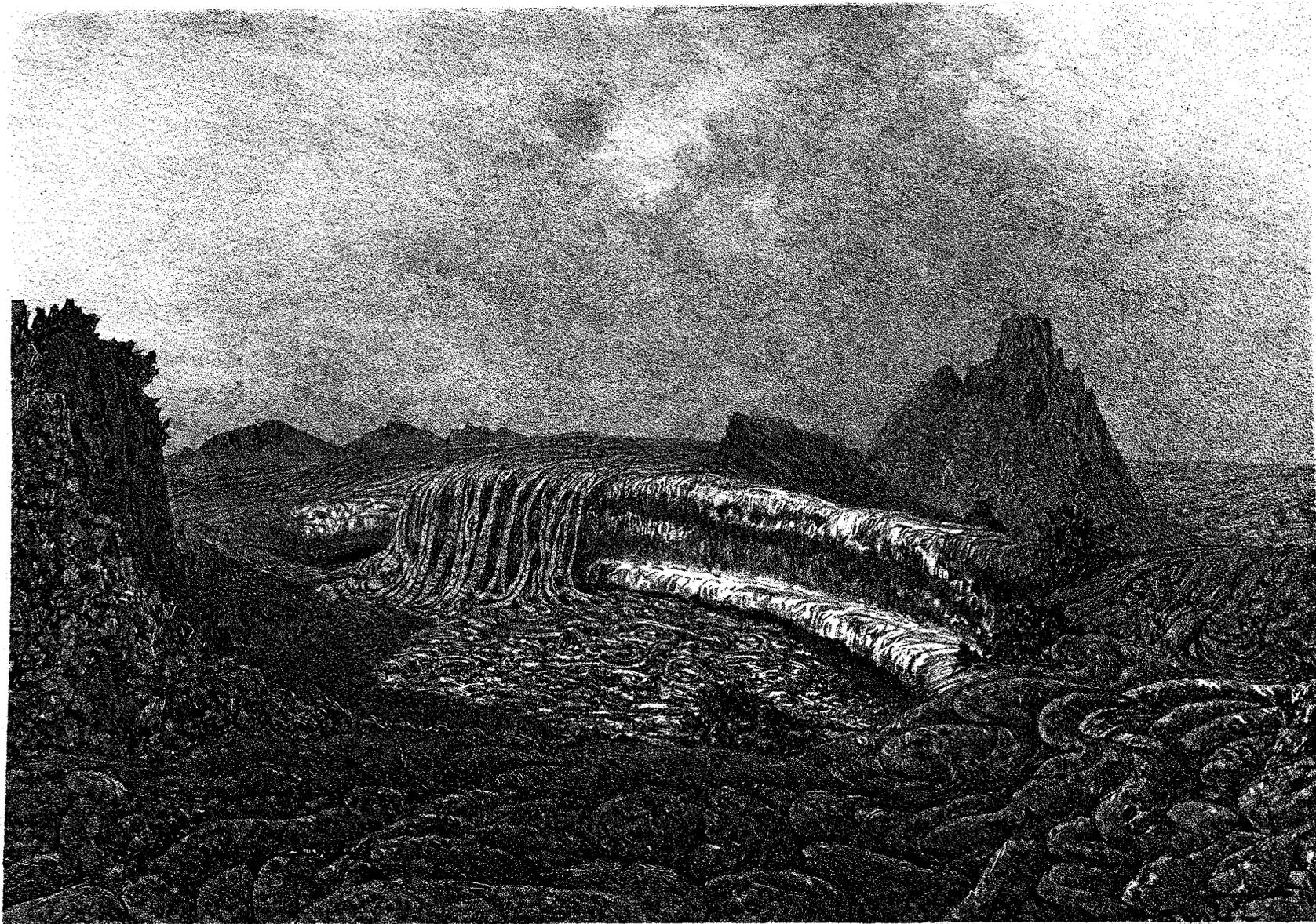
Las de Bellecombe



Eug. Cicéri lith

Imp. Lemerancier & C^{ie} Paris

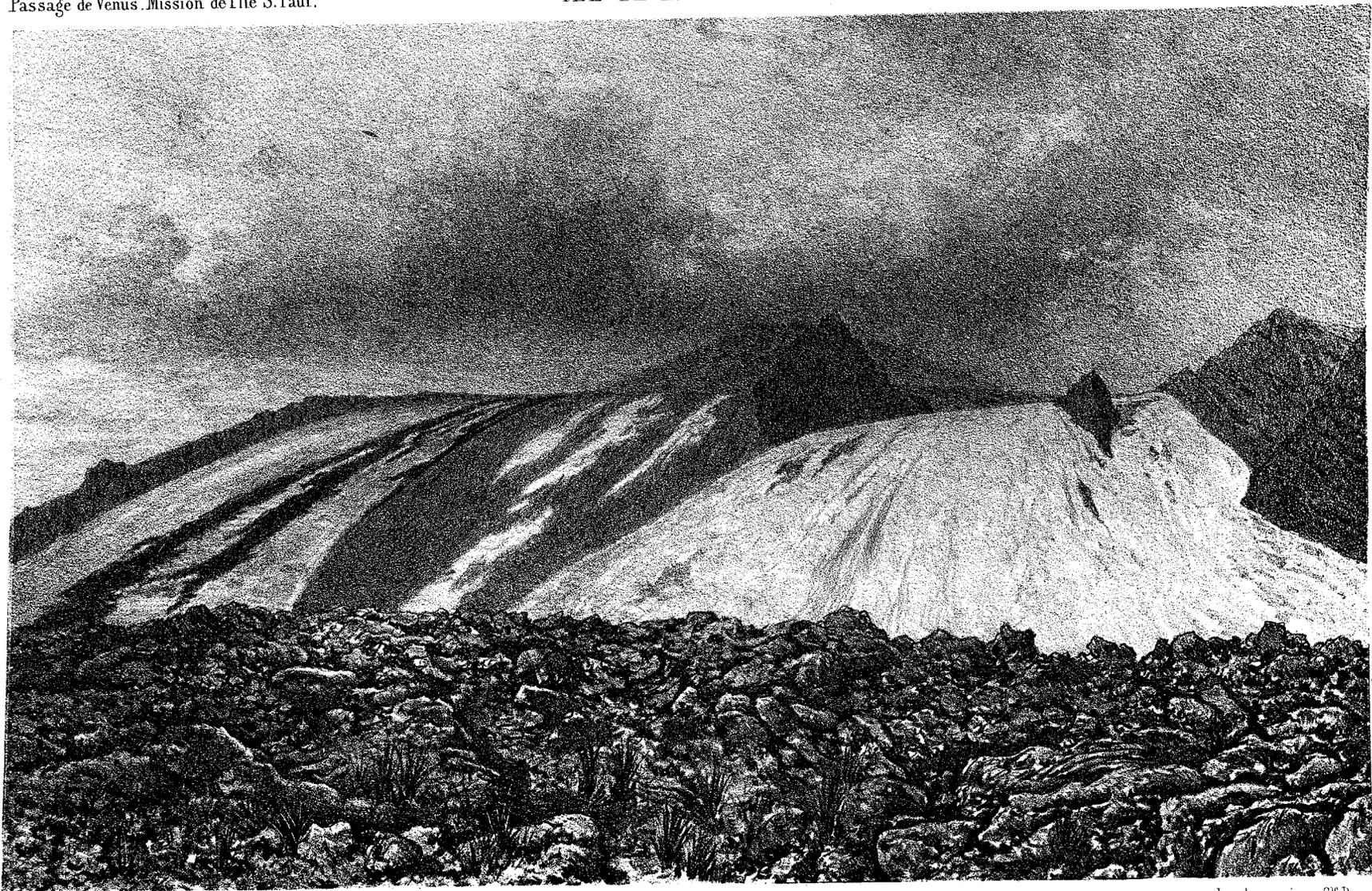
Le Volcan actuel. (Piton de la fournaise.)



Eug Cicérilith.

Imp. Lemercier & C^{ie} Paris.

