Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 44 (1917)

Artikel: Contribution à la connaissance de l'exhalaison volcanique
Autor: Brun, Albert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-743211

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CONTRIBUTION

A LA

CONNAISSANCE DE L'EXHALAISON VOLCANIQUE

PAR

Albert BRUN

Les lecteurs de ce recueil ont déjà eu sous les yeux un certain nombre de mes articles relatifs au volcanisme.

La nature anhydre de l'exhalaison a été établie dans ses grandes lignes. Il s'agit maintenant de pousser plus loin encore la connaissance des éléments exhalés par le volcan, et d'étudier si, parmi les éléments que l'on pourra constater en plus de ceux connus, quelques-uns peuvent donner des indications précieuses, sur le siège géologique ou mieux, la position du géoïde où se trouve le siège du volcanisme.

Nous ne voyons d'un volcan que ce qui se passe à la surface terrestre, et par des déductions physico-chimiques, nous devons inférer ce qui se passe dans les profondeurs internes de notre globe. Ceci est un problème ardu, mais qui n'est pas insoluble.

Les astrohysiciens par leurs études spectrales et les physiciens par la mesure de la densité terrestre, ont donné des indications très importantes et qui doivent trouver, si ce n'est un contrôle, du moins, une sorte de confirmation, dans l'étude du volcanisme. En tous cas, quels que soient les résultats obtenus, ils ne devront pas être en contradiction avec les faits astronomiques acquis — densité et processus de refroidissement.

J'ai donc été amené à reprendre l'étude de nombreux sels exhalés par les volcans, dans l'espérance de trouver quelques indications nouvelles. J'ai eu à ma disposition :

Des sels et produits fumerolliens provenant de nombreuses

éruptions du Vésuve espacées sur une durée d'un siècle, du Spagnuolo, de l'Etna, du Chineyro, du Vulcano, du Pico de Teyde, du Kilauea, des échantillons volcaniques provenant des grands fonds du Pacifique, etc., etc., ainsi qu'un très grand nombre de laves de toutes origines.

Méthode d'investigation

J'ai déjà indiqué dans ce recueil, sous le titre de « Note sur l'application du spectroscope à la minéralogie et à la pétrographie suisses, juin 1917 », un procédé d'investigation très pratique, rapide et précis. Voici en résumé, en quoi il consiste :

La roche ou les sels sont étudiés spectroscopiquement avec la flamme très chaude du chalumeau oxyhydrique ou oxyacétylénique. Lorsqu'un élément encore inconnu dans l'exhalaison volcanique montre ses raies caractéristiques, je procède à son extraction et à son dosage par les voies de la chimie ordinaire.

Les éléments sur lesquels je veux pour le moment attirer l'attention des vulcanologues sont :

Le Bore, le Lithium, le Thallium.

Le bore

Le Bore est connu dans l'exhalaison de Vulcano, aux suffioni de Toscane, où il est amené par la vapeur d'eau : et aussi en d'autres localités (Amérique, Asie, etc.).

J'ai pu m'assurer qu'à Vulcano, le Bore est bien amené par l'exhalaison paroxysmale : de nombreuses ponces sont recouvertes d'acide borique et ces ponces n'ont pas subi l'action de fumerolles aqueuses.

Mais le phénomène est beaucoup plus marqué au Vésuve.

Le Bore, aux éruptions vésuviennes de 1906, a été amené en même temps que les sels ammoniacaux engendrés par les azotures, cela à la température maximum. Le Bore se trouve dans ces sels à l'état de fluorure de bore-ammonium.

Il est facile de l'isoler en distillant à sec, avec précautions,

les sels chlorofluorures d'ammonium récoltés sur la lave de 1906. Il faut chauffer sans volatiliser le salmiac.

Les fumerolles à haute température 800° et au delà, distillent du chlorofluorure d'ammonium avec fluorure de silicium et quelques bases terreuses et métalliques (voir pour les détails: A. Brun. Recherches sur l'exhalaison volcanique, Paris-Genève 1911 (passim).

