

DE LA RELATION
EXISTANT ENTRE
L'ACTIVITÉ DU VÉSUVÉ
ET CERTAINS PHÉNOMÈNES
MÉTÉOROLOGIQUES ET ASTRONOMIQUES

PAR LE

D^r JOHNSTON-LAVIS, M. D., D. Ch., M. R. C. S., L. S. A., Lond. (1)

Professeur agrégé de vulcanologie de l'Université royale de Naples,
Fellow de la Société Géologique de Londres.

Planche IV

I. — INTRODUCTION.

Ce mémoire, sauf quelques additions, a été lu devant la *Royal Society of London* en 1886 (2), et un extrait avec conclusions en a été publié dans les *Proceed. Royal Society of London*, n° 243, 1886. Mon intention était d'étendre ces observations, mais l'état peu favorable du Vésuve à ce moment, des engagements professionnels, et enfin mon départ de Naples, m'empêchèrent de réaliser ce projet. La publication récente, par Baratto, d'un mémoire sur une partie du même sujet, mais moins complet, m'a fait penser qu'il était peut-être à propos de publier mes observations dans leur intégralité, parce que je crois qu'elles ont un intérêt important en Cosmogénie et, si elles ne sont pas absolument concluantes, elles ouvrent de nouvelles et précieuses méthodes d'inves-

(1) Mémoire présenté à la séance du 18 juin 1907.

(2) *Proceed. Roy. Soc. Lond.*, n° 243, p. 1, 1886.

tigations par expérience sur quelques problèmes terrestres loin encore d'être résolus (1).

Le rapport entre l'activité des volcans et certains phénomènes astronomiques et météorologiques est un sujet qui n'embrasse pas seulement les questions limitées aux volcans eux-mêmes, mais il peut aussi aider à découvrir des faits de grande valeur sur la structure physique de l'intérieur de notre globe. Dans cette investigation, le vulcanologue est obligé de faire appel, pour certaines données, à l'astronome et au météorologiste. Mais, à son tour, il peut fournir à ces mêmes collègues une explication sur certains phénomènes qui leur étaient incompréhensibles jusqu'à présent. Si nous supposons, ce que le physicien nie, que l'intérieur de notre globe est un fluide, ou qu'il existe une enveloppe fluide entre la croûte et le noyau solide, comme on le croit plus communément aujourd'hui, nous devons nous attendre à ce qu'une telle masse de fluide soit soumise à des changements analogues à ceux qui, dans nos océans et mers, constituent les marées. De plus, si nous supposons cette enveloppe fluide en communication directe avec la surface extérieure de notre sphère, nous serons amenés à observer que les changements de pression de notre atmosphère produiront une certaine hausse ou baisse dans les cheminées volcaniques établissant une communication entre les surfaces intérieures et extérieures de cette croûte, moins naturellement la friction moléculaire et de surface. Ce dernier rapport entre l'intérieur et l'extérieur de la terre augmente d'intérêt, si nous remarquons le fait important de la présence de substances volatiles dissoutes dans les silicates fondus qui constituent le magma fluide des volcans. Le problème se complique encore par le fait que la plus grande partie de ces constituants volatiles sont acquis au moment du passage du réservoir à la surface, fait que j'ai démontré de façon irréfutable dans une série de recherches ayant duré plusieurs années (2).

Si nous procédons à un examen plus attentif du rapport existant entre les influences variées travaillant à modifier les phénomènes d'éruption volcanique, nous trouverons des évidences de relations bien distinctes au moins dans quelques cas.

(1) Une partie de ces observations, illustrées de photographies prises au sommet du Vésuve et de l'appareil éruptif, ont été publiées avec 13 planches dans *Lo spettatore del Vesuvio e dei Campi Flegrei*. Nouvelle série, 1887. (CLUB ALPINO ITALIANO SEZ NAPOLI.)

(2) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, Lond., vol. XL, 1884, et *The physical conditions involved in the injection, extrusion and cooling of igneous matter* (IBID., vol. XLI, 1885).

II. — POSITION DE LA LUNE ET DU SOLEIL.

Bien peu de faits ont été signalés à l'appui de la possibilité d'une action de marée de la part d'une masse fluide de pâte volcanique, quoiqu'on ait mentionné quelques incidents pouvant se rapporter à ce sujet. C. E. Dutton (1) décrit le grand lac de lave de Kilauea comme présentant souvent de petites oscillations de 10 à 15 pieds, et parfois de grandes oscillations causant des débordements. De tels changements sont variables en périodes et quantité, mais on semble n'avoir pas essayé de découvrir quelle relation ils peuvent avoir avec les phénomènes terrestres.

Dans une série de mémoires touchant des observations sur les sources minérales dans l'île d'Ischia, Grablovitz (2) dit que dans une source à Porto d'Ischia, tout près de la mer et presque à son niveau, il a remarqué une augmentation de débit correspondant au flux et reflux et aux variations du baromètre. Ces phénomènes montrent un retard de trois heures une minute dans leur maxima et minima par rapport à la haute ou basse marée, et trois jours de retard quant aux syzygies et quadratures lunaires. Il ne dit pas si ces effets sont dus simplement à l'élévation du niveau de la mer dans le voisinage, ou s'ils dépendent directement des influences lunaires ou solaires, ce qui semble à peine possible, à moins d'admettre une vaste mer souterraine d'eaux minérales.

Si l'on accepte l'hypothèse enseignant que tous les volcans sont alimentés par des poches de matières en fusion, produites par l'écrasement des roches ou toute autre cause, isolées dans un globe solide, alors on ne s'attendra pas à des changements ayant une allure de marée produits par les différentes positions que le soleil ou la lune occupent à différentes époques, relativement à notre globe. En conséquence de quoi, aucune oscillation perceptible de lave dans la cheminée volcanique ne se présenterait, quelle que soit la position de notre satellite ou du soleil. La même absence de sympathie doit aussi être évidente dans le cas d'une enveloppe fortement chauffée mais solide, existant

(1) C. E. DUTTON, *4th Annual Rep. of the Director U. S. Geol. Survey*, 1882-1883, pp. 117-118.

(2) GRABLOVITZ, *Rend. d. R. Accad. d. Lincei*, vol. IV, 1888, et *Ann. Uf. Cent. Meteor. e Geodinamica*, vol. VIII.

au-dessous de la croûte qui devient fluide par sa chaleur intrinsèque, quand la pression est diminuée.

