

LES CENDRES VOLCANIQUES

DE

L'ÉRUPTION DU KRAKATAU**TOMBÉES A BATAVIA, LE 27 AOUT 1883;**

PAR

l'abbé A. RENARD.

Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles,
Membre correspondant de l'Académie royale de Belgique.

**BRUXELLES,**

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE,
rue de Louvain, 108.

1883

Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*,
3^{me} série, tome VI, n^o 11; 1885.

Bruxelles, imprimerie de F. HAYEZ, rue de Louvain, 108.

LES CENDRES VOLCANIQUES

DE

L'ÉRUPTION DE KRAKATAU

TOMBÉES A BATAVIA, LE 27 AOUT 1883.

Les documents scientifiques que l'on possède jusqu'à ce moment en Europe sur les phénomènes volcaniques qui ont devasté, il y a quelques mois, Java, Sumatra et les îles du détroit de la Sonde sont trop peu complets pour retracer l'histoire de l'éruption du Krakatau et des tremblements de terre qui ruinèrent ces régions. Le gouvernement des Indes hollandaises a chargé l'ingénieur des mines, M. Verbeek, bien connu par ses travaux sur la géologie de Java, de préparer un rapport circonstancié sur la catastrophe dont ces îles viennent d'être le théâtre et de faire un nouveau levé des îlots du détroit de la Sonde (1) Alors

(1) M. Wichmann m'informe qu'une nouvelle carte du détroit de la Sonde est en voie d'exécution à l'Institut géographique de Gotha, et qu'elle pourra déjà être publiée dans le fascicule de décembre des *Geographische Mittheilungen* de Petermann. [M. J. Kuyper vient de faire paraître une carte du volcan Krakatau et des îles voisines du détroit de la Sonde (*Krakatau en omstreken, vóór en na de verwoesting van 28 Augustus 1883, volgens de nieuwe hydrographische opneming*). Cette carte indique les modifications topographiques de l'île volcanique, la position et la forme des nouveaux îlots Steers et Calmeyr et les résul-

on pourra se rendre plus exactement compte des causes et des effets véritables de cette récente manifestation des forces volcaniques.

Dépouillant de ce qu'ils peuvent avoir d'exagéré, les récits publiés à ce sujet, on peut résumer aux points suivants ce qui reste scientifiquement acquis. Le 26 août vers 7 heures du soir on constata une forte agitation de la mer; durant toute la nuit il tomba une épaisse pluie de cendres; le lendemain vers 10 heures du matin le volcan Krakatau était en pleine éruption et projetait d'énormes quantités de produits incohérents dont l'accumulation vint couvrir les côtes et l'intérieur même de Java et de Sumatra. Les secousses des tremblements de terre qui accompagnèrent l'éruption se communiquèrent à la mer, dont les eaux atteignirent une hauteur qui dépassa de 30 mètres le niveau normal. Cette irruption de la mer, cause principale des désastres, avait été précédée d'un recul des vagues qui s'abaissèrent d'environ 3 mètres, comme on a pu le constater à Batavia. Ajoutons à ces faits les modifications topographiques de l'île de Krakatau dont il ne reste plus que quelques débris, l'apparition de nouveaux points volcaniques dans le détroit de la Sonde, et nous aurons retracé, au point de vue vulcanologique, les principaux traits connus de cet effrayant épisode de l'histoire des Indes hollandaises.

Les connaissances géologiques que nous avons sur les

tats des récents sondages. — Le supplément du journal officiel *Nederlandsche Staatscourant* du 10 novembre 1883, donne le résumé du rapport adressé par le gouverneur général des Indes néerlandaises au ministre des colonies sur les effets des phénomènes volcaniques du détroit de la Sonde. Cette pièce renferme très peu de renseignements scientifiques que nous ne possédions déjà.]