Le fluorure de Bore, très volatil, se perd dans l'atmosphère, mais une partie se condense sous forme de fluorure de bore-ammonium intimément mêlé aux chlorofluorures d'ammonium.

En approchant avec précaution ces sels de la flamme oxyhydrique, celle-ci se colore en vert et donne un magnifique spectre de l'acide borique, bien avant que la flamme soit colorée par le Na.

Tous les sels ammoniacaux du Vésuve, éruption de 1906, m'ont donné du Bore. Des sables avec orpiment et réalgar le fournissent aussi (voir plus loin Thallium). Je l'ai aussi constaté dans des croûtes vertes à chlorure de cuivre.

Le Bore a été général au Vésuve, au cratère, et sur toute l'étendue de la coulée de la lave de 1906. Le nombre des échantillons que j'ai analysés est assez grand. Ils proviennent de points assez distants les uns des autres, pour me permettre d'énoncer le fait suivant :

Les sels ammoniacaux d'une éruption sont très fugitifs : étant entièrement solubles dans l'eau, ils disparaissent totalement à la première pluie, et toute investigation est alors impossible. J'avais heureusement à ma disposition beaucoup de ces sels que j'avais récoltés au moment opportun, lors de l'étude queje fis du Vésuve en avril 1906.

Le lithium

J'ai montré précédemment [1] quelle était dans les roches suisses la généralité du Lithium. J'ai pu constater qu'il en est de même pour les roches éruptives modernes. On peut dire,

[1]) Note sur l'application du spectroscope, A. Brun, *Archives*, juin 1917.

sans grande erreur, que la lave est d'autant plus riche en lithine qu'elle est plus acide. Les basaltes, les laves ferromagnésiennes sont de moins en moins riches à mesure qu'ils se rapprochent des Lherzolites et Peridotites, et finalement les Lherzolites et roches analogues les plus basiques ferro-magnésiennes n'en ont plus, même spectralement.

Il est donc naturel de penser que le Lithium doit pouvoir figurer avec le Potassium et le Sodium dans l'exhalaison volcanique chlorée. J'ai pu aisément vérifier ce fait au Vésuve (éruption de 1906).

Mais il faut tenir compte que le chlorure de Lithium est plus volatil que les chlorures de potassium et de sodium, par conséquent, on devra le rencontrer de préférence avec les sels les plus aisément gazéifiables.

C'est effectivement le cas. J'ai vérifié que les chlorures de sodium et de potassium cristallisés et si abondants au Vésuve, ne contiennent que rarement du Lithium. En revanche, les sels ammoniacaux en contiennent fréquemment. Certains échantillons de chlorures divers de fer et d'alcalis, hygroscopiques et solubles dans l'eau, m'ont fourni du chlorure de lithium très nettement (Vésuve 1906).

Comme ce sel est hygroscopique et est en petite quantité par rapport aux autres sels, il disparaît assez vite pour les motifs ci-dessus énoncés.

J'ai extrait par l'eau, des sels, des cendres et lapillis tombés en avril 1906 sur Ottojano, Pompei, Resina, Naples, et sur le cône à Eremo.

Ces sels sont constitués par des sulfates divers et des chlorures alcalins. Il est facile d'y constater le chlorure de lithium par les moyens ordinaires.

Les sulfates du Kilauea contiennent aussi du lithium.

Le magma de Leucite téphrite du Vésuve est riche en Lithine. Je m'étonne que dans les analyses publiées des roches de ce volcan, il ne soit jamais fait mention de cet élément. Sa quantité est cependant assez grande pour qu'il ne soit pas permis de le négliger dans une bonne analyse.

Le thallium

Dans les régions volcaniques, ce métal avait déjà été trouvé dans le soufre de Lipari ; mais, sauf erreur, c'est le minéralogiste Cossa qui a le premier signalé (Bulletin Soc. Minéral. de France 1882) le Thallium comme figurant dans la composition d'un minéral recueilli dans un cratère: dans le présent cas Vulcano.

Il nomma Hieratite des concrétions avec écailles d'acide borique, cesium, rubidium, thallium et fluorures divers.