Si nous acceptons la théorie d'un intérieur fluidé ou d'une enveloppe fluide avec une croûte flexible, nous devrions nous attendre à ce que cette croûte monte et descende, à ce qu'elle flotte pour ainsi dire sur les vagues de marée passant autour de notre globe comme il arrive sur la surface des Océans. Il résulte clairement de cela qu'il n'y aurait ni haut ni bas de la lave dans la cheminée volcanique, puisque la position relative de la surface du fluide et des parois solides ne varierait pas, quoique les deux puissent à certains moments être plus ou moins rapprochées ou éloignées du centre de la terre.

Les physiiciens, cependant, nous disent que la croûte terrestre est presque, sinon entièrement rigide; de sorte que toute tendance de production d'une onde maréenne dans l'enveloppe fluide causerait immédiatement une montée ou une descente de la surface de la lave dans le volcan, grâce à la surface fluide se rapprochant ou s'éloignant du centre du globe, tandis que la croûte resterait constante ou à peu près.

Les volcans situés près des Océans peuvent être probablement affectés encore d'une autre manière par la gravitation lunaire ou solaire. L'accumulation d'une large masse d'eau telle que celle constituant une onde maréenne pourrait presser la croûte terrestre, si celle-ci était assez flexible, et pour ainsi dire forcer la sortie de la lave placée au-dessous. Ou bien la crue de l'eau pourrait causer par la pression un contact plus complet de l'eau et des roches poreuses environnant une cheminée volcanique et son contenu. Le peu de flexibilité de la croûte terrestre et la friction de l'eau traversant des substances poreuses empêchent, selon toute probabilité, un effet visible dans le changement du niveau de la lave. Naturellement au Vésuve, à l'Etna et à d'autres volcans, situés similairement loin d'une marée importante, les effets indiqués ci-dessus, s'ils existent réellement, peuvent être négligés.

S'il était possible de démontrer que la roche fluide d'une cheminée volcanique change de niveau en correspondance avec la marée, nous aurions alors une preuve évidente que la source de la lave et de ses composés doit être une masse fluide d'une superficie considérable formant très vraisemblablement une enveloppe entre la croûte terrestre et le noyau, si ce noyau existe.

Quand nous considérons qu'un volume aussi important que la masse d'eau de la Méditerranée montre un changement de niveau maréen à peine supérieur à 1 pied, avec une friction seulement appréciable à la surface de contact avec l'air, et quand nous comparons cela avec une couche de

roche en fusion d'une viscosité bien supérieure à celle de l'eau de mer, et obligée de surmonter la friction de sa surface supérieure avec la paroi inférieure de la croûte terrestre, nous voyons que la différence est énorme. Dans le premier cas, nous n'avons pas d'adhésion entre l'eau et l'air, tandis que dans l'autre, la surface supérieure arrive probablement par une gradation visco-pâteuse à former corps avec la roche solide qui la recouvre, effet très évident pour qui a observé comment dans un courant de lave les parties en contact avec la surface refroidie sont graduellement retenues en arrière. Maintenant, si sur la surface de la Méditerranée il y a de si légers changements de niveau maréen, à quels mouvements faut-il s'attendre pour la roche fluide de notre globe? En nous plaçant à ce point de vue, nous avons bientôt la conviction que le flux dans une cheminée volcanique deviendrait un important facteur, prouvant au moins la présence d'une couche fluide dans notre terre. Si nous avons des données sur les oscillations de la lave, si nous pouvions préciser la densité et la viscosité de la roche fluide au-dessous de nous, et si nous pouvions apprécier la valeur de sa friction avec la paroi inférieure de notre croûte terrestre, nous pourrions alors calculer son épaisseur actuelle. Aucune localité n'offre peut-être autant d'avantages pour l'étude de cette question que le lac de lave de Kilauea, où je n'ai pu aller. Mais j'ai fait de mon mieux au Vésuve, où cependant la grande quantité de constituants volatils produit une influence de confusion.

Le rapport remarquable existant entre l'action volcanique et les tremblements de terre est tel que nous devons, un moment, considérer ces derniers, surtout depuis que leur relation avec les phénomènes astronomiques et météorologiques a été plus largement étudiée. Les infatigables et classiques recherches de Alexis Perrey, en cataloguant la plupart des tremblements de terre connus dans chaque contrée, lui ont donné les moyens de tirer de ces faits quelques déductions remarquables et importantes (1).

Il a été démontré que les tremblements de terre sont prévalents aux *syzygies*, plus qu'aux *quadratures* et aux *périgées*, plus qu'aux *apogées* et au méridien, plus que lorsque la lune est à 90° .

Élie de Beaumont, qui a écrit un rapport sur le principal mémoire de Perrey, résume ainsi les découvertes de cet auteur :

1° Les tremblements de terre aux *syzygies*;

(1) A. PERREY, *Sur la fréquence des tremblements de terre relative à l'âge de la lune.* COMPTES RENDUS, t. XXIV, p. 822; *IBID.*, t. XXVI, p. 537, *IBID.* t. LII, p. 146.)

2° Leur fréquence est aussi plus grande vers le *périgée* et diminue vers l'*apogée* de la lune ;

3° Les chocs de tremblements de terre sont plus fréquents quand la lune est dans le voisinage du méridien que lorsqu'elle en est éloignée de 90°.

Je sais très bien que les conclusions de cet auteur ont été discutées, mais il me semble que les critiques destructives ne sont pas en rapport avec l'évidence des faits soumis aux critiques. Le professeur John Milne (1) n'a pas trouvé de relation marquée entre les tremblements de terre et les positions relatives de la lune et du soleil, conclusion semblable à celle de M. E. Knipping. Le professeur Chaplin a trouvé un maximum aux *quadratures*. Les chiffres de Milne montrent cependant 127 aux *quadratures* et 137 aux *syzygies*. Il a aussi trouvé que les tremblements de terre sont 11.2 fois plus fréquents à marée basse qu'à marée haute.

M. H. de Parville (2), après une étude systématique des phénomènes lunaires et terrestres, continuée pendant un quart de siècle, se trouve amené à reconnaître une relation distincte entre la déclinaison lunaire et les tremblements de terre, la loi générale étant que les chocs ont lieu soit à l'équinoxe, au lunistice, ou bien exactement quand le soleil et la lune ont la même déclinaison.

