

De l'état actuel des recherches sur les volcans de l'Italie centrale.

Communication II faite à la session de Vienne du Congrès géologique international ¹⁾)

par **Venturino Sabatini.**

(Avec deux planches.)

L'étude des régions volcaniques, comparée à celle des régions sédimentaires, a le désavantage des recherches plus détaillées et patientes, dans lesquelles le hasard joue un rôle souvent bien plus important que tout ailleurs. Mais, en revanche, elle a presque toujours un intérêt général, tandis que l'autre a le plus souvent un intérêt local. Pour cette raison je continue une série de communications commencées à la session de Paris de notre Congrès, en 1900, sur l'état des recherches dans les volcans de l'Italie centrale, qui m'ont été confiées par le Bureau géologique italien, dont j'ai l'honneur de faire part.

§ 1. Région Vulsinienne.

La partie orientale du Lac de Bolsena est désormais reconnue sur le terrain, quoique la carte n'en ait été encore publiée, en attendant la fin de mon étude sur cette région volcanique, étendue et difficile. Je présente, dans cette communication, un esquisse de ma carte, pour la partie déjà étudiée, et qui a une importance théorique, car vous y verrez reproduit, avec les laves de la contrée, le schéma des fragments de cratères emboîtés (*crateri a sfoglie*), que l'on reconnaît encore dans le pourtour oriental et méridional du lac (pl. I).

¹⁾ La Communication I a été faite à la session du Congrès géologique international de 1900 à Paris et se trouve publiée dans les Comptes-rendus relatifs (Vol. I, pag. 366-376)

Ce phénomène de cratères successifs, qui s'emboîtent et s'entrecroisent, est banal dans tous les volcans, chez lesquels il se retrouve plus ou moins répété, plus ou moins effacé. Pour qu'il n'existe pas il faut avoir affaire à des volcans élémentaires tels que ceux de San Venanzio, près Perugia¹⁾. En ligne générale, il s'agit donc d'un fait commun et qui n'a pas d'importance. Pour le cas spécial du Lac de Bolsena, où ce même phénomène est très net, il y a au contraire un intérêt capital. En effet, comme je le disais dans ma communication à Paris, deux hypothèses sont en face pour expliquer la formation de la cavité du lac. Suivant l'une il s'agirait d'une cavité cratéristique obtenue par affaissement, suivant l'autre d'une cavité cratérique due à l'action explosive du volcanisme. Aucun fait sérieux, jusqu'à présent, n'a pas été avancé en soutien de la première hypothèse, et moi même je n'ai constaté aucune dislocation importante dans les environs. Il est à peine à remarquer quelques lithoclasses minimales, d'étendues insignifiantes et tout à fait locales. Au contraire, tous ces remparts concentriques, à parois abruptes vers le lac, séparés d'autres plus ou moins remblayés, et traversés radialement par les cours d'eau qui sillonnent le pourtour de l'entonnoir, constituent un argument très important, que j'ai mis en évidence, en appui de l'hypothèse cratéristique.

Un second argument, dans le même sens, c'est la grande disproportion entre les matériaux rejetés et la cavité produite²⁾. Du reste, le même fait de ces emboitements on le voit dans la cavité de Latera (près l'ouest du lac de Bolsena) qui, étant vide, montre plus clairement sa structure à quatre cratères emboîtés, outre un cinquième rempart, contenant le petit Lac de Mezzano.

À Paris j'ai indiqué deux beaux exemples de structure prismatique dans les laves vulsiniennes. J'en reproduis ici trois photographies. La première (fig. 1) représente le *pietre lanciato*, déjà rappelés par les auteurs, près du village de Bolsena; les autres (fig. 2, 3) montrent un exemple encore plus beau que j'ai découvert dans le ravin du Romealla

¹⁾ J'ai donné le nom de *crateri a sfoglie* aux volcans à remparts multiples, encore bien reconnaissables, c'est à dire qui n'ont été effacés par des superpositions consécutives, ni détruits par des explosions ou par l'érosion.