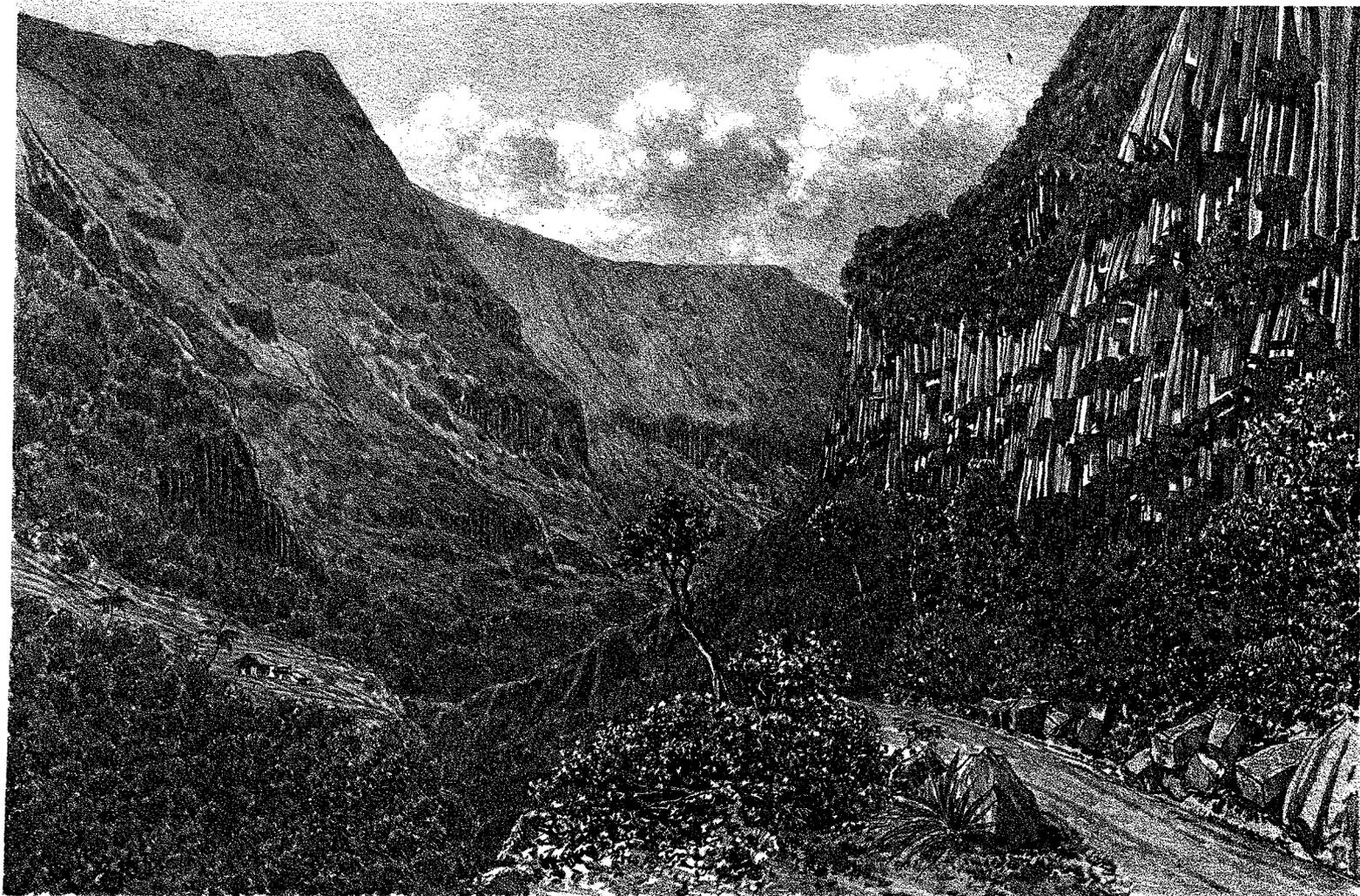
Cratère comblé par les laves, près de la grotte de la Chapelle.
(Massif du Volcan)



Eug Cicéri lith.

Imp. J. Lemercier et C^{ie} Paris.

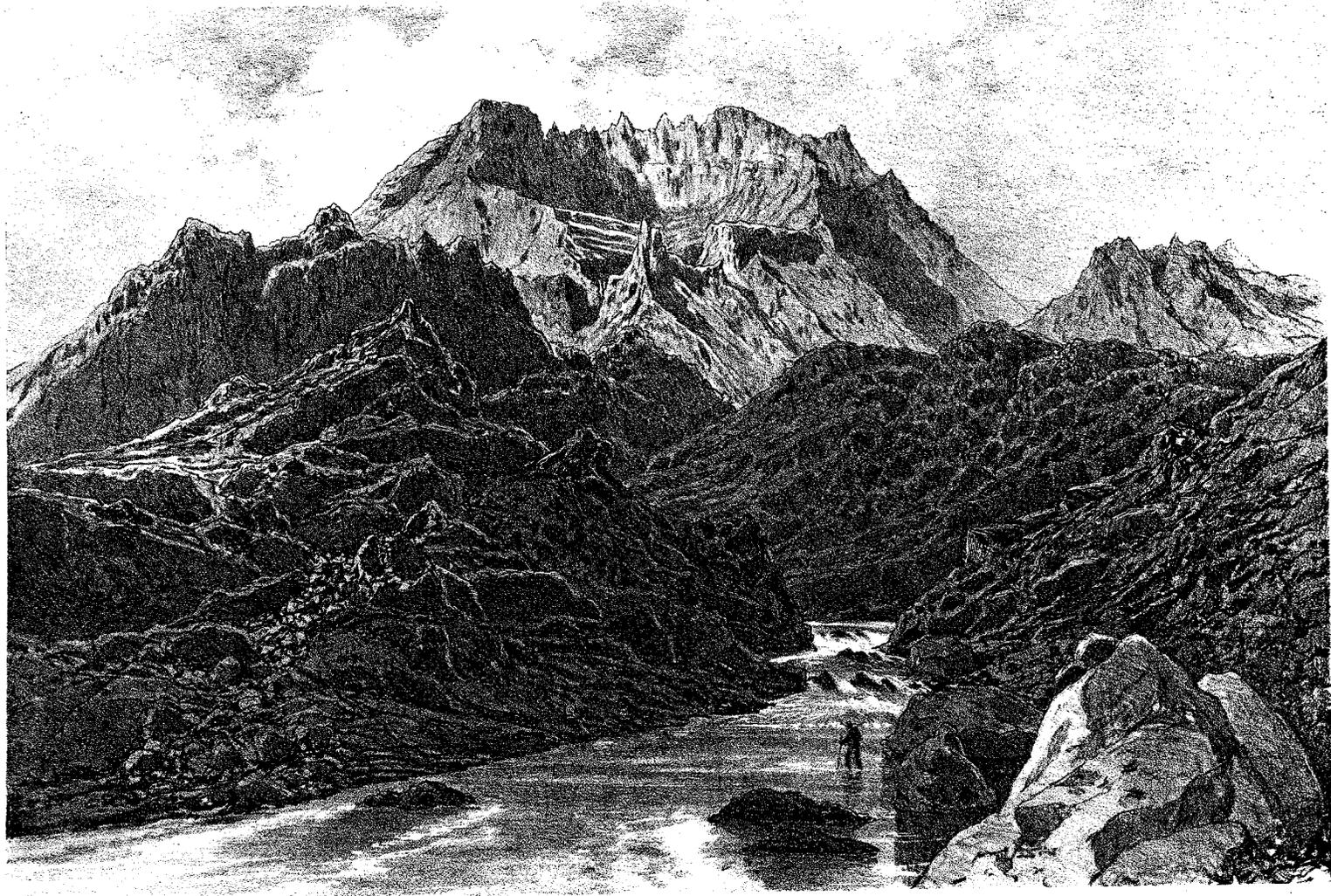
Les Grandes pentes du Volcan
(Grand Brulé).



Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie}, Paris.

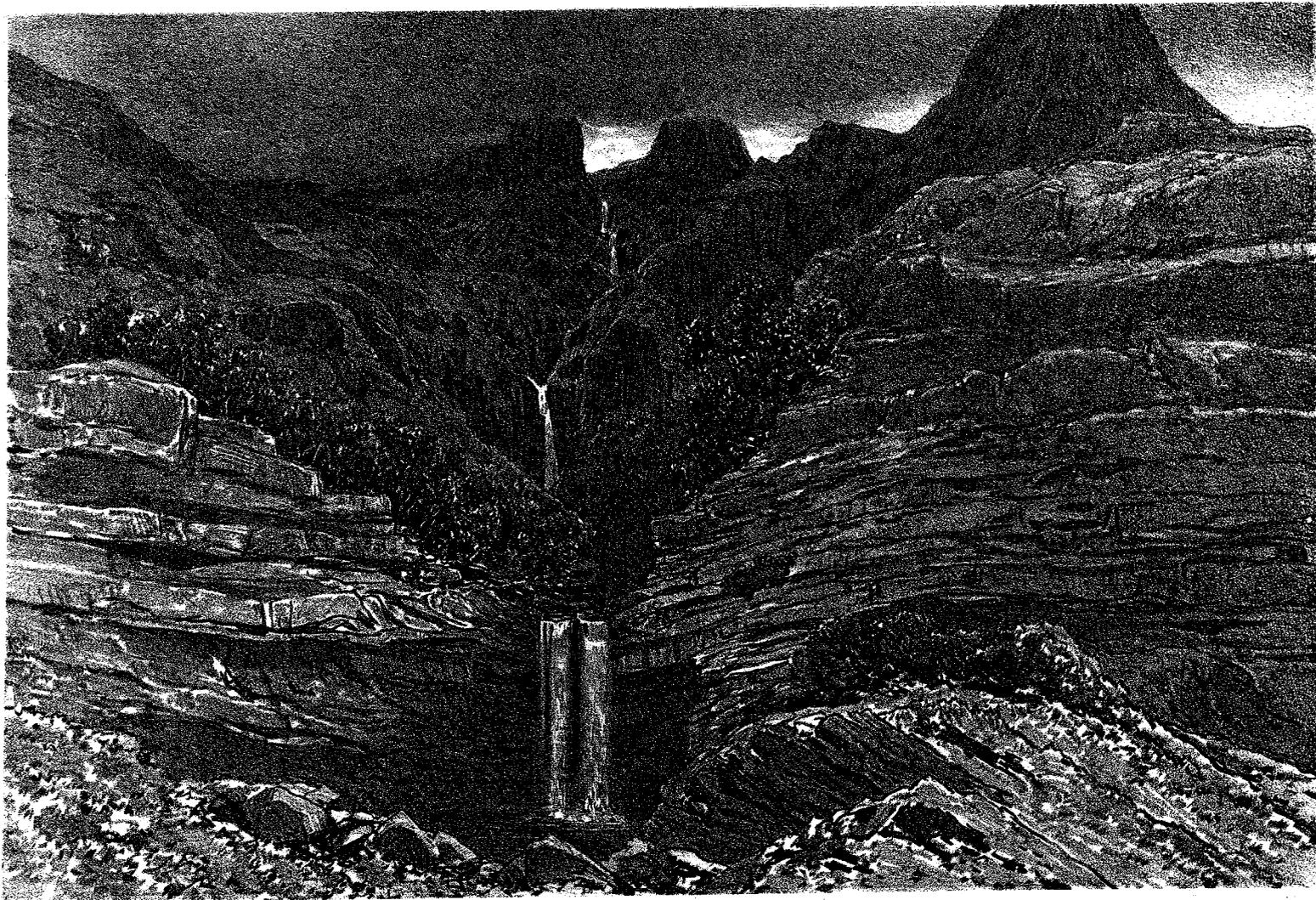
Colonnades Basaltiques de la rivière du Mât.