Perrey a très justement remarqué que, sans doute, un grand nombre de chocs ont une relation intime avec les dykes igneux. Or, quand la tension du magma qu'ils contiennent a atteint une force presque égale à la résistance des roches environnantes, une rupture aura lieu dans ces dykes igneux, si la pression augmente, en conséquence du flux qui se produit dans la masse fluide dont les ramifications remplissent les dykes. L'ébullition continuelle qui a lieu dans la plupart des volcans pendant la phase d'activité strombolienne, empêche d'évaluer exactement la différence de niveau de l'oscillation de la lave dans la cheminée volcanique. Néanmoins, il y a sans doute des volcans où, à certains moments, des observations de ce genre pourraient être faites et il faut espérer que quelque observateur soigneux pourra saisir une occasion propice. Touchant ce sujet, il a été observé dans l'éruption de 1855

(1) JOHN MILNE, *On 587 Earthquakes observed during two years in Japan*. (TRANS. SEISMOLOGICAL SOC. OF JAPAN, vol. VII, pl. II, 1884, pp. 81-83.)

(2) H. DE PARVILLE, *On a correlation between Earthquakes and the Declination of Moon*, 1887.

que la lave a présenté à un peu plus de douze heures d'intervalle un flux et reflux correspondant à la marée (1).

A propos de cette dernière observation, j'ai remarqué personnellement, quand à différentes fois je suis resté un certain temps dans le cratère du Vésuve, que pendant plusieurs heures il présentait des variations marquées d'activité et un changement apparent du niveau de la lave. Mais ces changements étaient-ils accidentels, ou bien dus à une variation maréenne, je ne saurais le dire et il ne serait possible de répondre à ces questions qu'après un long séjour dans le cratère, chose difficilement praticable.

Pression atmosphérique. — Si nous passons à l'étude des modifications du phénomène volcanique éruptif par suite des variations barométriques, nous trouvons une quantité de faits isolés épars dans la littérature volcanique. Cependant, à ma connaissance, il n'y a point de cas où l'attention ait été portée spécialement sur leur corrélation, ou de travail qui offre une explication satisfaisante au sujet du mécanisme de production du volcanisme. Le premier essai tendant à démontrer pourquoi une pâte ou magma est influencé par le changement de la pression atmosphérique a été présenté dans mon étude de 1883 (2), dans laquelle j'ai démontré, après observations faites sur place et nombre d'examen microscopiques, le fait qu'une pâte igneuse dans un conduit volcanique est physiquement une solution de H^2O et d'autres substances volatiles dissoutes dans certains silicates et oxydes et, par conséquent, analogue à CO^2 dissous dans une eau extrêmement sensible au plus léger changement de pression. Dans une autre de mes publications, j'ai montré (3), comme l'avait déjà fait Silvestri (4), l'importance d'une basse pression atmosphérique dans l'activité éruptive. Ce dernier auteur (5) constate qu'avant l'éruption du 22 mars 1885, le 21 mars, de nombreux chocs furent observés, correspondant à une rapide descente de 15 millimètres du baromètre, comparé au jour précédent.

(1) G. GUARINI, L. PALMIERI ed A. SCACCHI, *Memoria sullo incendio Vesuviano del mese di Maggio 1855*. Napoli, 1855, p. 76.

(2) JOHNSTON-LAVIS. *The Geology of Monte-Somma and Vesuvius*. (Q. J. G. S., vol. XL, pp. 35-112, 2 fig., 1 pl., June 20th 1883.)

(3) JOHNSTON-LAVIS. *The Relationship of the Structure of Igneous Rocks to the Condition of their Formation* (SCIENT. PROCEED. R. DUBLIN SOC., vol. V, N. S., pp. 112-156, also ABSTR. PROCEED. GEOL. SOC. L., n° 471, April 29th 1883.)

(4) SILVESTRI, *Fenom. vulc. present. dall' Etna dal 1863 al 1866*, etc.

(5) SILVESTRI. *Sulla esplosive eccentrica dell' Etna avvenuta il 22 Marzo 1885, e sul contemporaneo parossismo geodinamico-eruttivo*. Catania, 1884.

M. F. Laur (1), ignorant mon essai, a revendiqué la priorité de l'idée, ayant tenté de démontrer la relation entre la descente du baromètre et les éruptions volcaniques.

Les geysers et les éruptions d'eau chaude sont fréquemment en sympathie avec les fluctuations barométriques. M. A. P. W. Thomas (2) mentionne le fait que le bassin des geysers au sommet de la White Terrace, de 90 pieds de diamètre, était ordinairement mis à sec par le vent de S.-W., mais commençait à se remplir dès que le vent changeait. M. E. W. Bucke (3) constate que les indigènes pronostiquent avec grande précision les éruptions des geysers, par la direction du vent et les conditions de l'atmosphère. Naturellement, l'eau d'un geyser n'est pas exactement semblable à la pâte igneuse d'un volcan, pas plus que l'eau presque bouillante comparée à de l'eau de Seltz, quoique les deux soient très sensibles à des changements de pression.

Le professeur J. Logan Lobley (4) considère l'éjection de la lave de sa source à son élévation dans le tube, ou conduit volcanique, comme due à l'expansion causée par le changement de l'état solide à l'état liquide, comme le mercure dans le thermomètre (*sic*), et que cela peut être influencé par les conditions météorologiques. Il a cependant des idées quelque peu confuses sur les effets de la poussée tangentielle amenant une action chimique! et sur les changements électriques qui augmentent la chaleur et fondent la roche chaude solide.

Humboldt (5) dit qu'il serait difficile à quelqu'un ayant passé quelque temps dans la Nouvelle-Andalousie ou Basse Peru de nier la relation existant entre le temps et les tremblements de terre.

A Guayaquil, les habitants disent qu'une forte pluie pendant la saison sèche est toujours suivie d'un tremblement de terre. Scrope supposait que cela était dû à un abaissement de la pression atmosphérique. Personnellement, je crois qu'après une soigneuse investigation on trouverait que non seulement le baromètre descend avant le tremblement de terre, mais aussi que cette descente a lieu subitement, et après une période considérable de haute pression.

(1) F. LAUR, *Comptes Rendus Acad. Sciences*. Paris 6 août 1883, p. 469.

(2) A. P. W. THOMAS, *Rep. on the Eruption of Taravera and Rotomahava*. New Zealand, 1888.

(3) E. W. BUCKE, *Geysers of the Rotorua District, N. Island of New Zealand*. (REP. BRIT. ASSOC., 1886.)

(4) J. LOGAN LOBLEY, *On the causes of volcanic action*. (PROCEED. GEOL. ASSOC., vol. XI, p. 11.)

(5) HUMBOLDT, vol. IV, p. 41, et vol. II, p. 217.

Le Dr C. W. C. Fuchs (1) a analysé la date d'occurrence de 250 tremblements de terre avec le résultat suivant :

40 en janvier, 30 en février, 27 en mars, 23 en avril, 11 en mai, 18 en juin, 10 en juillet, 12 en août, 15 en septembre, 14 en octobre, 10 en novembre, 20 en décembre. Plusieurs autres groupements semblables ont été faits, donnant des résultats à peu près similaires. L'explication probable est que, pendant les mois où les chocs sont plus fréquents, les descentes barométriques sont de même plus fréquentes, ou bien il y a eu de fortes pluies.