îles du détroit de la Sonde avant le désastre, étaient elles-mêmes peu complètes. On trouve quelques rares détails sur cette région dans l'ouvrage de Junghuhn sur Java (1) et dans le mémoire publié l'an dernier par MM. Verbeek et Fennema, relativement aux découvertes géologiques récentes faites à l'île de Java (2). Ces îles d'origine volcanique sont disposées suivant une ligne qui aboutit vers le nord au volcan de Radja-Bassa dans l'île de Sumatra, et qui mène au sud, par Prinsen-Eiland, au mont Pajoeng qui s'élève isolé dans la partie sud-ouest de Java. MM. Verbeek et Fennema énumèrent dans le détroit sept îles alignées suivant cette direction; ils les considèrent comme ayant été chacune un centre d'activité volcanique. Le Krakatau, dont l'éruption a fourni les produits pulvérulents que je me propose de décrire, fait partie de cette série d'îles alignées. Ce volcan était environné de trois îles constituées par des coulées de lave séparées du cratère par des bras de mer. Ces laves, épanchées du Krakatau, formaient Verlaten-Eiland au nord-ouest du volcan, Lang-Eiland au nord-est et Polschen-Hoed au nord. C'est l'ensemble de ces îlots que les marins désignent sous le nom de Krakatau; le vrai nom du volcan est Rakata. La ligne suivant laquelle sont répartis les pointements de roches volcaniques du détroit, va pénétrer dans les îles de Java et de Sumatra. Quant aux roches qui forment les îles du

(1) JUNGHUHN, JAVA, *Tweeds afdeling. de vulknen en vulkni sch verschijnselen*, p. 4.

(2) VERBEEK et FENNEMA, *Neue vulkanische Entdeckungen auf Java neues Jahrb. fur Min., etc.* II Beilage-Band I, Heft. 1882, p. 186. Dans ce mémoire M. Verbeek annonçait la publication d'un travail étendu sur la topographie et la géologie du sud de Sumatra et des volcans du détroit de la Sonde.

détroit de la Sonde, elles appartiennent principalement aux andésites augitiques et aux basaltes. On indique en outre au volcan de Krakatau des andésites augitiques avec base vitreuse. Les roches éruptives de ces îlots ne se distinguaient donc guère de celles de Java et de Sumatra, qui sont elles-mêmes d'une très grande uniformité lithologique. Si nous ajoutions les quelques indications données par Junghuhn sur la topographie et l'aspect du Krakatau, nous aurions dit à peu près tout ce que l'on connaissait de ce volcan avant sa dernière éruption. Depuis 1680 il paraissait éteint (1), quand au mois de juillet dernier il donna soudain des signes d'un réveil qui devait être le prélude des désastres qui ne sont que trop connus.

En attendant que l'on possède des renseignements géologiques plus complets sur cette récente manifestation de l'activité interne du globe, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, comme l'une des premières contributions scientifiques à l'éruption du Krakatau, les résultats de l'examen micrographique et chimique des poussières projetées par ce volcan et recueillies à Batavia le 27 août dernier, à une distance d'environ 250 kilomètres du point d'éruption. Ces cendres envoyées en Hollande par M. Wolf, résident à Batavia, me furent remises par M. Wichmann, professeur à l'Université d'Utrecht. Je tiens à exprimer à ce savant toute ma gratitude pour les matériaux d'étude qu'il m'a communiqués. Je dois en outre à son obligeance

(1) JUNGHUHN, *loc. cit.*, en indiquant cette éruption d'après BERGHAUS, *Länder und Völkerkunde*, II, p. 718, fait remarquer que cet auteur n'indique pas la source où il a puisé ce renseignement. — Au mois de juillet le volcan eut une éruption dont les effets furent confinés à l'île inhabitée de Krakatau. Deux nouveaux cratères s'étaient ouverts et la forme de la montagne s'était modifiée.

un échantillon des cendres volcaniques de la même éruption tombées à bord du navire de guerre allemand *Élisabeth*, qui stationnait à 500 milles géographiques du Krakatau.