L'on avait regardé la présence de ce métal comme un accident minéralogique curieux et moi-même ai longtemps considéré la Hieratite comme une rareté. L'on verra par ce qui va suivre que, au contraire, le Thallium doit être pris en sérieuse considération dans l'exhalaison volcanique. Je constatais une première fois le spectre du Tl à $\lambda = 5350,5$ en examinant des scories rouges du cratère du Spagnuolo. Avec les premiers échantillons, la raie me parut variable en intensité et fugitive. Mais en continuant à examiner tout ce que j'avais récolté à ce volcan, je rencontrai plusieurs blocs qui montraient la raie verte avec une richesse et une persistance remarquables. Mon attention étant attirée par ces faits, je procédai sur ma collection des produits de divers cratères, à une suite d'analyses et d'examens minéralogiques minutieux qui m'amenèrent à des résultats intéressants.

Répartition du Thallium

J'ai constaté le Thallium dans les sels des exhalaisons du Vésuve récoltés en 1822, 1872, 1882, 1906 et dans un grand nombre de scories violettes ou rouges récoltées à ces dates et à des époques diverses.

Au Chinyero, dans les sels de l'éruption de 1909.

Dans quelques fragments de lapillis, recouverts de carbonate de soude, que j'avais récoltés au Timanfaya (Lanzarote).

A l'Etna, cratère du Spagnuolo, dans les scories rouges anciennes provenant peut-être de l'éruption du XVIe siècle (1537 ?).

A l'Etna, dans les sels de fumerolles de la coulée de l'éruption de 1879, et dans des scories violettes de la même date.

Suivant le cas, le Thallium est engagé dans des combinaisons différentes : les unes sont solubles dans l'eau, les autres y sont insolubles et même inattaquables par les acides ordinaires.

J'ai vérifié :

a) Le chlorure de Thallium soluble, imprégnant les sels ammoniacaux chlorofluorés, au Vésuve et au Chinyero, ainsi que certaines Halites au Vésuve.

b) Une combinaison insoluble pénétrant les scories rouges et violettes plus ou moins altérés par les émanations fumerolliennes. — Au Spagnuolo,au Vésuve, dates diverses et à l'Etna

c) Le sulfure de Thallium et d'arsenic, associé aux croûtes rouges de réalgar et à l'orpiment, avec soufre et chlorures divers, cotunnite, etc. — au Vésuve, fumerolles de 1906 et postérieures.

a) *Le Thallium dans les sels ammoniacaux.* — J'ai montré que la composition de ces sels était assez complexe, en général, ils sont riches en fluor. Ils contiennent beaucoup de Bore au Vésuve (voir ci-dessus) : on peut les considérer comme des chlorofluorures d'ammonium avec fluorure de silicium, fer, manganèse aluminium, un peu d'alcalis et de terres accompagnés des éléments volatilisés à l'état de chlorures ou fluorures.

Ces sels sont acides, ils sont extrêmement solubles dans l'eau.

Les croûtes blanches de ces sels qui tapissent les scories des régions fumerolliennes disparaissent à la première pluie. J'eus la bonne fortune de pouvoir en récolter une grande quantité lors de l'éruption du Vésuve en avril 1906, aux nombreuses fumerolles actives sur la coulée de lave.

Au spectroscope (avec flamme chaude) ces sels donnent le spectre des alcalis, les bandes de l'acide borique et la raie caractéristique $\lambda = 5350,5$ du Tl. Les sels les plus riches sont ceux qui contiennent un peu de chlorure de fer.

Afin de savoir si le Thallium était en proportion dosable et comparable en quantité aux autres éléments salins, j'ai procédé à son extraction. 24 grammes de sels ammoniacaux solubles, de tout venant, provenant de nombreuses fumerolles différentes,

sont dissous dans l'eau. La solution séparée du sable et des graviers est parfaitement limpide et incolore, et a une réaction acide. La solution est neutralisée par l'ammoniaque et précipitée par le carbonate d'ammoniaque.