Pour donner une valeur à cette sorte d'investigation, il serait nécessaire de limiter les observations à une région dont on noterait en même temps les variations mensuelles météorologiques.

Nous pouvons, presque sans exception, considérer le magma qui occupe la partie supérieure d'une cheminée volcanique comme une masse en état d'ébullition; non pas cependant à la façon d'une simple substance analogue à l'eau bouillante, mais plutôt comme une solution d'un gaz dans un liquide similaire à de l'eau de Seltz, parce que tel est vraiment le cas de l'eau dissoute dans des silicates en fusion à la température durant laquelle la masse reste fluide.

Les éléments gazeux d'une telle substance bouilliront en proportion directe de la pression et de la température du magma, c'est-à-dire en proportion de son état de tension. J'ai montré (2) que tout tend à prouver que la masse principale de magma qui constitue l'enveloppe igneuse ne contient pas de solution d'eau, et que c'est seulement dans les ramifications comprises dans les cheminées volcaniques, les conduits, les dykes, que le magma igneux est obligé de traverser des couches aqueuses. J'ai montré aussi que la quantité d'oxyde hydrique dissoute dépend de la :

- a) Température d'un magma donné;
- b) Pression;
- c) Quantité d'eau;
- d) Longueur du temps pendant lequel le magma reste en contact avec la couche aqueuse.

En somme, nous pouvons dire que la tension du magma est en proportion de la quantité de H_2O , etc., dissoute, de la température de la masse et de la pression à laquelle elle est exposée. En conséquence,

(1) C. W. C. FUCHS, *21st Ann. Rep.*, 1885.

(2) JOHNSTON-LAVIS, *Q. J. G. S.*, vol. XLI, p. 103.

immédiatement après une descente barométrique, les explosions d'un volcan dans la phase strombolienne croîtront jusqu'à ce que la tension soit diminuée au point d'être contrebalancée par la nouvelle pression atmosphérique, quand le volcan sera apparemment retourné au degré d'activité qu'il avait avant le changement barométrique. Parce que, si la pression est moindre, moins de H^2O extrait de la couche environnante sera assimilé en solution par le magma. Nous voyons, par conséquent, qu'une descente barométrique est immédiatement suivie d'une augmentation d'activité d'une durée seulement temporaire. (Voir fig. 1, diagr. I.)

Une montée ou une augmentation de pression atmosphérique tendra d'abord à empêcher l'ébullition du magma dans l'ouverture volcanique, de sorte que l'activité explosive diminuera, mais elle reviendra à son état précédent de dégagement gazeux aussitôt qu'une quantité suffisante additionnelle de H^2O aura été prise pour élever la tension du magma et pour contrebalancer l'augmentation de la pression atmosphérique, alors que le volcan retournera à son état antérieur d'apparente activité.

Nous voyons que la montée du baromètre est immédiatement suivie d'une diminution d'activité de durée temporaire. (Voir fig. 2, diagr. I.)

Ce qui est indiqué plus clairement par les courbes du diagramme ci-joint.

Diagramme I.

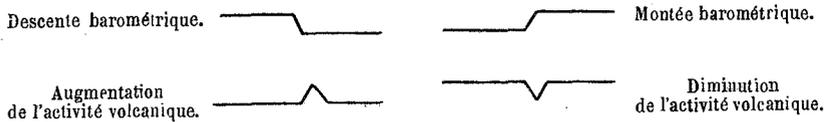


FIG. 1.

FIG. 2.

Si, après une haute pression barométrique prolongée, produisant une augmentation de tension du magma, en conséquence de l'augmentation de la quantité de H^2O qu'il contient, nous avons une grande descente subite, l'effet sera encore plus évident que si le baromètre descendait au même point, après une courte période de haute pression.

Cela résulte clairement de la vaporisation d'une plus grande quantité d'eau, avant que la tension soit abaissée au point d'équilibre, et, en conséquence, l'augmentation d'activité s'étendra pendant une période plus longue, comme le diagramme II l'indique.

Par conséquent, nous pouvons dire : *Après une haute pression barométrique prolongée, lorsqu'une descente subite a lieu, l'activité volcanique*

augmentera à un degré plus élevé et durera plus longtemps que si le baromètre tombait au même point en partant d'un niveau moindre, ou s'il y avait une grande descente immédiatement après une montée.

Diagramme II

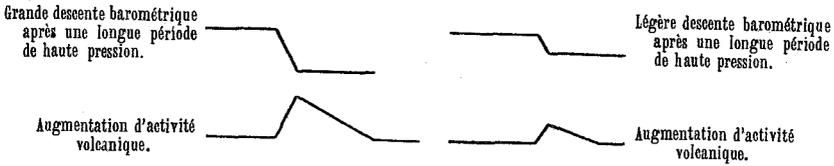


FIG. 1.

FIG. 2.

Diagramme III

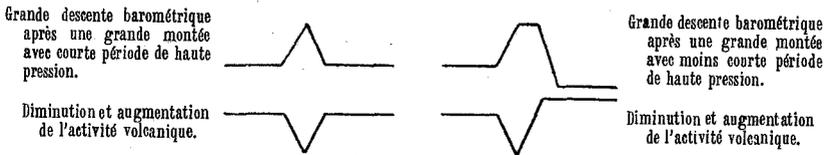


FIG. 1.

FIG. 2.

On sera frappé par l'action compensatrice remarquable qui a lieu continuellement, et sans laquelle les volcans seraient bien plus dangereux et presque inapprochables.

Il est une autre façon par laquelle le changement de la pression atmosphérique peut modifier la *hauteur*, mais non l'*activité explosive* de la lave dans une cheminée volcanique. Si nous admettons une légère flexibilité de la croûte terrestre, les fluctuations barométriques représenteront une augmentation ou une diminution d'un énorme poids de la surface terrestre. Or, si nous avons des limites bien déterminées de haute pression près d'un volcan actif, la lave pourrait monter dans la cheminée, pressée en dehors, pour ainsi dire, depuis le dessous de la région sur laquelle le poids atmosphérique serait plus grand qu'à l'issue volcanique.

Naturellement, étant donnée une basse pression, nous aurions l'effet inverse. Il est possible, cependant, qu'une haute pression dans une région soit compensée par une basse pression dans une autre région.