²⁾ Cet argument je l'ai donné aussi pour démontrer que les entonnoirs de Nemi et de Castel Gandolfo ne pouvaient pas s'expliquer par affaissements. En effet, j'ai calculé que le Volcan Latial a rejeté une quantité de matériaux supérieure à 200 ch. c., tandis que les deux entonnoirs ont ensemble un volume entre deux et trois ch. c. Il sont, en outre, latéraux par rapport au centre du volcan. (*I Vulcani de l'Italia centrale e i loro prodotti. Parte I, Vulcano Laziale. Mem. Carta geol. d'Italia, Vol. X. Roma 1900.*)

près Castel Giorgio (Orvieto). Ce sont deux points que l'on peut comparer à la montagne de Wannov près Aussig, que nous avons vue dans notre course au nord-ouest de la Bohème.

J'ai parlé aussi à Paris des intéressants phénomènes d'érosion que l'on observe dans cette région, et de la vallée à coulisses

Fig. 1.



Pietre lanciate près Bolsena.

du Cavon Grande près Bagnorea, qui constitue le plus bel exemple de lames d'érosion dans l'argile connu jusqu'ici. Dans cette communication j'en donne la photographie (fig. 4). De même je reproduis une photographie du lambeau de tuf sur l'argile pliocène et au dessus duquel est bâtie la ville de Civita, entre Bagnorea et le Cavon Grande.

Cette ville s'éboule par parties successives, avec le tuf sous-jacent, au fur et à mesure que l'argile est délayée, et que le tuf, faute d'appui, précipite par tranches verticales dans les vallées environnantes (fig. 5). Le sol sur lequel sont bâties Bagnorea, Celleno, etc. montre un premier degré de cette destruction, par laquelle le tuf, superposé à l'argile, se détache en péninsules du sol adjacent, moyennant des coupures entaillées par les eaux. Les éboulements remontent successivement (comme il arrive à présent d'une façon très nette à Bagnorea), l'isthme est corrodé,

Fig. 2.

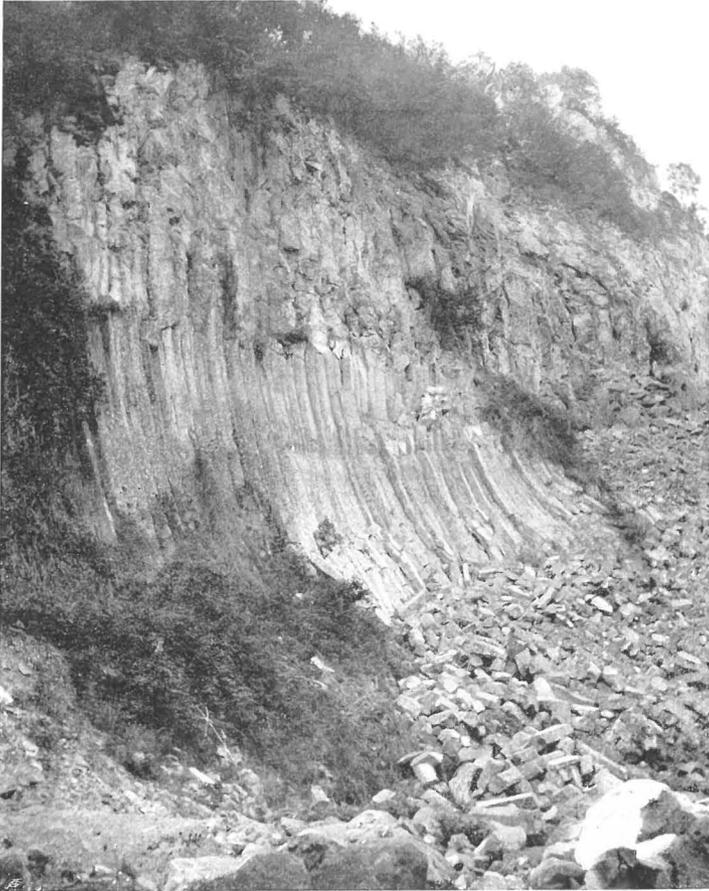


La lave du Romealla près Castel Giorgio.

aminci, détruit. Le massif s'isole de tout côté et on arrive à un deuxième degré du phénomène dans les îles de Civita, Orvieto, Orte etc. A ce point la destruction se ralentit. Quoique il y ait un quatrième côté sur lequel s'exerce l'action directe des agents extérieurs, la nappe phréatique qui venait jadis du sol en amont, entre le tuf et l'argile, se trouve recoupée, elle ne peut plus poursuivre son chemin dans le massif ainsi isolé, et les eaux phréatiques de ce dernier sont réduites à celles qui tombent directement sur le massif et qui filtrent à travers

son tuf. La destruction cependant, quoique un peu ralentie, se poursuit et on arrive à l'état de Civita, où les rues, les maisons s'écroulent par lambeaux. Enfin il ne reste qu'une aiguille isolée comme le Montione (près Civita, fig. 6). Puis le tuf disparaît, et le petit mammelon d'argile, qui reste en dessous, disparaît aussi ensuite.