Peut-être ne sera-t-il pas inutile, avant de passer à la description de ces poussières, de faire ressortir que l'on ne doit pas s'attendre à voir les matières éruptives incohérentes présenter une composition absolument identique à celle des masses ignées qui s'épanchent du cratère et à celle des produits meubles : lapilli, bombes volcaniques et scories, qui sont projetés à petite distance du foyer. En admettant qu'il existerait, au sortir du cratère, entre les laves et les matières pulvérulentes d'une même éruption une identité parfaite chimique et minéralogique, et que les cendres ne seraient que le produit de la trituration des laves; on comprend que celles-là, portées au loin par les vents, doivent subir dans leur trajet au travers de l'atmosphère un véritable triage suivant le volume et le poids spécifique des éléments amorphes ou cristallins constitutifs. Il en résulte que, suivant les points où elles furent recueillies, des cendres volcaniques peuvent, tout en appartenant à la même éjaculation, présenter des différences qui ne portent pas seulement sur la dimension des grains, mais encore sur les minéraux qui les constituent. D'un autre côté, l'identification de ces poussières avec un type de roche déterminé présente de grandes difficultés, qui tiennent en partie à la nature fragmentaire des particules composant les cendres et à la manière dont elles sont revêtues de substance vitreuse. On comprend que ces éclats de cristaux offrent peu de points de repère, quand il s'agit d'évaluer les angles d'extinction, et qu'il est difficile

de s'orienter sur les propriétés cristallographiques et optiques des espèces cristallisées empâtées dans une enveloppe vitreuse de forme irrégulière.

Les cendres volcaniques du Krakatau tombées à Batavia et celles recueillies à bord du navire allemand *Élisabeth* offrent de grandes analogies d'aspect et de composition minéralogique. Elles sont formées d'une matière pulvérulente, gris verdâtre à grains presque impalpables mesurant en moyenne 0,1 millimètre de diamètre. Soumise au microscope, cette poussière se montre composée essentiellement de fragments vitreux criblés de bulles. La forme de ces esquilles vitreuses est fragmentaire comme celle des minéraux constitutifs; souvent les particules de verre affectent une disposition fibreuse, elles sont plus ou moins cylindriques et étirées, comme on l'observe dans certaines ponces. Les pores étirés et disposés parallèlement apparaissent comme des stries, que l'on pourrait confondre à la lumière ordinaire avec les stries polysynthétiques des feldspaths. Dans d'autres cas, ce qui distingue ces grains vitreux, c'est une cassure irrégulière, où l'on reconnaît presque toujours que les contours sont plus ou moins curvilignes. Ce mode de fragmentation est très caractéristique pour les fragments de verre volcanique bulleux. D'ordinaire ces esquilles sont incolores; mais on en trouve qui ont une teinte brunâtre plus ou moins foncée. Examinés entre nicols croisés, on voit briller en certains points ces particules amorphes. Cette illumination du champ est due aux cristaux dont je vais parler ou à des phénomènes de tension moléculaire que l'on observe souvent tout autour des bulles dont le verre est criblé.

Les minéraux que j'ai pu déterminer avec certitude

dans ces cendres se rapportent au feldspath plagioclase, à l'augite, à un pyroxène rhombique et à la magnétite. Les deux premières espèces sont sous la forme de débris; et, sauf les cristaux empâtés dans la matière vitreuse, on n'en trouve pas qui présentent les contours cristallographiques réguliers. Elles ont, à peu de chose près, la même dimension que les esquilles de verre, auxquelles elles sont associées. Dans certains cas on voit bien nettement les stries polysynthétiques des plagioclases qui, d'après les résultats de l'analyse qui suit, doivent être représentés dans ces cendres. Plus rarement les feldspaths affectent la forme de petites tables rhomboïdales d'une extrême minceur, recouvertes d'une fine dentelure de matière vitreuse. On sait que ces cristaux, signalés dans un grand nombre de cendres volcaniques par Penck (1), et sur la nature desquels on avait soulevé des doutes, appartiennent, d'après les travaux de Schuster, aux plagioclases et représentent un mélange isomorphe analogue à celui de la bytownite (2). Il serait difficile de déterminer si la sanidine se trouve parmi ces fragments de feldspath. L'augite, dont je n'ai pu retrouver que de très rares cristaux terminés, est d'habitude en éclats irréguliers vert pâle, légèrement dioscopiques. De petits prismes bruns éteignant en long sont du pyroxène rhombique. Comme les fragments et les cristaux de feldspath, ceux de pyroxène sont quelquefois revê-

(1) PENCK, *Studien über lockere vulkanische Auswürflinge* (Z. d. d. geol. Gesell. 1878).