Un point intéressant se rapportant à cette partie de notre sujet, est l'emploi d'un volcan comme indicateur du temps. Sans doute, toute la mythologie des îles Éoliennes (groupe des Lipari) est fondée sur les

changements observés dans la colonne de fumée du Stromboli, qui indiquait d'abord la direction des vents, et, par les variations de la quantité et de la qualité de la fumée et du feu, on pouvait prédire le temps probable (1).

Ceux qui connaissent bien Naples et les autres villes en vue du Vésuve, auront pu être frappés par l'absence générale de girouettes, absence due sans doute, en grande partie, à la coutume que chaque habitant a de regarder vers le Vésuve pour voir de quel côté la fumée est chassée. La pression du vent est indiquée par la courbe plus ou moins forte de la colonne de fumée, et la pluie prochaine par le manteau de nuages condensés de la vapeur saturée par vent de S.-W. ou S.-E.

Les pêcheurs qui travaillent en vue du Stromboli, regardent la montagne comme un baromètre infallible. Par exemple, pour eux, une augmentation de fumée est signe de pluie, avec un vent entre S.-W. et S.-E. La raison en est évidente : les vents venant d'un point quelconque entre le Nord, l'Ouest et l'Est sont généralement très secs et, par conséquent, prennent très rapidement l'humidité; telle est précisément la vapeur volcanique, ce qui diminue le volume apparent de la colonne de fumée. Et comme ces vents sont généralement violents, les pêcheurs vous diront que la mer sera houleuse et le ciel clair. Avec ces vents, le baromètre reste haut et les précède, causant une diminution d'activité du Stromboli, et ainsi le pêcheur sait ce qui va se produire quand la leur faiblit.

En renversant les conditions, nous trouvons que dans cette région, tous les vents qui partent du Sud, de l'Ouest ou de l'Est sont chauds et généralement presque supersaturés d'humidité, de sorte que tout le volume de la fumée ou vapeur est visible, parce que l'air humide ne peut plus prendre d'eau. Ces vents sont précédés et accompagnés d'une grande dépression atmosphérique, d'une grande condensation et de pluie. La basse pression augmente l'activité du Stromboli; il s'ensuit que les pêcheurs peuvent prédire le temps d'après le caractère de la fumée et l'augmentation du feu du Stromboli. Je crois que c'est la première explication logique donnée de ces relations particulières entre les phénomènes volcaniques et météorologiques qui ont été depuis trois mille ans une énigme pour l'esprit humain. Personnellement, pendant

(1) PHILIP CLUVERIUS, *Sicilia antiqua*, et aussi SPALLANZANO, *Viaggio nelle Due Sicilie*, Cap. X.

un séjour de quinze années à Naples, j'ai regardé le Vésuve comme un utile instrument météorologique, combinant le baromètre, le thermomètre, l'hygromètre, l'anémomètre, la girouette, donnant des indications très correctes et toujours agréable et facile à consulter. Sorrentino pensait que le Vésuve faisait éruption pendant certains vents; mais cette constatation n'a probablement que peu de valeur. Cependant, il semble juste de la mentionner ici. Un argument contre la supposition que toute la masse intérieure du magma contiendrait du H^2O , réside dans le fait que, dans ce cas, aucune lave ne pourrait sortir du volcan comme telle, c'est-à-dire fluide, mais elle serait toujours éjectée en fragments, à cause de l'échappement de la quantité disproportionnée de vapeur dérivée d'une large masse et devant sortir par une issue relativement si petite.

III. — QUANTITÉ DE PLUIE.

On remarquera que pendant la période envisagée dans cette étude, chaque nouvelle coulée de lave a suivi une série de pluies plus ou moins fortes, et j'ai noté ce même fait en d'autres occasions. A première vue, il pourrait sembler quelque peu difficile de comprendre comment la pluie pourrait influencer un volcan. Nous savons que les roches situées au-dessous du niveau moyen de la mer sont toujours imprégnées d'eau — et que, souvent, le drainage du sol est bien au-dessus du niveau de mer — et, par conséquent, les couches traversées par la cheminée volcanique au-dessous de cette ligne doivent être remplies d'eau dont la pression variera suivant la hauteur de la colonne hydrostatique supérieure. Dans toutes les contrées tempérées, le niveau du drainage monte plus ou moins au-dessus du niveau moyen de la surface de la mer, et ce niveau de drainage est plus haut après les pluies, et sa pente vers la mer est plus marquée. Quelle que soit la cause de l'élévation du niveau de drainage d'une localité, cette cause augmentera la pression en un point quelconque inférieur en proportion de l'augmentation du poids hydrostatique. De cette façon, une forte pluie, en relevant le niveau de drainage dans le voisinage d'un volcan, pressera l'eau à un contact plus fort avec la lave dans les conduits igneux, causant une solution plus rapide, et probablement élevant un peu la colonne fluide par la simple pression hydrostatique. J'ai démontré ainsi que, au pied du Vésuve, non loin de la mer, à Ponticelli, le niveau

moyen du drainage, dans des produits très poreux de ce volcan, atteint jusqu'à 15 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer (1).

On a observé que la plupart des éruptions du Vésuve ont lieu pendant l'hiver, et qu'elles vont diminuant graduellement pendant le printemps, l'été et l'automne, les nombres étant ainsi donnés : 15 en hiver, 12 au printemps, 12 l'été et 4 en automne (2).

Un grand nombre d'observateurs ont remarqué que les éruptions sont plus fréquentes après les saisons pluvieuses.

IV. — MÉTHODE D'OBSERVATION.

Enregistrer de quelque façon les différents degrés d'activité d'un volcan est une opération excessivement difficile et compliquée. Nous devons d'abord exclure toutes les éruptions paroxysmales ou explosives qui, je crois l'avoir démontré, dépendent de circonstances tout autres que celles dont nous nous occupons à présent. Il faut tourner notre attention vers ce degré qui a été, avec justesse, dénommé *activité stromboliennne*. Nous entendons, par ce terme, désigner cet état pour ainsi dire chronique de l'activité qui a prévalu au Stromboli depuis les temps les plus reculés de l'histoire jusqu'à nos jours. Cet état est caractérisé par le *mijotement* continu de la lave à une distance variée mais limitée de l'ouverture volcanique et, à de rares intervalles, par l'ébullition actuelle du magma en petits courants de lave. Néanmoins, quoique nous limitons notre attention au stade d'activité stromboliennne, il ne faut pas s'imaginer que notre fardeau de difficultés soit léger. N'importe qui peut dire : « Aujourd'hui ce volcan est plus actif qu'hier. » Mais cela ne nous suffit pas. Il nous faut un moyen d'établir une échelle, de façon à pouvoir apprécier au moins cinq degrés différents, dont les données nous permettront de construire ensuite une courbe. Au Vésuve, des observations ont été faites suivant le plan du Prof^e Palmieri, mais comme l'enregistrement consiste en adjectifs et en définitions plus ou moins claires, tout ce système devient incommode et incertain, et en tout cas inutile pour construire une courbe.