Fig. 3.



La lave du Romealla près Castel Giorgio
(prismes courbés).

C'est fâcheux que l'homme, par son ignorance et par sa cupidité ait produit ce résultat, d'après le déboisement du pays. A l'est de Bagnorea, sur six ou sept kilomètres, avec cinq kilomètres de large, l'œil plane sur une région malheureuse, où des profonds ravins sont découpés dans l'argile, que par ci, par là recouvrent encore quelques

petits lambeaux de tuf, et où les chemins sont devenus longs et difficiles. On comprend que là il y avait jadis une plaine légèrement ondulée, recouverte par une couche continue de tuf, au temps où d'épaisses forêts défendaient le pays contre le ravinement.

§ 2. Région Ciminienne.

Sans mettre en ligne de compte le Volcan Latial, dont j'ai déjà publié l'étude, la région sur laquelle mes recherches sont les plus avancées est celle au sud de Bolsena, c'est à dire des Monts Cimini.

Le Volcan Cimino est effectivement l'ensemble de deux volcans: l'un trachy-andésitique, c'est le Mont Cimino proprement dit ou Montagne de Soriano, dont le faite est à 1053 *m*; l'autre leuco-andésitique est le Lac de Vico, au sud du précédent. Le Mont Cimino a débuté le premier, et il était encore en activité quand le Volcan de Vico a commencé ses éruptions.

Le soubassement de la région est constitué d'abord par de l'éocène calcaire, souvent nummulitique, rarement gresseux, sur lequel repose le pliocène. A la partie inférieure de celui-ci il y a des argiles, puis des sables en petite quantité, enfin du gravier et des cailloux roulés. Dans une seule localité, à Villa Ravicini, près Viterbe, contemporain des sables il y a un dépôt côtier de tuf calcaire, pétri de fossiles, qui ont été déterminés par mon éminent confrère et ami, M. G. Di Stefano¹⁾. A la partie la plus haute du pliocène marin on commence, par ci, par là, à retrouver des éléments volcaniques, surtout de l'augite.

Superposé à cette série marine, on voit du gravier quaternaire, dont les cailloux sont imprégné de calcaire. Celui-ci, comme à Gallese, à Orte etc., a cimenté le gravier en une roche solide. Autrefois il a simplement blanchi les surfaces. Souvent il y a intercalées des croûtes travertineuses. En bien de points le calcaire forme des bancs de vrai travertin, souvent si compact à ressembler à certains calcaires secondaires. Ces travertins commencent à la base du gravier quaternaire et se continuent à travers les tufs qui y sont superposés et arrivent à nos jours. En effet, près Viterbe (au Bulicame, au Bagnaccio, etc.) il s'en forment encore aujourd'hui par le dépôt d'eaux thermales chargées de calcaire. Les éléments volcaniques se retrouvent presque toujours dans le gravier quaternaire et dans les travertins.

¹⁾ Boll. Com. geol. d'Italia, 1899, n. 4.

§ 3. Volcan trachy-andésitique du Mont Cimino.

La première roche volcanique produite par les éruptions du Mont Cimino est la pépérite (peperino) des hauteurs.

Le massif du Cimino est couronné à l'est, au nord et à l'ouest par une série de hauteurs, dont les principales sont le Motterone, celle de Soriano ¹⁾, Monte Cigliano, Roccalcio, Monte Torello, le Mont de Vitorchiano, Montalto, La Rocchetta, San Valentino, Montecchio, La Pallanzana ou Montagne de Viterbe. Ce sont des élévations, souvent coniques, que

Fig. 4.



Lames d'érosion du Caxon Grande, près Bagnorea.

l'on dirait au premier abord des cônes parasites. La Pallanzana, dont le sommet est à 802 *m* d'altitude, se soulève de 300 *m* sur le sol environnant à l'ouest, et de plus de 100 *m* à l'est. Cette montagne

¹⁾ Ne pas confondre avec la Montagne de Soriano qui, comme je l'ai dit, est le nom local du Mont Cimino, c'est à dire du massif principal. Dans le pays, on appelle Le Cimino (Il Cimino) l'ensemble des monts que j'ai appelé Volcans Cimini (Mont Cimino proprement dit et monts qui constituent le volcan de Vico).

est la plus élevée parmi les hauteurs précédentes. On la dirait un petit volcan avec son cratère ouvert au S.-O.