Eug Cicéri lith.

Imp Lemercier & C^{ie} Paris.

Les Salazes et le Piton des Neiges .



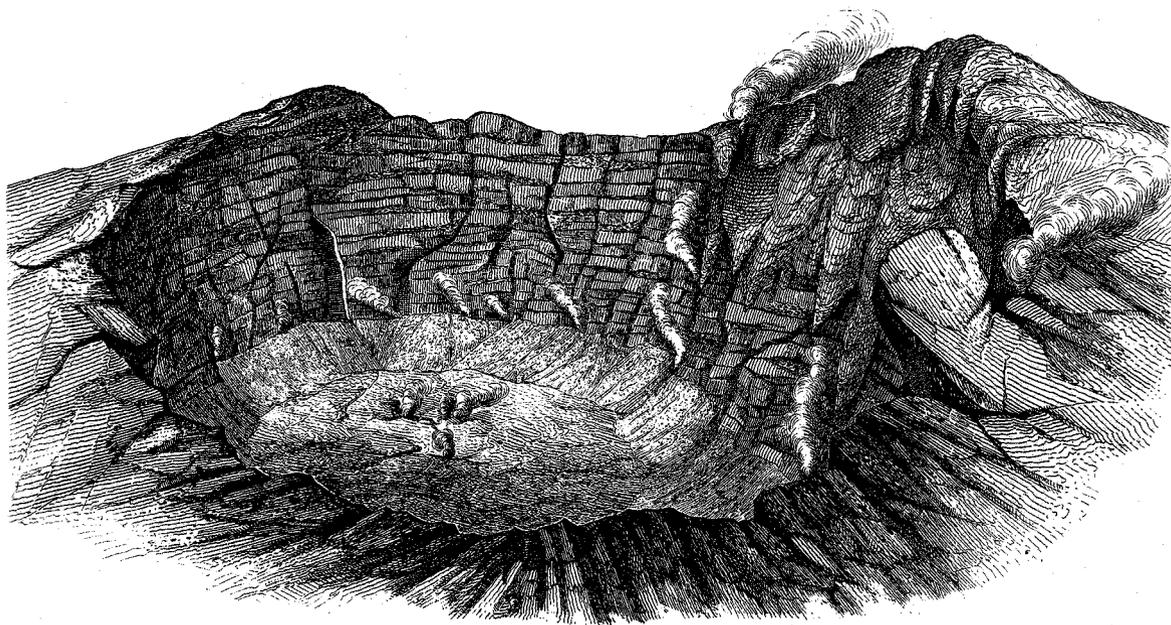
Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie}, Paris

Massif ancien de l'île de la Réunion _ Etat actuel du Cratère des Salazes .

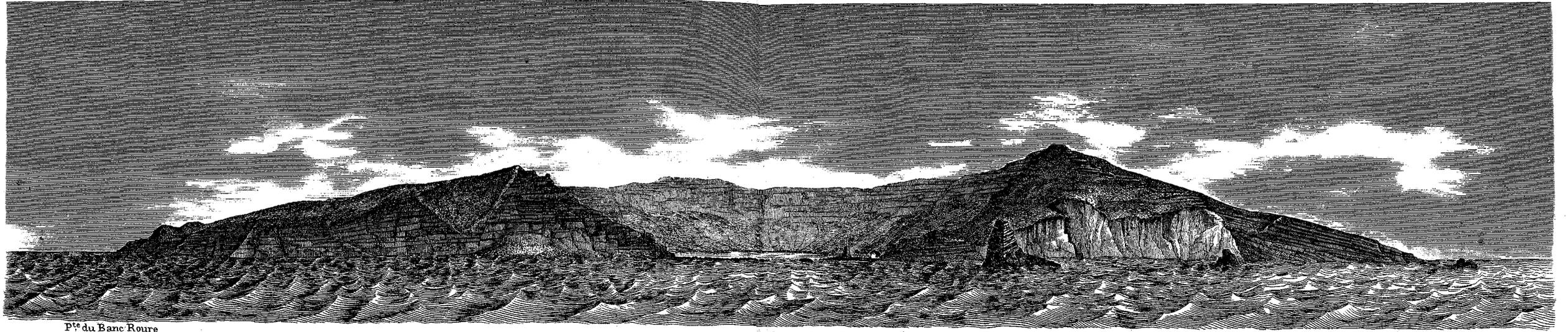


Cratère Commerson.



Cratère du Volcan actuel.
(Piton de la fournaise)