Plusieurs années d'observations du Vésuve m'ont amené à conclure qu'une échelle pouvait être établie, et après l'avoir faite et essayée pen-

(1) JOHNSTON-LAVIS, *Rend. R. Accad. Sc. Fis. Nat. di Napoli*, Fasc. 6^o, Gigno 1889.

(2) GUARINI, L. PALMIERI ed A. SCACCHI, *Memoria sullo incendio Vesuviano del mese di Maggio 1855*, Napoli, 1855, p. 93.

dant quelque temps, j'ai commencé à l'employer régulièrement en octobre 1883. Mon système est le suivant :

L'échelle se compose de cinq degrés, mais après quelques mois d'apprentissage on peut la rendre plus délicate en indiquant par exemple que l'activité est entre le 1^{er} et le 2^e degré, ou bien entre le 3^e et le 4^e, de façon qu'un observateur placé dans le golfe de Naples puisse vraiment définir dix ou onze gradations.

0 degré. — Rien n'est visible (dans une nuit nuageuse et la fumée n'est pas poussée vers l'observateur).

1^{er} degré. — Une légère lueur à l'issue volcanique principale, interrompue par une obscurité complète sur le cône d'éruption.

2^e degré. — La légère lueur est continue, mais les éjections atteignent à peine le bord du cratère du cône éruptif.

3^e degré. — Lueur continue et bien marquée. Les éjections sont discernées distinctement à mesure qu'elles montent dans l'air et retombent et roulent sur les flancs du cône éruptif.

4^e degré. — Les éjections atteignent une grande hauteur, sont brillantes et éclairent le sommet du grand cône.

5^e degré. — Les éjections sont projetées à une hauteur considérable, et sont peu influencées par le vent. Elles se suivent avec une grande rapidité et correspondent aux détonations (*boati*) entendues autour des côtés Ouest, Sud et Est de la montagne.

On peut élever plusieurs objections contre cette méthode; c'est pourquoi j'ai en vue la construction d'un appareil que je voudrais, si possible, rendre capable d'enregistrer la violence et le nombre des explosions. Si l'issue volcanique était placée au fond d'un profond cratère, on ne pourrait tirer aucune déduction certaine des petites réflexions se montrant occasionnellement aux observateurs placés au pied de la montagne. En estimant le degré d'activité, il faut prendre en considération la distance de chaque station d'observation et la pureté de l'atmosphère.

Une autre difficulté est l'interception de la vue par le casque de nuages qui souvent persiste plusieurs jours, ou si la colonne de fumée est poussée vers l'observateur, ce qui, cependant, pour le Vésuve est rare quand l'observation est prise de Naples, et dans les circonstances ordinaires seulement une fois dans les vingt-quatre heures, de façon que tout essai pour déterminer s'il y a deux maxima et minima diurnes est impossible. Enfin, il est important de remarquer que selon cette méthode, et peut-être selon d'autres aussi, on ne peut mesurer le flux et le reflux actuel de la lave dans la cheminée, en distinguant ces mou-

vements de la simple ébullition, excepté dans quelques volcans très pauvres en vapeur, comme Hawaï par exemple.

Il y a quelques années, quand cette méthode a été exposée devant la Société Royale de Londres, alors que j'étais malheureusement absent, une critique produisit un certain effet, en remarquant que depuis Naples on ne pouvait pas voir grand'chose de ce qui se passait dans le cratère vésuvien. Si j'avais été présent, j'aurais pu répliquer en démontrant que justement la méthode dépend de l'*effet général produit à distance*, parce que, posté dans le cratère même, je n'ai jamais pu noter de différence entre deux degrés consécutifs, tandis qu'un autre observateur placé simultanément à mon point ordinaire d'observation, à Naples, pouvait facilement distinguer ces différences.

Les avantages de cette méthode, cependant, sont très grands, d'abord parce qu'elle ne demande pas d'autres instruments qu'une paire de bons yeux, un crayon et du papier; ensuite, la méthode est simple et peut facilement être apprise par une personne d'intelligence ordinaire, et enfin elle peut être utilisée dans toute autre localité convenable, autour d'un volcan quelconque.

V. — OBSERVATIONS.

Le 6 octobre 1883, le Vésuve était extrêmement actif; cependant le baromètre était haut. Durant les quatre jours suivants, grande baisse barométrique; nous avons une diminution graduelle d'activité; la lune cependant est à sa quadrature. La hausse graduelle barométrique, commençant le 12 octobre, est bientôt suivie par l'augmentation de l'activité vésuvienne; mais cette dernière n'augmenta pas jusqu'au 14 octobre, et resta haute durant la pleine lune au périgée; après quoi eut lieu une diminution d'activité, de façon que son minimum suivit de près le maximum de la pression atmosphérique. Les deux courbes depuis le 17 octobre jusqu'à la fin du mois sont remarquablement symétriques, mais il y a dans la courbe d'activité une légère anticipation que nous avons expliquée théoriquement.

La nouvelle lune à son apogée et la baisse barométrique commençant le 1^{er} novembre correspondent, au moins pour cette dernière, à une augmentation d'activité, l'entaille dans la courbe étant cependant plus étroite. Nous avons une légère augmentation d'activité correspondant à une douce et incertaine descente du baromètre; mais la descente du 1^{er} novembre ne pourrait être expliquée que par la première qua-

drature de la lune (à moins d'une augmentation dans l'écoulement de la lave). Après cette date, les courbes vont bien d'accord jusqu'au 13 novembre, alors que l'activité continue à augmenter, quoique le baromètre monte aussi, ce dernier atteignant son maximum le jour après la pleine lune, au périgée. Cet état de choses persiste pendant trois jours, quand, comme délivrée de l'influence lunaire, une descente rapide d'activité se manifeste, correspondant à une montée continue du baromètre, et se terminant avant que ce dernier atteigne son maximum. Du 22 au 28 novembre, à cause d'un casque de nuages, il est impossible de s'assurer si les courbes se correspondent, et il se peut que la quadrature empêche cette correspondance; mais le 28 novembre une diminution d'activité concorde avec une montée continue du baromètre.

Ni la nouvelle lune en apogée, ni les phases subséquentes, ni les variations barométriques ne semblent amener de changement dans l'activité depuis le commencement du mois jusqu'au 27 décembre.

L'entaille dans la courbe d'activité entre cette date et la fin du mois est assez symétrique à celle du baromètre.