(2) SCHUSTER, *Bemerkungen zu E. Mallard's Abhandlung sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques, etc.* (Min. petr. Mitth. V. 1882, p. 194).

tus de verre craquelé, ou ils sont attachés à des esquilles de cette matière; ces deux minéraux renferment assez fréquemment aussi des inclusions régulières de matière vitreuse incolore et de la magnétite. Il est difficile de dire si d'autres particules brunâtres comme le pyroxène ou vert-olive peu foncé, doivent être considérées comme de la hornblende et du périclase. Le fer magnétique est généralement en cristaux octaédriques. Les grains les plus grossiers de cette cendre sont de véritables lapilli microscopiques, où l'on distingue dans une masse vitreuse des cristaux microlithiques de feldspath, de la magnétite et plus rarement du pyroxène. Enfin on voit encore au microscope des particules d'origine organique; elles sont facilement reconnaissables à leur structure fibreuse ou réticulée; ces impuretés peuvent avoir été transportées par les vents ou provenir du sol sur lequel on a recueilli les cendres. Malgré toutes les incertitudes que présente la diagnose exacte de ces poussières volcaniques, on peut cependant les considérer comme offrant, au point de vue de la composition minéralogique, des analogies avec les andésites augitiques. On a vu plus haut que c'est à ces roches que M. Verbeek rapportait les laves du volcan Krakatau.

L'échantillon des cendres recueillies à bord de l'*Élisabeth* était insuffisant pour me permettre d'en faire l'analyse chimique; j'ai dû me borner à analyser celles tombées à Batavia, dont des quantités un peu plus grandes avaient été mises à ma disposition. Voici les résultats de cette recherche :

- I. 4,499 gr. de substance séchée à 110° et fusionnée par les carbonates de soude et de potasse donna = 0,7799 gr. de silice, 0,4754 gr. d'alumine, 0,0944 gr. de peroxyde de fer, 0,0401 gr.

de chaux et 0,0598 gr. de pyrophosphate de magnésie répondant à 0,01434 gr. de magnésie.

II. 1,222 gr. de substance séchée à 110° donna 0,0533 gr. de perte au feu (eau, substances organiques et chlorure de sodium); attaquée par l'acide fluorhydrique et sulfurique, elle donna 0,1161 gr. de chlorures de sodium et de potassium et 0,0613 gr. de chloroplatinate de potassium, ce qui répond à 0,0118 gr. de potasse et à 0,0188 gr. de chlorure de potassium; par différence on a 0,0973 gr. de chlorure de sodium, ce qui répond à 0,05165 gr. de soude.

III. 1,7287 gr. de substance séchée à 110° fut traitée en tube scellé par l'acide fluorhydrique et sulfurique. On employa pour l'oxydation 2,3 c.c. de permanganate de potasse (1 c.c. = 0,0212 gr. Fe O), ce qui répond à 0,04876 gr. de protoxyde de fer.

	I.	II.	III.	
SiO ₂	65.04	—	—	65.04
Al ₂ O ₃	14.63	—	—	14.63
Fe ₂ O ₃	4.47	—	—	4.47
FeO	—	—	2.82	2.82
MnO	traces	—	—	traces
MgO	1.20	—	—	1.20
CaO	3.34	—	—	3.34
K ₂ O	—	0.97	—	0.97
Na ₂ O	—	4.23	—	4.23
Perte au feu	—	2.74	—	2.74
				99.44

On comprend qu'il n'est guère possible de soumettre cette analyse à une discussion. L'abondance des particules vitreuses dans ces cendres rend illusoire le calcul des valeurs obtenues et la répartition des substances entre les