Imp. Lemercier & C^{ie} Par



P^{te} du Banc Rouge

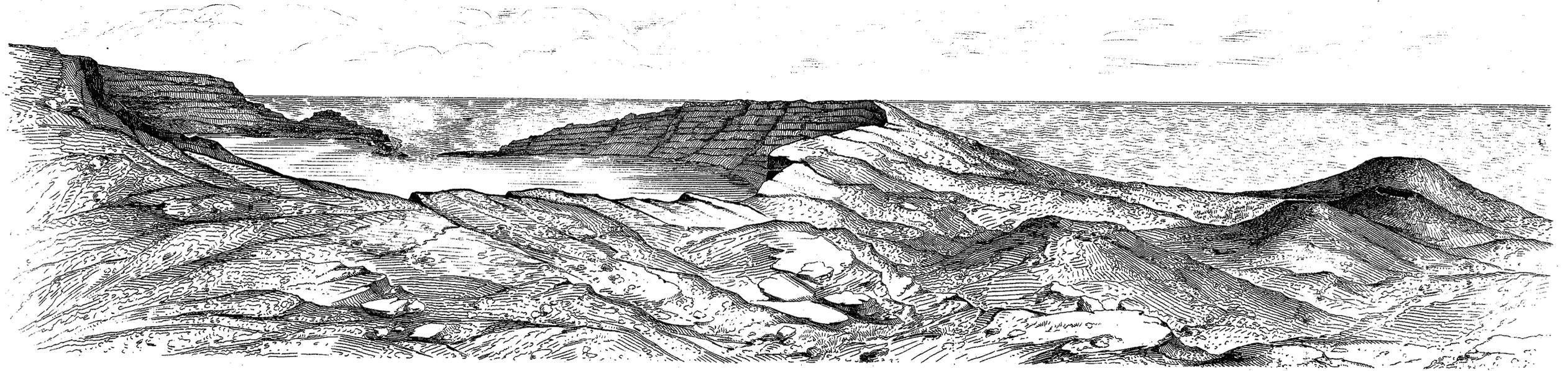
La Mégère. Pyramide. Observatoire

Nine pin Rock

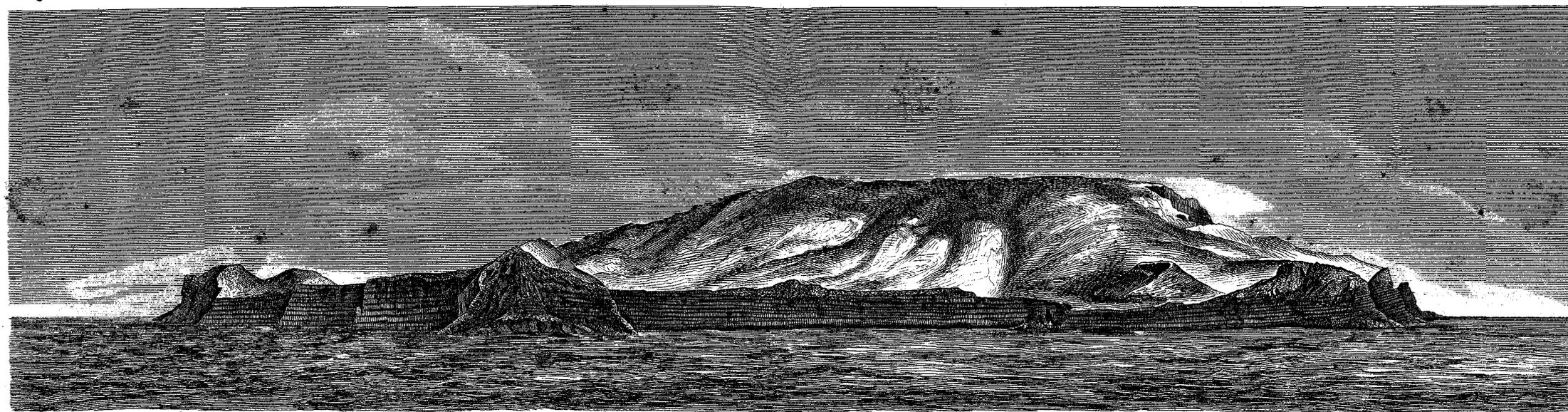
Ilot du Milieu

Ilot du Nord

Vue de l'entrée du Cratère , prise du mouillage de la Dives.



Vue générale du sommet du Cratère



P^{te} Ouest

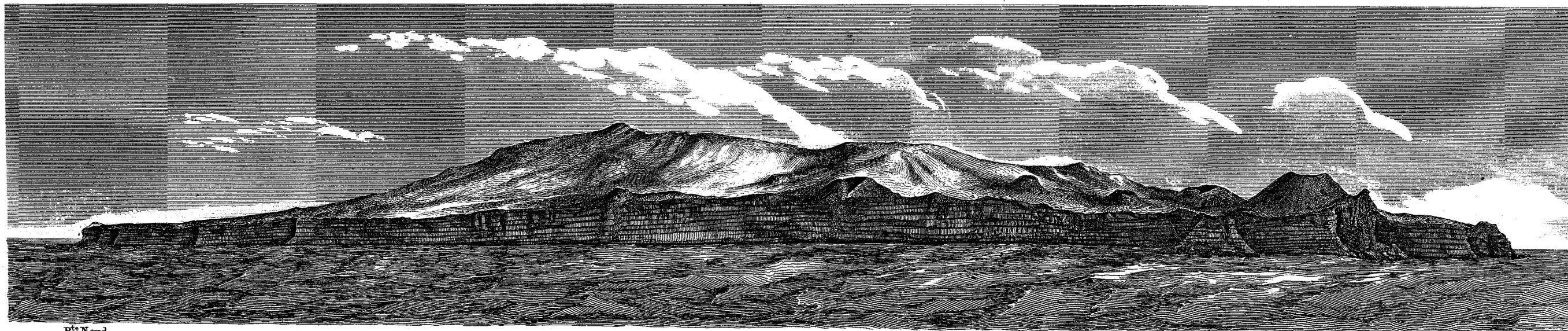
P^{te} Sud

Les deux Frères

P^{te} Hutchison

Nine pin Rock

Vue de la Côte Sud.



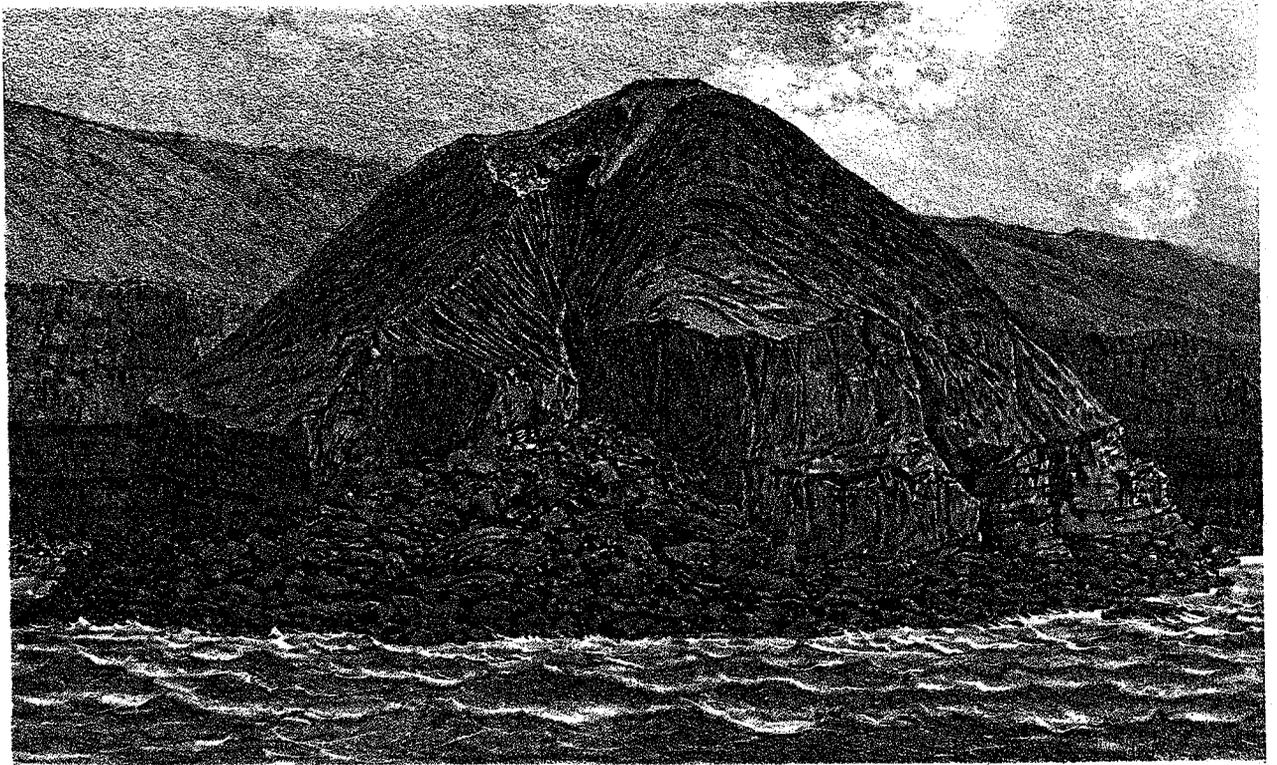
P^{te} Nord

Falaises habitées par les Manchots.

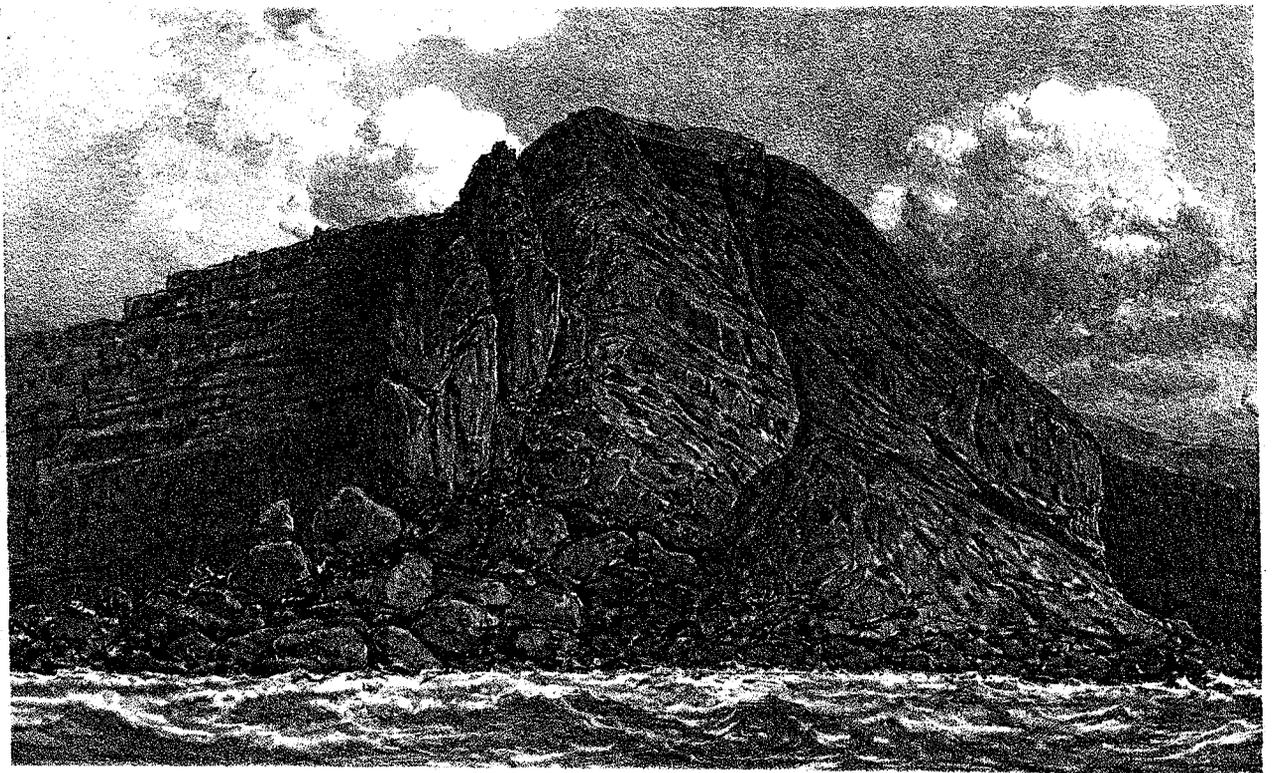
P^{te} Ouest

P^{te} Sud

Vue de la Côte Ouest, à 1 Mille de terre.