Il semble difficile de tracer une relation entre les deux entailles inverses de la fin du mois et la nouvelle lune, les unes arrivant trop tôt et l'autre trop tard.

La descente du baromètre commençant le 1^{er} janvier 1884, et l'entaille subséquente correspondant symétriquement à l'entaille inverse d'activité, les jours compris dans la parenthèse correspondent aux perturbations sismiques des flancs du Vésuve. Le baromètre descend entre le 5 et le 8 janvier, et ne correspond à aucune augmentation d'activité, à moins que cette dernière n'ait été contrecarrée par la quadrature de la lune. Le 8 janvier, nous avons un baromètre très bas, une forte pluie, et la lune au périgée, correspondant à une augmentation d'activité. Le jour suivant, pluie encore plus forte, et vers minuit un léger écoulement de lave se montre, sortant de l'intérieur du cratère. Après une montée temporaire du baromètre, une rapide descente eut lieu, suivie d'une basse pression constante, pendant la pleine lune, ce qui correspond à une augmentation presque continue d'activité. La hausse barométrique après le 15 janvier ne sembla produire aucun effet pendant trois jours, et même la remarquable haute pression du 19 au 23 janvier, avec quadrature en apogée, ne produisit aucune diminution d'activité. La profonde double entaille barométrique entre le 23 janvier et la fin du mois, avec nouvelle lune, correspond à une légère augmentation qui a pu être plus forte, mais un casque de nuages durant trois jours empêcha l'observation.

La montée du baromètre du 2 au 4 février correspond à une diminution d'activité. Les trois jours suivants concordent aussi, après quoi, pendant exactement un mois, nous trouvons que la courbe d'activité est tout à fait indépendante soit du baromètre, soit de la position de la lune.

Nous avons ainsi vers le 20 février un haut baromètre et une augmentation d'activité. La pente subséquente peut cependant résulter d'une quadrature en apogée.

Les deux entailles dans les courbes de la pression barométrique et de l'activité volcanique du 6 au 11 mars sont symétriques, après quoi un casque de nuages presque persistant, avec une basse pression barométrique variant peu, empêche l'observation presque jusqu'à la fin d'avril. Le 30 avril, nous avons une diminution d'activité correspondant à une hausse barométrique.

L'entaille renversée dans la courbe d'activité qui aurait dû commencer le 3 mai, avec celle de la courbe barométrique, a pu être retardée par la quadrature de la lune. A partir de cette date et pendant tout le mois de mai et le mois de juin, les courbes concordent vraiment très bien.

Considérant les variations relativement légères de la pression durant cette période, il est étonnant d'avoir à constater l'apparente complète impuissance des phases de la lune à changer le degré d'activité du volcan, quoique la difficulté à séparer les fluctuations du niveau de la lave par ma méthode soit très masquée par les autres influences perturbatrices.

Du 1^{er} au 8 juillet, il n'y a aucun changement dans l'activité assez marquée du volcan, et du 8 au 14 juillet, les courbes sont symétriques, mais l'entaille barométrique suivante n'a pas d'équivalent dans la courbe d'activité. Vers la fin de juillet, les deux entailles se correspondent bien.

La double entaille dans la courbe d'activité après le 3 août est très intéressante. La première partie correspond à l'entaille dans la courbe barométrique, mais la seconde partie pourrait bien être due à la pleine lune, pendant un baromètre invariable. La pression uniforme jusqu'au 21 août correspond bien avec l'état constant d'activité, et l'augmentation d'activité du 21 au 22 août correspond avec la nouvelle lune et une descente du baromètre.

Jusqu'au 4 septembre, les courbes sont à peine compréhensibles, l'augmentation et la diminution d'activité entre le 4 et le 7 septembre correspondant à la pleine lune et à une descente et une montée du baromètre.

Les changements peu importants de la pression atmosphérique ont

semblé impuissants à déranger l'équilibre du Vésuve, de même que les phases de la lune pendant une période de vingt six jours.

Du 4 au 17 octobre, les courbes s'accordent bien et même d'une façon remarquable. L'influence possible de la pleine lune peut être indiquée par de profondes entailles renversées à cette période; similairement, les courbes sont très symétriques jusqu'au 8 novembre, après quoi un manteau de nuages intercepte les observations pendant quelques jours.

Une augmentation d'activité, culminant par le débordement de la lave, correspond à une profonde entaille dans la courbe barométrique, où le point le plus bas concorde avec ce débordement. Il faut remarquer qu'il avait plu les deux jours précédents.

Ensuite, jusqu'au 14 décembre, les courbes sont assez symétriques, excepté là où elles sont modifiées par les phases de la lune. Mais, après cette date, peu de sympathie se montre entre l'activité, la nouvelle lune et les entailles barométriques les meilleures et les plus profondes, pendant vingt et un mois.

La symétrie des courbes recommence le 7 et le 9 janvier 1885, avec une augmentation d'activité et un écoulement de lave à cette dernière date. Après quoi, l'activité diminue avec une élévation du baromètre et une quadrature lunaire. L'entaille devrait être double pour correspondre avec celle des courbes barométriques, mais l'écoulement de la lave a probablement empêché cela.

Le 15 janvier, nous avons une élévation graduelle culminant en un nouveau débordement de lave, juste après la nouvelle lune, avec un baromètre bas et descendant légèrement, après quoi les courbes sont symétriques à celles du baromètre au delà de l'élévation, après la pleine lune au périgée, 31 janvier. Après cette date, six jours nuageux empêchèrent l'observation.

La période entre le 7 et le 25 février montre un état d'activité invariable et tout à fait indépendant de la lune et des changements barométriques modérés.

L'élévation, cependant, entre cette dernière date et le 1^{er} mars, correspond à une descente du baromètre. L'augmentation subséquente de la pression a pu être contrebalancée par la pleine lune. La descente dans la courbe d'activité le 10 mars a pu dépendre de la quadrature de la lune en apogée, et si cela est le cas, le reste de la courbe jusqu'au 17 mars est ce que l'on peut attendre. A partir de cette date, nous avons une augmentation d'activité correspondant à une descente du baromètre et à la nouvelle lune. Malheureusement, les nuages empêchèrent l'observation pendant six jours consécutifs, mais l'extrémité

descendante de la courbe correspond bien avec une montée du baromètre suivant une quadrature. La suivante double entaille renversée est assez symétrique à la courbe de pression.

La courbe de la première moitié d'avril est normale, autant que nous pouvons juger, du commencement à la fin, parce que les nuages furent prévalents pendant les premiers six jours durant lesquels nous avons toute raison de croire que l'activité a été plus grande, tandis qu'après l'effet de la descente du baromètre, l'activité alla en diminuant. (Voir diagr. I, fig. 1.)