Or, toutes ces hauteurs sont formées par la pépérite, que j'ai nommée justement pépérite des hauteurs.

C'est une roche à 62% de silice, à pâte grise, ou rougeâtre ou blanchâtre, se désagrégant en sable blanchâtre ou jaune, généralement à cristaux porphyriques de sanidine, en lamelles qui atteignent deux centimètres, et parsemée de pyroxène et de feldspaths de

Fig. 5.



Civita près Bagnorea.

quelques millimètres, en petits agrégats raccourcis, presque polygonaux. Des lamelles de mica noir sont plus ou moins visibles, mais généralement peu nombreuses. Au microscope, au contraire, on voit que le mica est abondant, en grandes lamelles, mais le plus souvent il est presque complètement resorbé, ce qui explique pourquoi on en voit peu à l'œil nu. Le pyroxène est en majeure partie rhombique et négatif (hypersthène), dans le reste est de l'augite, qui souvent environne l'hypersthène en mince couronne. Le feldspaths est de l'orthose et du plagioclase, celui-ci constituant une série variable des termes acides

aux termes basiques. Le magma, très vitreux, montre fréquemment une structure fluidale par trainées d'inclusions, d'impuretés ferrugineuses ou de microlithes feldspathiques très fins, avec extinctions longitudinales, contournant les grands cristaux. Ce magma est en effet très souvent plus ou moins dévitrifié en microlithes d'oligoclase, ou en très petits

Fig. 6.



Le Montione près Bagnorea.

grains, ou en éponges de même nature. Cependant dans quelques préparations on remarque des interruptions dans la fluidalité, pour lesquelles on passe brusquement des parties fluidales aux parties non fluidales. Ce fait, avec l'autre de l'état des cristaux, qui, en certains points, montrent un vrai pétrissage, fait penser qu'il s'agit d'un tuf, quoique la roche à l'œil nu parait une lave.

Cette roche constitue le noyau du volcan, et apparaît limitée par des parois abruptes presque partout. Contre ces parois va se plaquer une autre roche que j'ai nommée pépérite typique (*peperino tipico*) et qui s'étend sur un énorme arc de cercle à l'est, au nord et à l'ouest du Cimino, à des distances variables entre huit et quatorze kilomètres, à partir du sommet.

La pépérite typique est généralement grise, d'un gris-clair qui, par altération, devient rougeâtre, verdâtre, jaune ou blanche. Les deux dernières couleurs correspondent à une altération plus poussée, quand la roche perd une partie de sa cohésion et arrive à se désagréger complètement en tuf incohérent jaune ou blanchâtre. Dans les parties grises, qui sont les moins altérées du reste, la cohésion n'est pas très grande, étant un peu plus grande que celle d'un tuf lithoïde ordinaire, d'où la facilité d'extraction en larges dalles, qu'on emploie dans le pays pour le pavage des rues principales, et en pierres de construction, que l'on dresse avec une certaine rapidité. Sur le gris ou le rouge de la pâte, on voit une grande quantité de lamelles de mica noir brillant, de feldspaths, d'augite et d'hypersthène, généralement jusqu'à un ou deux millimètres. Dans les échantillons blanchâtres, les micas commencent à s'effacer, et plus encore ils s'effacent dans les échantillons jaunâtres. Dans les parties grises, les moins altérées, il y a des points à l'aspect très frais, qui à l'oeil nu paraissent parfois du granite, parfois des agrégats de minéraux, tel que des enclaves holocristallines.

La pépérite typique, quand elle est lithoïde, montre souvent des cavités très petites hérissées de petits cristaux de feldspaths, dûs évidemment à une cristallisation secondaire. Entre cette roche et celle des hauteurs on trouve tous les passages, mais les termes intermédiaires sont visibles en peu de points.