On laisse reposer 48 heures en solution pas trop concentrée. Les fluorures sont précipités avec la silice, chaux, fer, aluminium, etc., on filtre. La solution est additionnée d'un peu de sulfure d'ammonium. Il se fait de suite une coloration brune. Au bout de 48 heures de repos, le précipité de sulfure s'est bien aggloméré ; on le récolte sur un petit filtre et le lave seulement une fois avec du sulfure d'ammonium. Comme il y a très peu de précipité, on étale le filtre encore humide sur le fond d'une capsule de porcelaine à fond plat et on l'arrose d'acide sulfurique étendu contenant un peu d'acide nitrique, on évapore et chauffe avec précaution pour charbonner le filtre ; reprend par l'eau bouillante (la solution est incolore) filtre, concentre si c'est nécessaire et précipite par l'iodure de potassium.

S'il y a du plomb, ce qui peut arriver, il reste à l'état de sulfate, s'il y en a beaucoup, la séparation s'en fait au préalable par l'hydrogène sulfuré. (1)

J'ai obtenu ainsi une proportion s'élevant à un demi-millième d'iodure de Thallium. Dans une autre expérience, j'obtins un pour trois mille. C'est donc une proportion assez élevée, et si l'on songe aux masses de sels ammoniacaux lancés par le Vésuve à chaque éruption, l'on peut se représenter quelles quantités considérables de Thallium sont jetées dans la circulation terrestre superficielle.

En 1882, le prof. Jacques Brun récolta, au Vésuve, des sels jaunâtres en blocs microcristallins à structure poreuse.

J'ai étudié ces sels et je les ai trouvés riches en Thallium. Ce sont des blocs de Halite imprégnés de chlorures métalliques.

L'analyse donne

Halite	97 à 98 $^1/_2$ %
Chlorures métalliques	3 à 1 $^1/_2$ %

1) L'identité du précipité final se vérifie toujours au spectroscope.

Les chlorures métalliques sont surtout de la cotunnite (Pb Cl 2) avec un peu de fer, du chlorure cuivrique et du chlorure de Thallium, tous solubles dans l'eau. En faisant agir l'eau avec précautions, on peut séparer de petites aiguilles de cotunnite incolore.

J'ai extrait de 35 grammes de ces blocs jaunes de chlorures, 83 $^{6}/_{10}$ milligrammes de chlorure thalleux et 28 milligrammes de chlorure cuivrique.

Ces sels sont donc d'une remarquable richesse en Thallium.

Le procédé d'extraction du Thallium de ces sels solubles a été très simple : une fois Cu et Pb éliminés par H_2S, la séparation du Fer et $Al_2 O_3$ s'est faite comme pour les sels ammoniacaux.

b) *Le thallium dans les scories rouges.* — Ces scories sont extrêmement abondantes dans tous les cratères qui après la période paroxysmale rejettent encore les émanations fumerolliennes sèches qui donnent le grand panache blanc. Ces scories sont des blocs plus ou moins gros de lave très bulleuse altérée jusqu'au centre de leur masse. Elles sont friables, souvent terreuses, ont une couleur rouge d'oxyde de fer ou jaune de limonite ; parfois violette, alors elles restent dures (Vésuve 1872, Etna 1879).

Si l'altération est avancée, il reste un bloc blanc ou des croûtes blanches de silice séparée de ses bases. [1]

La scorie rouge est en général plus riche en Thallium que la blanche : l'action fumerollienne se fait à une température telle que les alcalis et les terres sont enlevés à l'état de chlorures avec une partie du fer et de l'alumine. Le Thallium amené à l'état de vapeur chlorée, se combine en partie avec le silicate et l'oxyde de fer restants, et forme une combinaison insoluble dont je ne connais pas la nature.

Il arrive souvent que la scorie rouge est si profondément attaquée qu'elle a perdu tous ses alcalis, il ne reste plus trace de Ka.Na.Li, malgré cela, le Thallium persiste.

Souvent ces scories rouges sont enrichies en titane.

Le Thallium y est accompagné parfois de cotunnite ($Pb\ Cl_2$)

[1]) La silice libre est abondamment séparée par ce processus (Pico de Teyde, Papandayan, etc.).