Le 15 avril, avec une descente du baromètre, nous trouvons une nouvelle augmentation d'activité, quoique le nuage empêche l'observation jusqu'au 19 avril, quand un écoulement de lave eut lieu dans le cratère. Quoique ceci fût durant une montée régulière de la courbe barométrique, cela eut lieu après la nouvelle lune à son périégée. Après le soulagement de la coulée de lave, l'activité diminue et ensuite vient une double entaille renversée dont la première partie ne correspond à rien dans la courbe barométrique et est inexplicable en tous cas.

Le 28 avril, avec le baromètre descendant, et juste après la pleine lune, l'activité augmenta jusqu'au moment de l'éruption latérale du 2 mai. En conséquence, la lave descend naturellement jusqu'au niveau de l'issue latérale, de façon qu'à l'orifice principal le volcan passe au stade de la formation de poussière. La lave, cependant, s'éleva graduellement dans la cheminée, de façon que nous trouvons une grande symétrie dans les courbes du 10 au 26 mai.

La dernière partie de la double entaille renversée suivante correspond peut-être à la pleine lune, mais l'entaille suivante commence tard, sinon elle correspond avec la courbe de pression. La montée et la descente entre le 9 et le 13 mai correspondent à la double entaille barométrique. Il est à remarquer que toutes les courbes d'activité, après le 2 mai, ne correspondent que faiblement, quoique correctement, avec celles du baromètre, ce qui est probablement dû au drainage de lave par le canal latéral de la grande cheminée.

VI. — RÉSUMÉ.

Quiconque examine ces courbes avec soin ne peut être que frappé par leur symétrie générale dans la plupart des cas, et si nous les prenons jour par jour et les étudions séparément, nous trouvons qu'une considérable majorité correspond au raisonnement théorique. Alors même que des anomalies se présentent, elles sont très explicables par

le fait de la lave coulant par une ouverture latérale, à l'Est du grand cône, pendant la plus grande partie des dix-neuf premiers mois, sur les vingt et un mois formant le sujet de cette étude. Malheureusement, la position de cette coulée durant cette longue période m'empêche de noter ses variations depuis Naples. Mais, même dans des cas semblables à l'éruption du 2 mai 1885, la tendance particulière de la lave à couler dans des tunnels construits par elle-même, empêche d'estimer exactement sa quantité. Cependant, je pense que lorsqu'on pèse avec soin ces circonstances adverses, en leur donnant leur pleine valeur, on ne peut qu'être frappé par le fait qu'il existe vraiment tant de coïncidence dans les courbes.

Un autre point qui apparaît très nettement, c'est que nous trouvons une tombée de pluie considérable pendant deux ou trois jours consécutifs, immédiatement avant chaque nouveau débordement ou écoulement de lave, et sans exception, durant la période étudiée. Et quand nous avons deux petites éruptions rapprochées l'une de l'autre, comme en janvier 1885, nous trouvons qu'elles ont lieu après un mois ou environ de pluie continuelle qui, plusieurs jours, atteint de 20 à 40 millimètres. Comme la pluie a une relation considérable avec un baromètre bas, il pourrait sembler que la diminution de pression devrait causer une augmentation d'ébullition suffisante pour produire un débordement.

Il est à remarquer qu'aucune nouvelle éruption de lave n'eut lieu durant une très basse pression, même dans quelques cas avec un baromètre montant, tandis que celle du 10 janvier 1884 eut lieu au moment d'une pression atmosphérique remarquablement haute. La plus grande partie des nouvelles coulées eut lieu avec une faible augmentation d'activité et après la pluie. Par conséquent, il semblerait très probable que l'augmentation de pression produite par l'élévation du drainage souterrain du voisinage doit, de quelque façon peu compréhensible, causer une élévation de la lave dans la cheminée volcanique. A ce propos, il est bon de rappeler la relation curieuse entre les éruptions et les tremblements de terre et la quantité d'eau dans les puits. Cette question est d'une grande importance et il est à regretter qu'aucune étude soignée de la crue et décrue de l'eau dans un puits laissé tout à fait à lui-même et rapprochée d'un volcan actif, ne soit pas poursuivie de façon à ce que les variations de la courbe puissent être comparées à celles se rapportant aux phénomènes volcaniques.

Quand nous en venons à étudier la relation de l'activité, ou mieux de la montée ou de la descente de la lave dans la cheminée volcanique,

avec la position relative de la terre à la lune et au soleil, nous rencontrons la difficulté de l'action perturbatrice plus puissante des changements barométriques et de leurs conséquences. Cette difficulté est encore accentuée par notre méthode d'enregistrement qui empêche toute recherche d'une action maréenne diurne. Néanmoins, dans bien des cas, il semble y avoir une montée et descente du fluide distincte. Dans deux occasions, nous avons une pression barométrique presque invariable; pourtant on ne peut tracer aucun changement soit dans les syzygies, soit dans les quadratures de la lune, et nous ne pouvons expliquer cela que par le drainage latéral de la lave ou par la coïncidence de l'heure d'observation avec ce que nous appellerons basse marée. Dans le cas où la lave a sympathisé avec les phases lunaires, l'effet semble retardé de un à trois jours, ce qui n'est pas étonnant si nous prenons en considération la grande viscosité du fluide en question, la friction contre la surface inférieure de la croûte terrestre et contre les parois des conduits. Il est très possible que non seulement les marées diurnes de laves — si elles existent vraiment — mais encore les basses marées, et les marées de printemps, puissent être annulées par cette cause seule.

VII. — CONCLUSIONS.

En conséquence, il nous semble que, autant que nos investigations nous permettent de généraliser, nous pouvons conclure qu'il y a une relation très distincte et très marquée entre la pression atmosphérique et les variations de l'action volcanique strombolienne.

Et que, dans bien des cas, il y a une évidence apparente de l'action maréenne; cependant, considérant la courte période de temps pendant laquelle l'observation a pu être continuée et comme, dans quelques cas, la correspondance n'est pas apparente, nous devons considérer la question comme non résolue, quoique la balance d'évidence soit en faveur de cette solution.

Si une telle action maréenne existe vraiment, cela tendrait à prouver l'existence d'une mer souterraine de magma fluide de surface assez considérable pour être influencée par la lune et le soleil.

En terminant, il me semble utile de mentionner que j'ai commencé cette investigation sans idée préconçue et plutôt avec un esprit sceptique. La concordance des courbes m'était inconnue jusqu'au moment où j'ai commencé à construire le diagramme accompagnant cette étude.