Dans la marche de l'altération de la pépérite typique, plusieurs faits intéressants se manifestent. La roche tend à se diviser en lits horizontaux. Les arêtes se désagrègent, les séparations s'accroissent, des blocs de toutes dimensions, depuis quelques mètres cubes jusqu'à cinquante et même plus, se séparent, les uns à côté des autres, les uns superposés aux autres. On dirait des coulées discontinues ou des blocs projetés par le volcan. Quelquefois un bloc pierreux gris noirâtre est perché sur un pointement blanchâtre de pépérite incohérente. Autrefois il y a des blocs isolés qu'on dirait roulés par l'érosion du plancher jusqu'à plusieurs kilomètres du volcan, et cependant il s'agit de parties en place, de ce qui reste de l'ancienne masse, quand les parties interposées ont disparu. On peut s'en apercevoir bien de fois en regardant la base du bloc, constituée de pépérite plus ou moins altérée, en place, qui entoure une petite partie de la surface

du bloc aux environs du point d'appui. Ce sont des phénomènes qu'on retrouve dans la pépérite des hauteurs, ainsi que dans des laves altérées de différentes localités, dans les Cimini et ailleurs. C'est le même fait qu'on a déjà décrit dans les granites.

J'ai décrit un fait semblable dans l'andésite du Calzone del Muto près de l'île de Ponza. Le Calzone del Muto est formé par deux petits îlots qui apparaissent comme une accumulation de tubes et de boules d'andésite. C'est là un phénomène de contraction par refroidissement, substitué dans les tufs par un phénomène de contraction par dessèchement, auquel est venu se joindre l'action érosive postérieure. Cette érosion qui a agi sur la roche en grand, chez l'andésite du Calzone del Muto, a agi aussi en petit; et, par conséquent, dans l'intérieur de la masse des tubes et des boules, quand elle a été exposée à l'air, on voit le magma rongé et un grand nombre de sanidines porphyriques qui sont restées bien isolées, en saillies.

Ce double fait de l'érosion qui agit en grand et en petit, se retrouve dans la pépérite typique. Mais ici ce ne sont pas des cristaux qui s'isolent de la masse environnante; mais des noyaux plus durs et moins altérables se détachent, en gris-noirâtre, sur le restant de la roche, qui a des couleurs plus claires. En bien d'endroits la pépérite typique apparaît ainsi comme si elle était pleine d'enclaves. Ces noyaux ont des contours plus ou moins estompés, ils ont des formes plus ou moins irrégulières, parfois avec ramifications effilées. Il n'est pas rare de voir ces parties moins altérées disposées en lentilles très allongées et parallèles à la base de la roche. G. Vom Rath, et d'autres, ont remarqué la ressemblance de ces tâches avec les flammes du piperno de Soccavo et de Pianura. Mais le piperno étant une lave, il s'agit chez lui d'un phénomène qui est plutôt comparable à celui des tâches verdâtres qu'on voit dans certaines leucitites du Volcan Latial, et qui constituent le premier degré de la transformation en sperone¹⁾.

Lorsque dans la pépérite typique ces parties sombres sont arrondies, à la suite de la désagrégation des parties environnantes, elles s'isolent petit à petit de tout le reste. D'abord elles se détachent en relief sur la masse, puis complètement découvertes elles y adhèrent par quelques points, enfin elles tombent, tandis que la masse, en rétrogradant, met en vue d'autres noyaux semblables. En certains points la roche en est pétrie. On dirait d'avoir affaire à des enclaves, mais on peut suivre tous les degrés de la transformation. Lorsque ces parties sombres ont

¹⁾ V. Sabatini: I Vulcani dell'Italia centrale etc. (loc. cit.), et Communication dans les Comptes rendus du Congrès de Paris (1901)

des formes irrégulières, en lentilles très aplaties et très mincement ramifiées, c'est l'indice qu'en ce point la roche n'opposait pas une résistance très différente du reste de la masse; et l'altération, qui a ainsi aminci le noyau, continue son oeuvre et le détruit avec tout le reste. Autrefois dans le même noyau, une partie plus résistante est restée plus renflée, ses ramifications moins résistantes se sont amincies, elles iront disparaître et la partie renflée finira par s'isoler. Souvent, comme dernier résultat, on trouve un nombre plus ou moins grand de noyaux, avec une masse environnante plus ou moins terreuse, et la séparation est tout à fait tranchée. On s'explique comment quelques uns de mes devanciers aient considéré ces noyaux comme des enclaves et non pas comme le dernier terme d'une transformation graduelle.

Dans la pépérite des hauteurs ce phénomène fait presque complètement défaut.