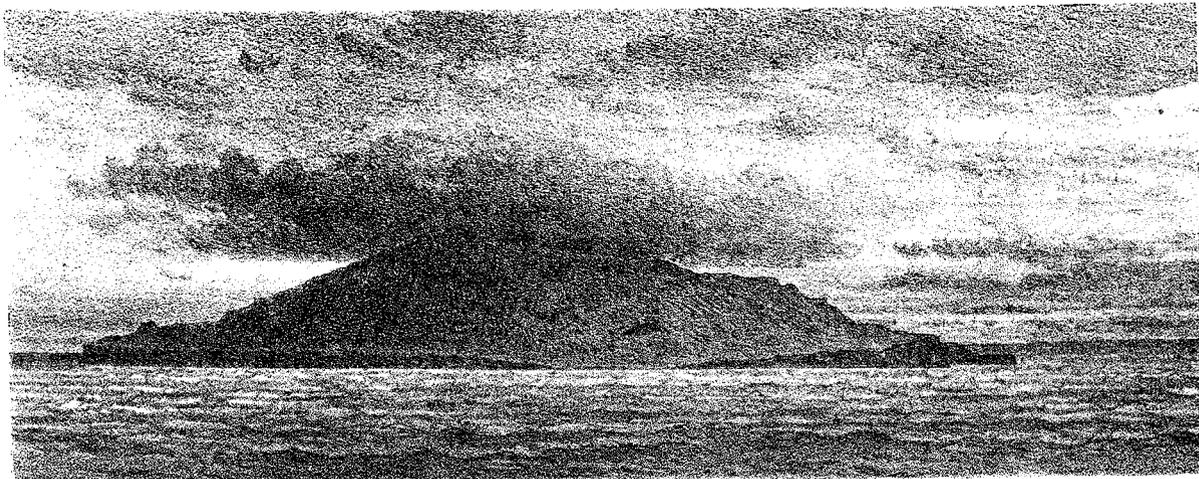
Cône de Sconès de la Pointe Ouest.



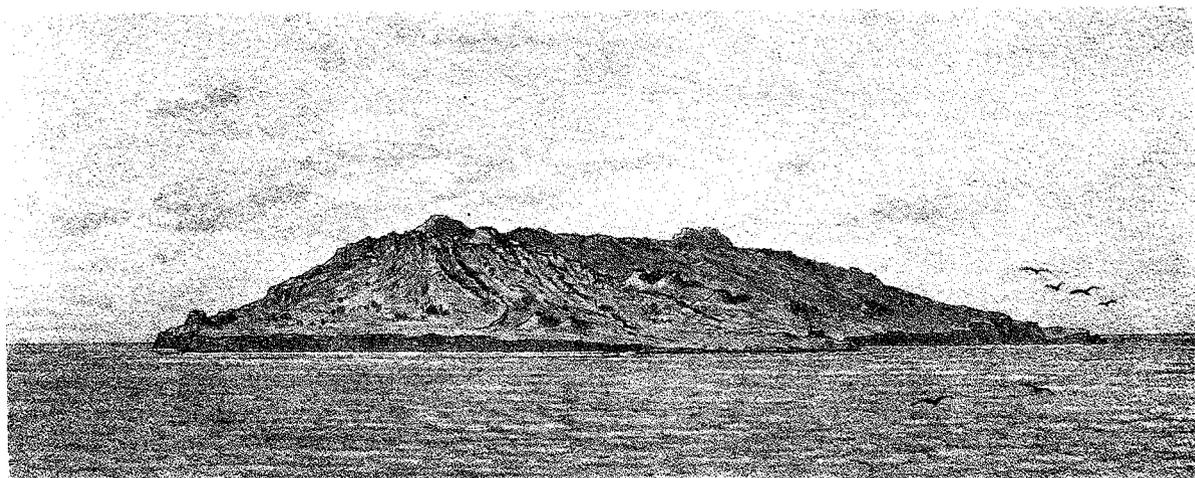
Eug. Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie} Paris

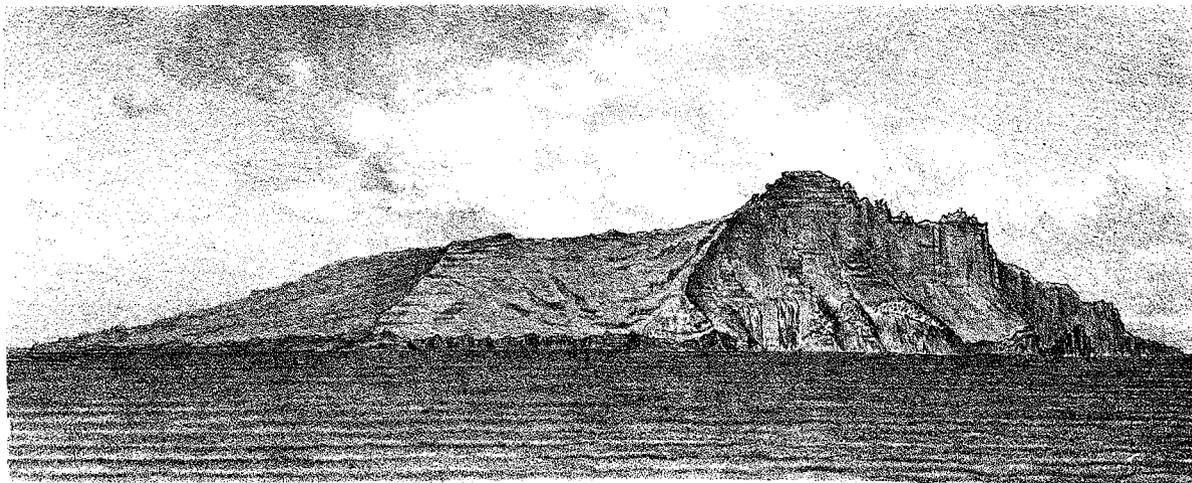
Cône de Sconès de la Pointe Sud.

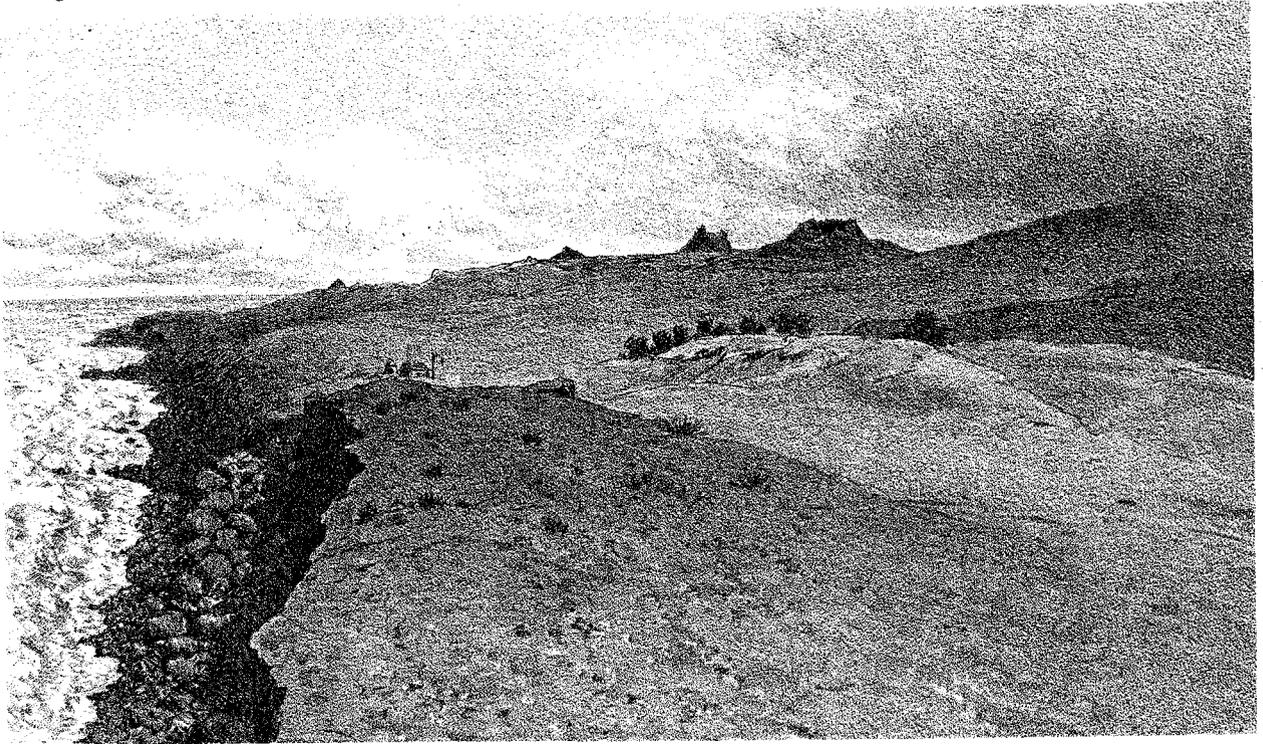


L'île Amsterdam, vue le 16 Décembre à 4 milles dans le S. O.