diverses espèces minérales constitutives. Cette matière vitreuse peut, en effet, contenir une quantité indéterminée des différentes bases; d'un autre côté, les difficultés de ces calculs sont d'autant plus grandes que les minéraux constitutifs de ces cendres peuvent renfermer comme isomorphes les bases que décèle l'analyse. Il n'en reste pas moins vrai cependant que la composition centésimale exprimée par l'analyse appuie les déterminations minéralogiques précédentes sans permettre toutefois de les préciser; elle se concilie avec l'interprétation que le magma, d'où ces cendres ont pris naissance, répond aux andésites augitiques. On remarque toutefois que si l'on admet un magma de cette nature, la teneur en silice paraît trop élevée; mais si l'on tient compte du fait que j'ai relevé tout à l'heure : du triage auquel sont soumises les cendres volcaniques pendant leur trajet au travers de l'atmosphère, on est conduit à admettre que ces poussières doivent s'appauvrir durant ce transport des éléments les plus lourds. Or, ceux-ci sont les plus basiques; les matières vitreuses ou les débris feldspathiques ont un poids spécifique moins élevé en même temps qu'ils sont plus acides. Ces derniers s'accumuleront donc plus loin du foyer d'éruption. Il suffira d'avoir attiré l'attention sur ce fait pour montrer comment la teneur en silice des cendres volcaniques d'une même éruption peut varier suivant qu'elles sont recueillies à des distances variables du cratère.

En terminant cette étude des cendres du Krakatau, je résume les conclusions auxquelles conduit, quant à leur mode de formation, l'examen microscopique des produits éruptifs incohérents. On sait qu'autrefois Cordier, et avec lui un grand nombre de géologues, avaient admis que ces

matières volcaniques étaient produites par la trituration des laves déjà figées dans le cratère. On ne peut nier qu'il existe au point de vue de la composition chimique une identité entre celles-ci et les cendres; mais le microscope montre que ces deux variétés de produits éruptifs présentent des différences de structure et de composition minéralogique qui ne permettent pas d'admettre l'hypothèse que je viens de rappeler.

Quand on compare au microscope des lames minces de laves et des préparations de cendres, on constate que dans ces dernières les matières vitreuses jouent un rôle incomparablement plus important que dans les premières. On retrouve dans les cendres ces particules vitreuses sous la forme d'éclats, d'enduits recouvrant les minéraux ou comme enclaves dans les espèces qui leur sont associées. En outre, on remarque en très grand nombre dans les cendres des formes embryonnaires de cristaux arrêtés dans leur développement normal par un refroidissement brusque; souvent on y découvre des globules et des filaments vitreux dont la structure et la forme indiquent de même qu'ils se sont figés rapidement. C'est ce que nous montre aussi la fine dentelure ou l'enduit craquelé de matière vitreuse qui recouvrent les contours des cendres; toutes ces formes délicates qu'affecte l'élément vitreux des cendres ne se concilient pas avec la trituration d'une roche déjà solidifiée. Ce qui ne caractérise pas moins les cendres, c'est le nombre prodigieux de bulles gazeuses que renferment les éclats de verre des poussières volcaniques. Il n'est pas nécessaire d'insister sur ces particularités pour faire voir que l'interprétation la plus naturelle de la formation des cendres revient à admettre qu'elles

sont produites par la pulvérisation d'un magma fluide, cette pulvérisation étant provoquée par l'expansion des gaz qui déterminent l'éruption. Cette poussière vitreuse se refroidit rapidement dans son trajet au travers de l'atmosphère et ces conditions de formation expliquent les formes particulières qu'elle affecte. Le nombre prodigieux de bulles gazeuses renfermées dans les particules vitreuses nous donne une idée de l'action des gaz dans les phénomènes éruptifs; ces pores accumulés dans un seul fragment indiquent à leur tour que le refroidissement a dû se faire avec une grande rapidité, sinon ils se seraient fondus en une seule vacuole. D'un autre côté, l'examen microscopique montre que la pression des gaz emprisonnés était considérable; on peut en juger par les phénomènes optiques de tension que l'on remarque sur le pourtour des bulles et par leur déchirement que l'on constate dans certains cas.

On est donc conduit à admettre que les cendres volcaniques sont formées par la pulvérisation d'une masse fluide ignée dont les particules projetées par l'expansion des gaz sont soumises à un refroidissement rapide, durant leur trajet dans l'atmosphère. Quoique l'on ne puisse nier le rôle important de la vapeur d'eau dans les phénomènes volcaniques, l'examen des cendres ne montre rien qui indique directement cette action; on n'y retrouve pas d'enclaves liquides et ces inclusions sont extrêmement rares dans les roches volcaniques récentes.