LABORATOIRE DE PHYSIQUE UNIVERSITÉ NEUCHATEL

et une petite portion du Thallium se dissout alors dans l'eau bouillante avec la cotunnite. La plus grande portion est insoluble et n'est pas même extraite par les acides. Il faut, pour l'extraire, désagréger le silicate et les oxydes avec l'acide fluorhydrique mêlé d'acide chlorhydrique : on chauffe au bain-marie plusieurs heures : on arrose d'acide sulfurique et continue à chauffer sans jamais sécher, sans quoi le Thallium se recombine et redevient insoluble.

Une fois que l'on estime que la silice a été volatilisée, on étend d'eau, chauffe encore un peu et jette le tout dans l'eau (un litre d'eau pour 32 grammes de scorie) ; on oxyde le fer, puis, sans s'inquiéter de ce qui est non dissous, on précipite par l'ammoniaque, laisse reposer, filtre, lave l'insoluble et le précipité, concentre si c'est nécessaire, et précipite avec le sulfure d'ammonium. Le reste comme en a).

J'ai extrait ainsi 11 milligrammes d'iodure de Thallium pur pour 32 grammes de scorie rouge vésuvienne. Il y a donc accumulation du Thallium dans l'oxyde et dans le résidu d'altération de la lave. La combinaison insoluble semble très stable, car les scories du Spagnuolo, datant probablement du XVIe siècle, se sont montrées de richesse analogue à celles récoltées en 1906 au Vésuve et résultant de l'éruption de cette date.

Il est singulier de voir le Thallium pénétrer jusqu'au centre de la scorie : j'ai des blocs où cette pénétration atteint une profondeur de 10 à 12 centimètres. La combinaison résiste bien aux agents chimiques, car il faut désagréger à fond le silicate pour libérer le Thallium.

Certaines scories terreuses sont au Vésuve imprégnées de soufre et de réalgar avec Thallium réparti sous ses trois formes.

D'autres scories riches en oxychlorure de cuivre ont présenté le Thallium sous sa forme insoluble. La scorie montrait en même temps aussi du Bore. Souvent du Plomb.

J'ai constaté la pénétration profonde du Thallium dans des scories noires qui ne présentaient pas encore trace d'altération fumerollienne. L'extérieur montrait le Tl jusqu'à une certaine profondeur, l'intérieur pas encore. L'échantillon provenait des fumerolles à sulfures du Vésuve 1906.

c) *Le Thallium dans les sables à réalgar du Vésuve.* — Ces sables proviennent, de la fente qui fournit beaucoup de fumerolles et sise, d'après J. Lavis, sur la face extérieure N.N.E. du cône en 1906. Leur fonctionnement dura encore longtemps après le paroxysme.

Ces sables, lorsqu'ils sont purs sont jaune verdâtre : s'ils sont un peu altérés, ils passent à la limonite et à la scorie rouge alors ici imprégnée de sulfure. Le réalgar s'y trouve en petites croûtes vernissées rouge rubis : il y est mêlé d'orpiment et de soufre.

Dans ce sable, on rencontre des fragments de cotunnite, de chlorures, d'alcalis, de cuivre, de fer, d'acide borique, etc., etc., en proportions variables selon l'échantillon. Cette fente a fourni de petits cristaux de galène. Tout cela est mêlé dans le même sable.

J'ai analysé le sable vert jaune brut ; les silicates en formaient environ le 40 %.

L'extraction du Thallium a eu lieu comme suit :

Le sable est mis à digérer avec du sulfure d'ammonium que l'on renouvelle trois fois ; le résidu est noir.

Dans la solution passe l'arsenic avec un peu de Thallium. On précipite à nouveau cet arsenic par H Cl et repurifie à nouveau le sulfure d'arsenic par le sulfure d'ammonium : le petit résidu insoluble est réuni au résidu principal.

Le résidu contient le Thallium à l'état de sulfure et en partie à l'état d'autre combinaison insoluble. On le fait digérer longtemps avec l'eau régale qui quelquefois suffit. On filtre, s'assure au spectroscope que les silicates non attaqués ne contiennent plus de Tl., sinon il faut désagréger avec H Fl. La solution dans l'eau régale est évaporée à sec. Il se sépare un peu de silice et beaucoup d'acide titanique [1].