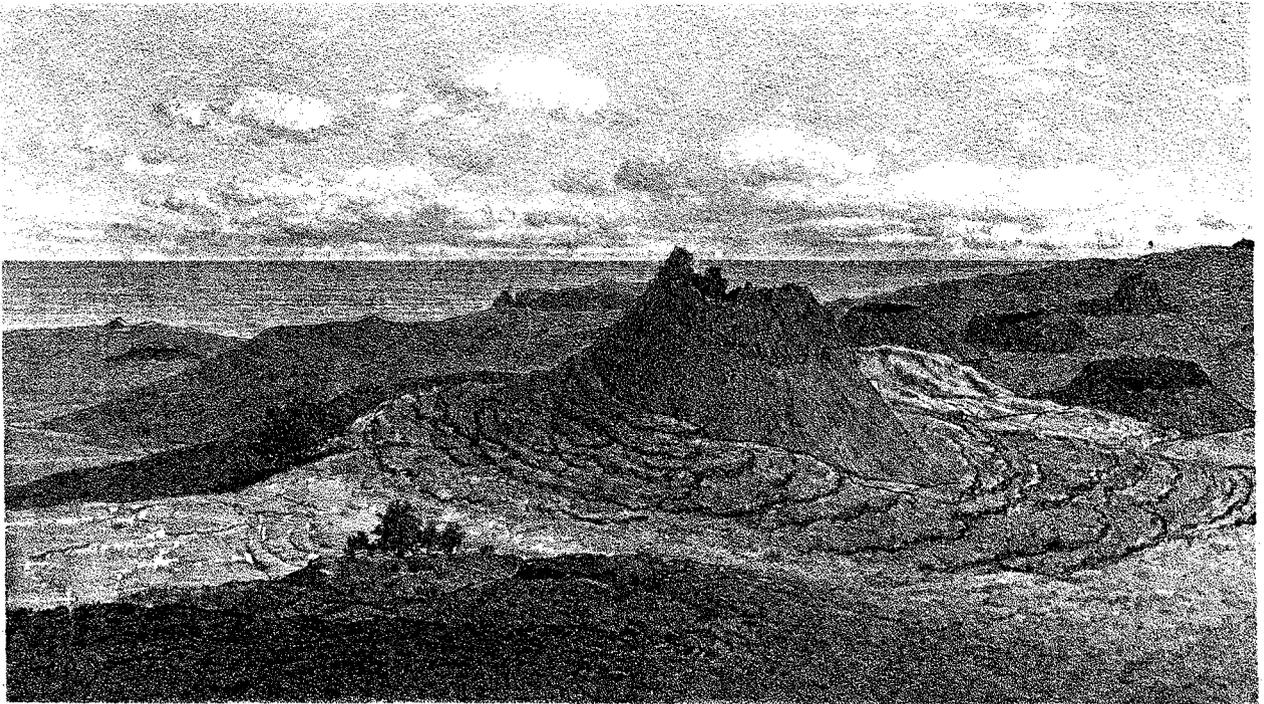


L'île Amsterdam au S. $\frac{1}{4}$ S. O. à 2 milles de terre





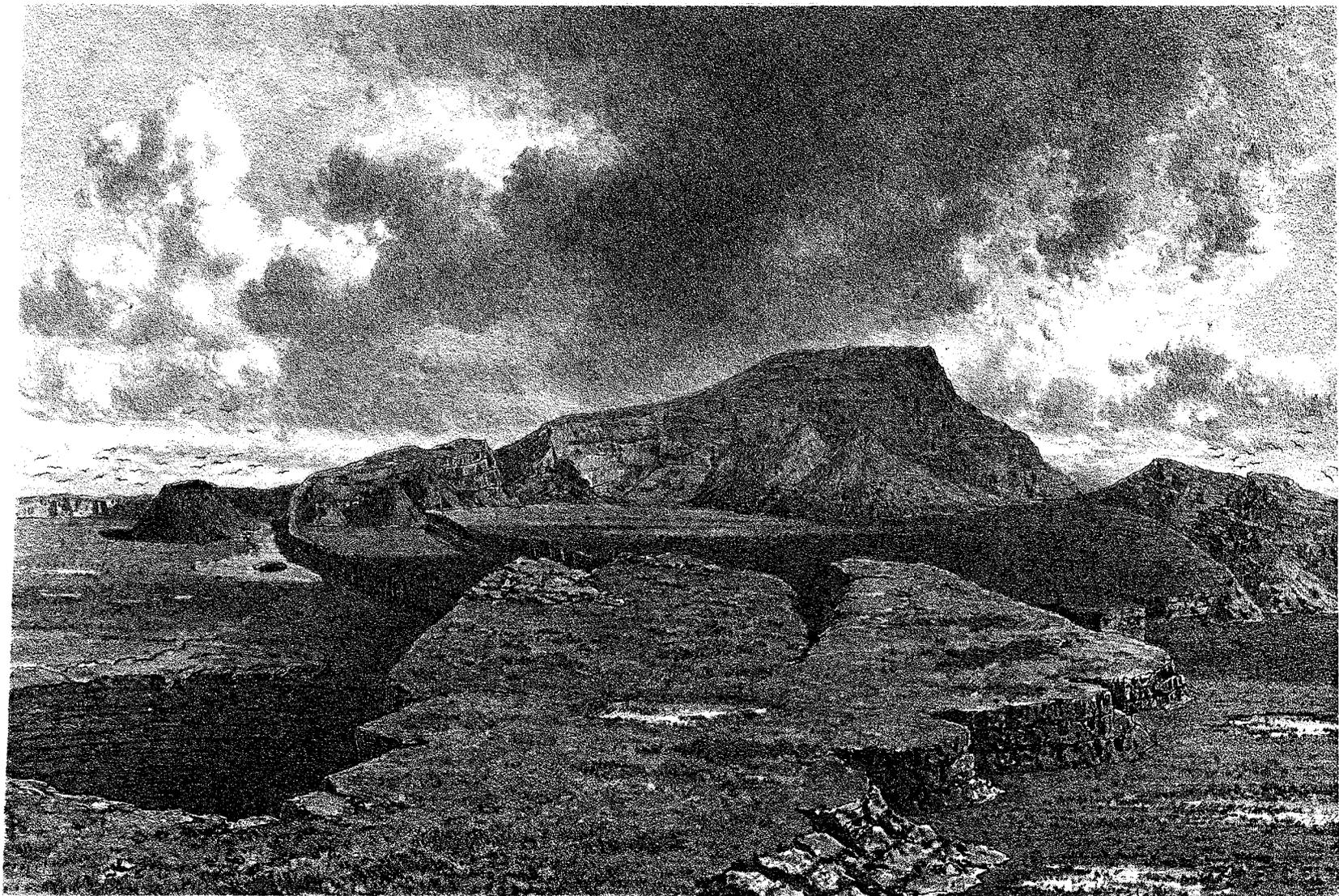
Chaussée des Otaries et pointe du débarquement .



Eug Cicéri lith.