Or, sur deux questions les savants, qui ont étudié ces roches, se sont partagés :

1. Laquelle des deux pépérites a été antérieure à l'autre?
2. S'agit-il de laves ou de tufs?

Suivant Brocchi, la pépérite des hauteurs est antérieure à l'autre, qui en contient des enclaves. Mais le savant professeur, avec les moyens de diagnostic de son temps, devait s'égarer sur un matériel si difficile à reconnaître à travers ses variations et ses caractères contradictoires, du moins à un examen un peu superficiel. Il tomba en quelques contradictions, et finit par promener sa necrolite le long de la pépérite viterboise, du trachyte de Monte Amiata, de celui de la Tolfa, et jusqu'à la roche, trachytique aussi, de l'Arso dans l'île d'Ischia. D'autres, ne reconnaissant pas, parmi les enclaves de la pépérite typique, la roche des hauteurs, ont cru celle-ci superposée à la première. On a même pensé qu'elle était en dessous, mais à cause d'une intrusion postérieure.

Le motif de ces contradictions a été souvent la difficulté de l'observation. La région du Cimino est presque complètement boisée, surtout dans les points où l'on pouvait songer à trouver de bons contacts. Mais, à Soriano et à Canepina le sol ayant été découvert pour les maisons de ces deux villes qu'on y a bâti, c'est là qu'on pouvait trouver la clef du problème, s'il y en avait une. Et c'est en effet dans la première localité, au lavoir du Ponticello, que j'ai vu nettement sur les falaises presque verticales de la pépérite des hauteurs, qui en cet endroit est rougeâtre, se plaquer la pépérite typique. La relation des deux roches n'apparaît évidente dans aucun autre point, si l'on excepte des puits creusés comme réservoir de neige, dans la même ville de

Soriano, et qui traversent en haut la deuxième roche s'arrêtant au fond sur la première. Ces constatations étaient bien plus sûres que les enclaves, qu'on pouvait croire dues à des roches provenant d'éruptions différentes de celle qui avait donné la roche en place sur les hauteurs, quoique de même composition. Ou, ce qui aurait été le même, admettre des éruptions de pépérite des hauteurs avant et après la pépérite typique.

Les enclaves de la première roche, en plusieurs points, se trouvent à la base de l'autre en quantité si grande qu'elle y constitue un banc de cailloux et de blocs, qui généralement ne sont pas bien roulés. Ainsi près Bagnaia et près Vitorchiano. Dans ces derniers mois, le creusement d'une tranchée dans le ravin de la Lupara, à côté de la Pallanzana, pour la construction du nouvel aqueduc de Viterbe, a fait découvrir un autre point où l'on voit un cailloutis semblable. La composition de ses fragments est identique à celle de la roche, à grand cristaux de sanidine, qui se trouve à peu de distance à la Pallanzana; de même que dans les deux localités précédentes cette composition était celle de la roche des hauteurs la plus rapprochée sans feldspaths porphyriques.

Les falaises presque verticales qui terminent la pépérite des hauteurs montrent qu'un hiatus assez long a dû séparer la formation de cette roche de celle de la pépérite typique. Tandis que les alluvions roulaient les fragments de la première, la deuxième commença à se déposer, et ses bancs inférieurs englobaient le cailloutis de l'autre. A la suite de ces alluvions, d'autre pépérite typique vint se déposer. Dans les alluvions de la Vezza, près Corbiano, on voit en dessus des formations pliocènes, des cailloux roulés, parmi lesquels se trouve aussi de la pépérite typique. A la base de cette dernière, on trouve aussi des ponces roulées de même composition.

De ces observations résultent les conclusions suivantes:

1. Il y a eu plusieurs émissions de pépérite typique,
2. Les ponces roulées et les cailloux de pépérite des hauteurs à la base de la pépérite typique, sont les équivalents du conglomérat de calcaires et de silex roulés du quaternaire.

La pépérite typique a dû commencer par tomber dans la mer. A Bomarzo on peut ajouter, à l'appui, que dans un banc de sable marin à huitres, superposé immédiatement à l'argile pliocène, on trouve, avec des éléments de sables volcaniques de petits fragments de pépérite typique, et, en dessus, cette roche en place. A quelques kilomètres en aval, vers Attigliano, dans les premiers tufs qui recouvrent le conglomérat marin, j'ai trouvé des ossements d'*Elephas*.

Passons à la deuxième question. Ces pépérites sont-elles des laves ou des tufs?