On reprend par l'eau qui laisse le sulfate de plomb et les insolubles, filtre et précipite par le sulfure d'ammonium. Le reste comme en a). On contrôle enfin le précipité et s'assure qu'il n'y a pas de plomb.

[1]) Comparer avec les sels du Kilauea qui fournissent beaucoup de sulfate de titane — *Recherches*, pages 235 et 250.

J'ai obtenu pour un sable brut la dose considérable de 36 milligrammes d'iodure de Thallium pour 10 grammes de sables bruts. En triant certains fragments de Réalgar, la proportion s'est élevée encore.

Cette quantité de métal rare montre que nous avons à faire ici à un véritable minerai de Thallium allié à l'arsenic.

Certaines scories de ce gisement non encore altérées, donc encore de la teinte noire des scories ordinaires, sont imprégnées de Thallium. La vapeur chlorée transportant le métal a donc pénétré dans les pores de la roche pendant que le sulfure d'arsenic se condensait à la surface. Mais ces deux actions peuvent être successives et non pas simultanées.

Le même gisement fournit de petits cristaux de galène. Or ces cristaux sont totalement dépourvus de Tl alors que leur gangue en contient. Il faut en conclure que le plomb et le Thallium se séparent dans le même gisement. Le Thallium se fixe sur l'arsenic. Du reste, cela est conforme à ce que l'on sait de la chimie de ce métal. Une solution acide contenant de l'arsenic et soumise à l'action de l'hydrogène sulfuré précipite un sulfure d'arsenic entraînant en général presque tout le Thallium.

Dans les sulfoarseniures du Binnenthal, le Tl est certainement retenu par l'arsenic — (voir : Note sur l'emploi : *Archives,* juin 1917). L'on peut admettre que dans les scories, le métal y est amené avec d'autres métaux à l'état de vapeurs chlorées qui se combinent aux silicates ou aux oxydes ; en tous cas de nombreux échantillons de scories non soumises aux actions fumerolliennes ne m'ont pas montré de Thallium.

Mais je dois dire que bien probablement la quantité sur laquelle j'opérais n'était pas assez grande pour établir une preuve démonstrative. Ce point là est donc encore à élucider.

Le cuivre et le Thallium se condensent souvent ensemble à l'orifice de la fumerolle. Les croûtes vertes qui recouvrent de nombreuses scories non altérées montrent au spectroscope la superbe raie du Thallium avec la raie également intense du cuivre à $\lambda = 5105,7$. Le spectre fourni par ces lapillis verts est superbe. Le Potassium, le Lithium, exaltés par la présence du Chlore fournissent leurs raies brillantes en même temps que le

Thallium et le cuivre. La présence de la silice fixe les raies, empêche la formation des bandes du cuivre, et rend ce magnifique spectre visible pendant longtemps [1].

Cette question de spectroscopie sortant un peu de mon sujet, je renvoie le lecteur aux publications spéciales et en particulier pour le Baryum et le Cuivre à de Watteville, *Spectre de flammes*, Thèse Paris, 1904 ; à W. N. Hartley, *Proceedings*, Dublin Roy. Soc. 1907, et à l'ouvrage de Kayser, tome V, *Handbuch der Spectr.*, Leipzig 1910.

Considérations générales

Il est donc établi que le Bore, le Lithium, le Thallium, figurent dans l'exhalaison paroxysmale. Cela est démontré pour le *Bore*, à Vulcano et au Vésuve; pour le *Lithium*, au Vésuve ; pour le *Thallium*, au Chinyero (Ténérife). A l'Etna (Spagnuolo), à l'Etna, coulée de lave de 1879, à Lanzarote (Timanfaya), et au Vésuve.

Evidemment si l'on considère l'ensemble des volcans du globe, on constatera des différences de l'un à l'autre. Les uns sont plus riches en certains éléments que d'autres. Cependant, comme j'ai établi que certains éléments sont constants (azote-carbone-chlore) quoique variables en quantité absolue et relative, on peut en inférer que l'on a des chances de rencontrer le Bore, le Lithium et le Thallium dans d'autres volcans que ceux que j'indique.