Imp. Lemercier & C^{ie}, Paris

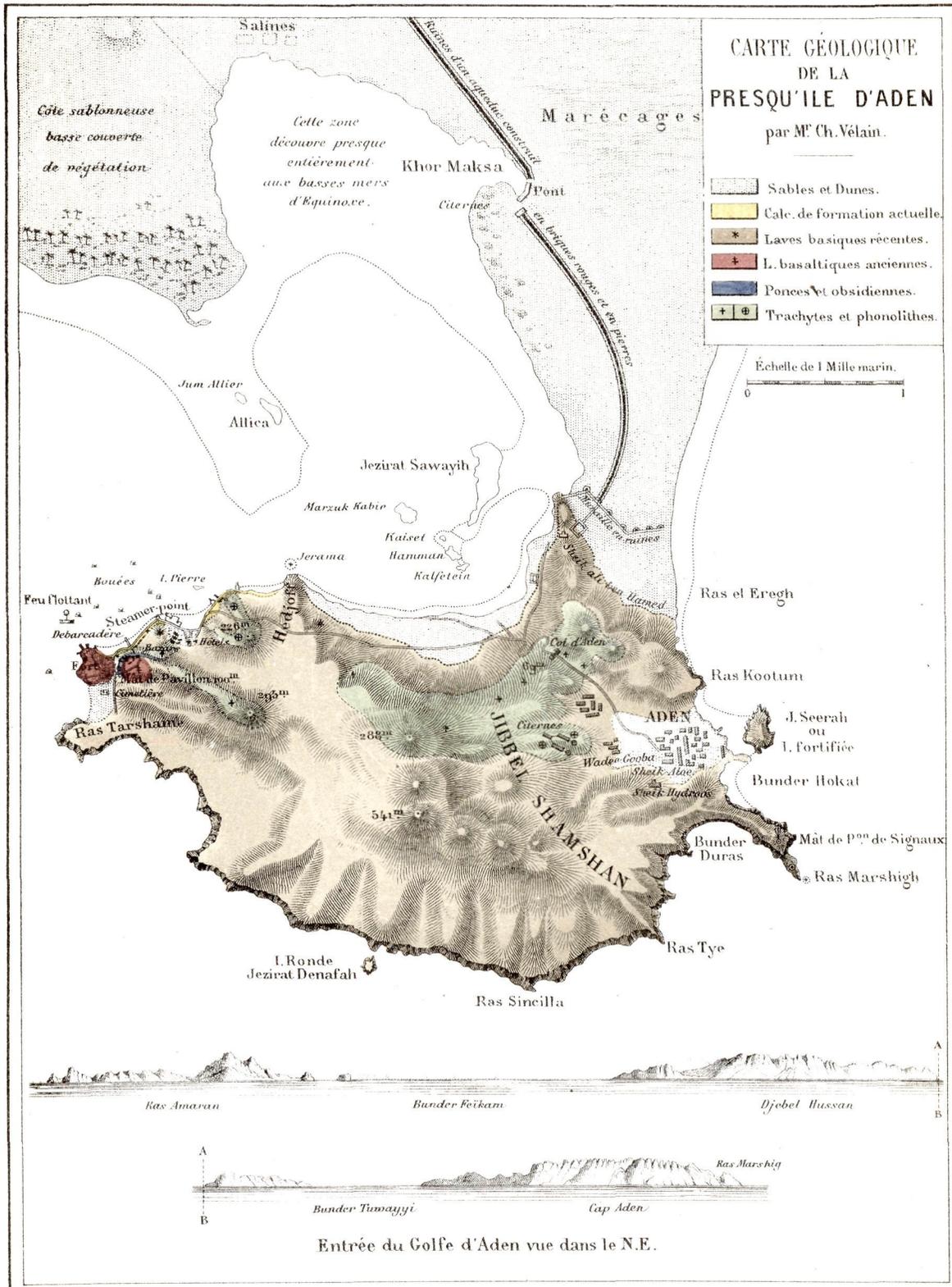
Cônes de Scories et Cratère Dumas .

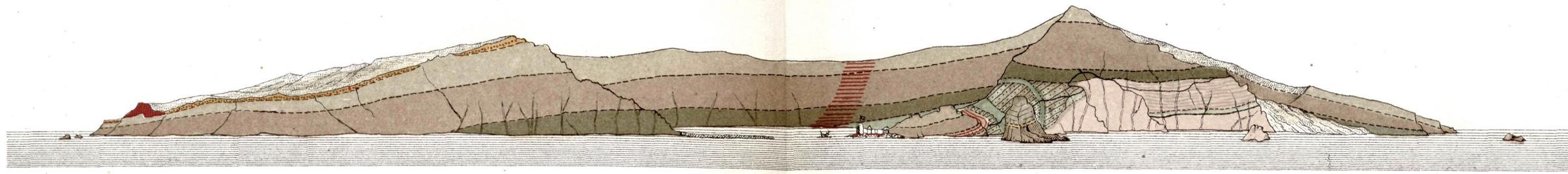


Eug Cicéri lith

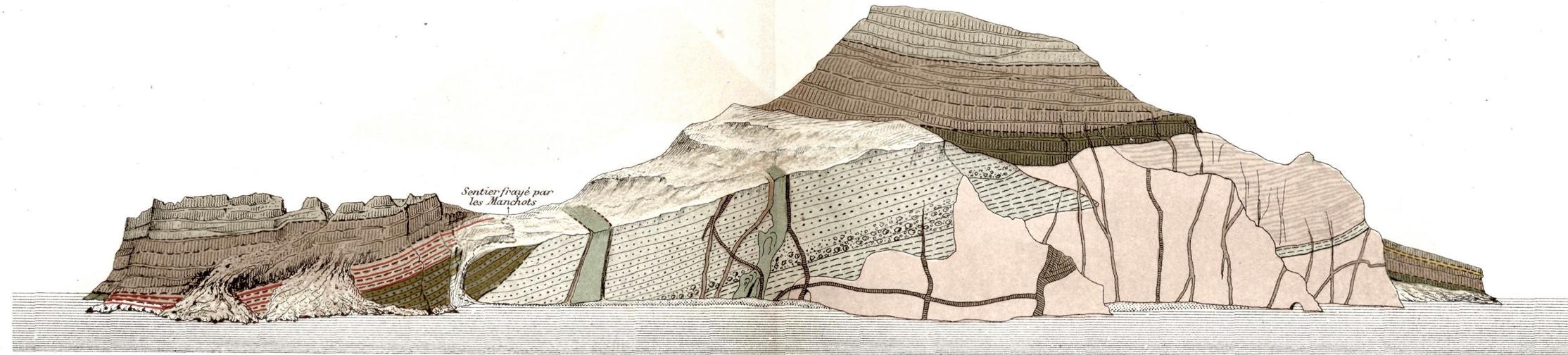
Imo Lemerrier & C^{ie} Paris

Cratère Hébert et plateaux marécageux du Sommet.

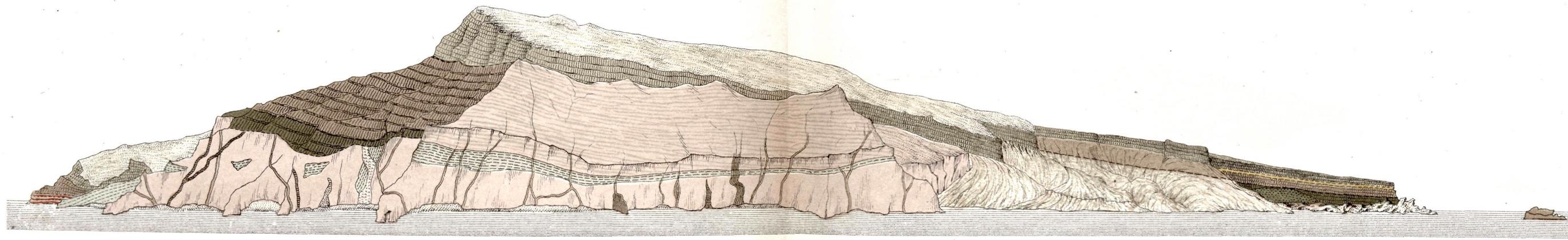




Vue générale du Cratère



Baie des Manchots - Vue prise du Nine Pin.



Falaises du Nord-Est - Vue prise de l'îlot du Milieu.

Légende commune aux trois coupes.

1	2	3	4	5
Rhyolithe	Trass à Sanidine	Dolérite	Trass à Anorthite	Latérites
Dyke de Rhyolithe	Tufs ponceux et Perlites	Laves à Anorthite	Laves doléritiques et basaltiques	Cônes de Scories et Cinérites
			Laves à Labrador	Espaces chauds

CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ÎLE ST PAUL

dressée sur les levés hydrographiques
de M^r MOUCHEZ, Capitaine de Vaisseau
et de M^r TURQUET, Lieutenant de Vaisseau

par M^r CH. VÉLAIN

répétiteur à l'école pratique des Hautes Etudes

1874.