Je veux examiner d'un peu plus près la question du Thallium.

J'ai donc constaté ce métal dans les sels ammoniacaux du Chinyero, éruption de 1909, et au Vésuve, dans tous les sels et scories récoltés durant une période de près d'un siècle, de 1822

[1]) J'ai aussi observé, en étudiant la barytine de Binn, la disparition des bandes de la Baryte pour ne laisser subsister que $\lambda = 5535,5$. Dans le cas du cuivre, j'ai attribué ce phénomène à la présence de la silice, mais il peut y avoir différentes causes.

On ne peut invoquer ici la « *raie ultime* », car la flamme est fortement colorée en vert, dans les deux cas (voir Barytine, dans Note, etc., *Archives*, juin 1917).

à 1906 et encore après cette dernière éruption. Le Vésuve a donc constamment amené au jour du Thallium, et il est probable qu'antérieurement il en a toujours été ainsi.

La présence de ce métal dans les sels ammoniacaux montre encore une fois combien est mal fondée la croyance de certains vulcanologues qui attribuent ces sels au passage de la lave sur les herbes et buissons. J'ai fréquemment pu constater que les vapeurs de salmiac sortent en général d'une paroi compacte de lave incandescente dont la surface est à plusieurs mètres au-dessus de l'herbe carbonisée.

J'incline pour ma part à penser que chaque volcan amène plus ou moins de Thallium au jour. Il y aura certainement des variations quantitatives, comme on l'observe pour le chlore, pour le soufre, les azotures, mais je crois que la disparition complète sera rare (voir mes analyses quantitatives dans Recherches, passim).

Je me base, pour étayer mon dire, sur le fait suivant : les explorations des grands fonds océaniques effectuées par des navires tels que le « Challenger » ramènent des grandes profondeurs des hydrates de fer et de manganèse connus sous le nom de « nodules de manganèse ». Le Dr L.-W. Collet en a fait une étude serrée dans son remarquable ouvrage sur les dépôts marins (1).

Il conclut que ces nodules de manganèse doivent leur matière à la lave d'éruptions sous-marines.

On a trouvé du Thallium dans un de ces nodules — analyse de J. Gibson (2).

M. le Dr Collet a eu l'obligeance de me soumettre deux échantillons de ces nodules (provenant de sa collection particulière), ramenés des grands fonds du Pacifique (expédition du Challenger).

J'ai constaté dans ces deux échantillons le Thallium avec une intensité spectrale comparable à celle fournie par les scories rouges ci-dessus étudiées.

1) Dr. L.-W. Collet. *Les dépôts marins*. Paris 1908, p. 125 et suiv.
2) F. W. Clarke. *Geochemistry*. Washington 1908, page 103-104, cite l'Analyse de J. Gibson des Challengers Reports.

Or ces scories rouges engagent le Thallium dans une combinaison insoluble où figurent aussi les peroxydes de fer et de manganèse. Ceci par un processus d'altération de la lave par la fumerolle et l'oxygène de l'air, processus qu'il est utile de comparer à celui invoqué par le Dr Collet, pour expliquer la genèse des nodules de manganèse des grands fonds.

Tous ces faits réunis et pesés, amènent à conclure que le Thallium doit figurer aussi dans les exhalaisons volcaniques paroxysmales, basaltiques sous-marines, du Pacifique; ce métal présente donc un certain degré de généralité et doit être considéré comme faisant partie des éléments du système volcanique.

Résumé

1° Le Bore, le Lithium, le Thallium appartiennent à l'exhalaison volcanique paroxysmale au même titre que les éléments qui y ont déjà été reconnus.

2° L'existence de ces éléments dans les magmas éruptifs présente une certaine généralité.

3° Le Thallium, ainsi que le Plomb, amenés au jour en grande quantité, peuvent aider à mieux connaître la nature des géoïdes profonds. Leur présence doit être considérée comme une confirmation des données physico-astronomiques relatives à la densité moyenne du globe.

Genève, juin 1917.