Légende

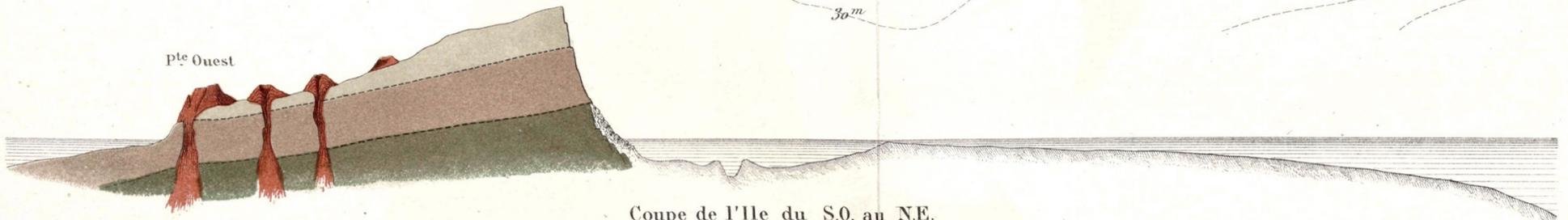
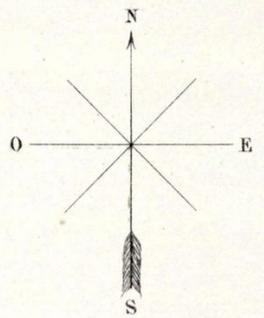
-  Massif ancien Rhyolithe
Trass
Tufs ponceux
-  Dolérite
-  Laves à Anorthite
-  Laves doléritiques et basaltiques
-  Laves à Labrador
-  Cinérites
-  Cônes de Scories
-  Espaces chauds
-  Sources thermales et Fumerolles

- 1 Monument commémoratif
- 2 Observatoire astronomique
- 3 Campements
- 4 Laboratoire d'Histoire Naturelle
- 5 Établissements de pêche
- 6 Sources d'eau douce
- 7 Jardins
- ⊙ Terrasses habitées par les Manchots

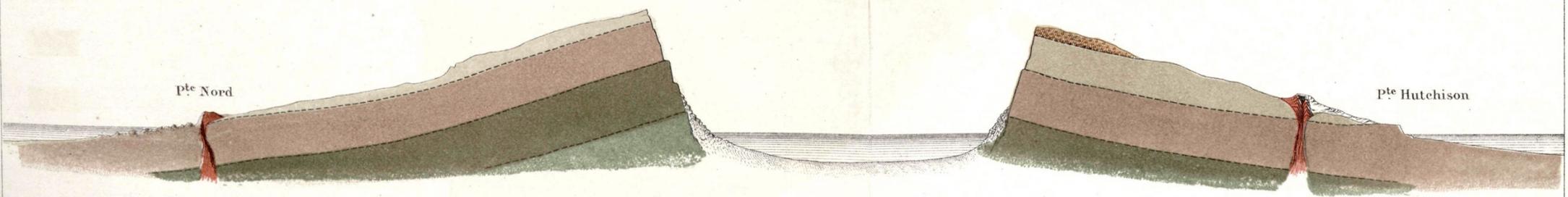
Echelle : $\frac{1}{20,000}$



Position $\left\{ \begin{array}{l} \text{Lat. } 38^{\circ} 42' 50'' \text{ Sud} \\ \text{Long. } 5^{\circ} 0' 42'' \text{ Est} \end{array} \right.$



Coupe de l'île du S.O. au N.E.



Coupe de l'île du S.E. au N.O.

(L'échelle a été doublée pour les hauteurs dans les coupes)

CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ILE AMSTERDAM

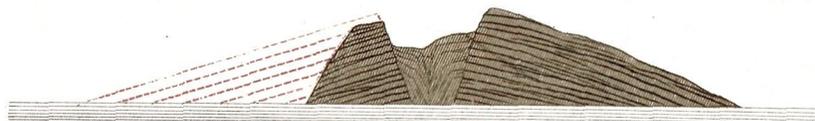
au $\frac{1}{60,000}$

par M^r Ch. Vélain

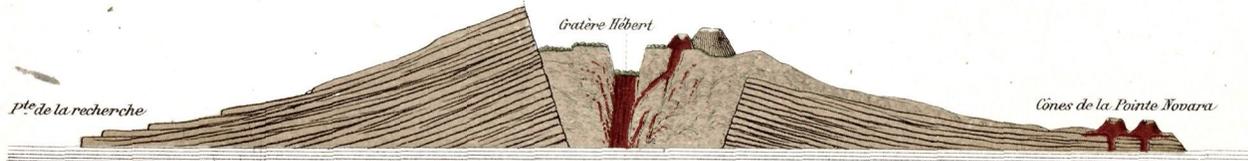
Lat. 37° 48' 50" S.
Long. 77° 33' 0" E.

1874.

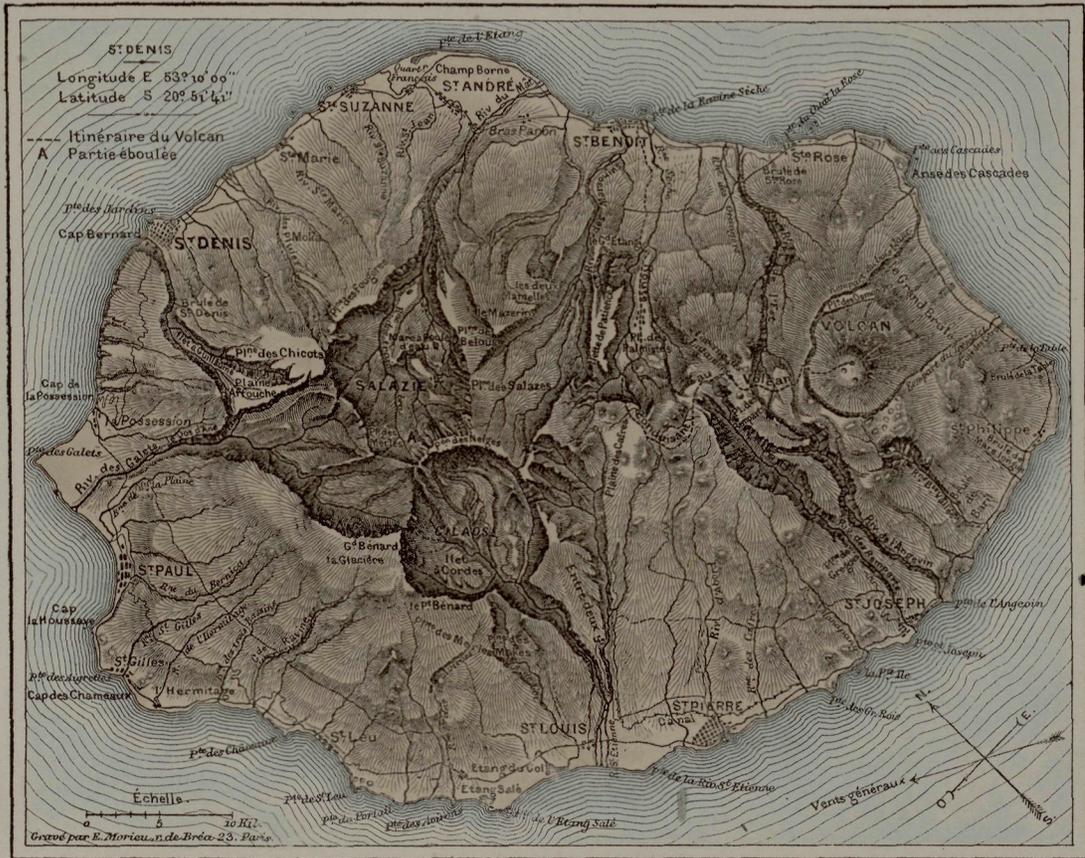
-  Laves anciennes
-  Laves récentes
-  Cratères et Cônes de Scories
-  Tufs à palagonite
-  Marais et tourbières
-  Campements
-  Principaux massifs de l'île



Amsterdam vue de St Paul dans le N.O.
(Les lignes rouges indiquent le relief ancien de l'île)

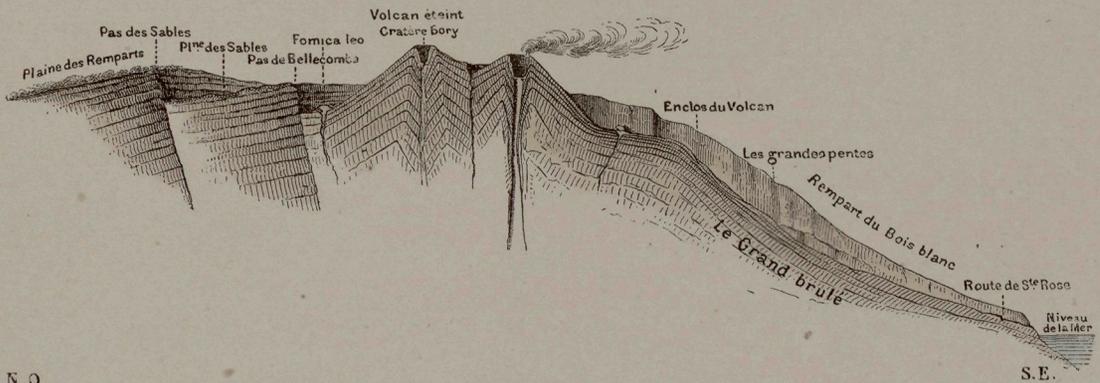


Coupe de l'île du N.O. au S.E.



CARTE DE L'ILE DE LA RÉUNION

D'après la carte dressée en 1852 par M. L. Maillard, ingénieur colonial.



COUPE THÉORIQUE DU MASSIF DU VOLCAN.