La pépérite typique, un peu partout à sa base, et dans presque toute la masse à la périphérie de la formation, est constituée de petits fragments et contient des ponces abondantes, aplaties et couchées à plat, dérivées du même magma pépéritique, outre des lits de lapillis, ponceux aussi. Ce phénomène, observé aussi par M. Mercalli en quelques points près Viterbe, est général dans toute la formation pépéritique.

Mais j'ai mis en évidence un autre fait, à l'appui de l'hypothèse tufacée. Certains enclaves argileux ou argilo-gréseux, gris et non cuits, que j'ai fait cuire et rougir, à la chaleur d'un four à brique, montrent que la roche qui les a englobés n'avait pas une température suffisante à les cuire. A côté de ce résultat il faut mettre le fait de certaines argiles et de certains sables du pliocène, sous-jacent à la pépérite typique, et que l'on voit rougis au contact. Il s'agit là d'un phénomène dû à l'infiltration d'eaux ferrugineuses, qui ont modifié l'état d'hydratation du fer, et non pas d'une action thermique. M. E. Casoria, le savant professeur de l'École d'Agriculture de Portici, qui a bien voulu se charger de plusieurs recherches chimiques sur le matériel que j'ai ramassé dans les Cimini, vient de confirmer ce fait.

En résumé les deux pépérites ont la même composition, celle d'une oligoclasite à mica noir et hypersthène; la même structure; ça et là des indices d'origine détritique. Sur le terrain, la roche des hauteurs paraît une lave, l'autre prend à la partie inférieure un aspect de tuf, qui s'étend à toute la masse près de la périphérie. De là l'hypothèse que j'ai déjà avancé, qu'il s'agit d'une brèche ignée¹⁾. Dans les environs du cratère, les lambeaux projetés retombaient encore très chauds et par conséquent assez liquides pour se resouder, reconstituant la roche massive, plus ou moins bien, suivant la température des différents points. Des mouvements devaient se produire dans cette masse, sans qu'elle pouvait se transformer en coulée, mais suffisants à produire la structure fluidale dans les parties qui s'étaient le plus déplacées. Au contraire la structure détritique devait persister dans les points où les matériaux rejetés pouvaient mieux se refroidir, c'est à dire à la base, souvent formée dans l'eau, et à la périphérie.

Cette hypothèse n'a rien d'in vraisemblable. L'atmosphère, même à plusieurs kilomètres du cratère, peut se réchauffer à une température très élevée, pendant une éruption, pour permettre aux morceaux projetés de retomber sur le sol encore complètement liquides. A St. Pierre, le

¹⁾ Boll. Comitato geologico d'Italia. 1902, n. 4.

8 mai de l'année dernière, lors de la terrible catastrophe, on eût une température de plusieurs centaines de degrés. A Rocca di Papa j'ai constaté qu'il y a des lapillis resoudés, jusqu'à montrer des points dans la masse détritique, où la séparation entre les différents morceaux a même disparue ¹⁾.

Le fait que la pépérite des hauteurs se trouve en place dans les environs immédiats du centre du volcan, et qu'en enclaves elle n'arrive pas très loin, pourrait aussi faire penser que cette roche soit sortie à l'état de lave très visqueuse, comme celle des cumulo-volcans de Santorin, du nouveau cône qui s'est formé dans le cratère de l'Étang Sec à la Martinique, etc. Le crèvement de l'ampoule aurait donné quelque quantité de matériaux détritiques, qui se seraient plus ou moins resoudés. La pépérite typique serait due à une période explosive postérieure, comme dans la précédente hypothèse.

M. L. Jantappié a avancé dernièrement une autre hypothèse ²⁾, suivant laquelle la pépérite des hauteurs serait une lave, et la pépérite typique le résultat du démantèlement de la première, qui se serait reconstituée à la façon de l'arkose. Trop d'objections on peut faire contre cette hypothèse. En effet, le roulement des éléments de la deuxième roche devrait rendre bien plus nette sa structure détritique. Pour la même raison les éléments minéraux devraient être plus ou moins roulés, tandis qu'ils sont au contraire souvent à contours cristallins très nets et plus souvent encore en débris anguleux. En outre le même roulement des éléments, qui est arrivé à faire disparaître les sanidines porphyriques de la roche originelle, aurait dû réduire les dimensions des lamelles de mica, et surtout les rendre bien plus altérées. D'après ce que nous avons dit, ça n'arrive pas. Les micas sont très altérés dans la pépérite des hauteurs, tandis qu'ils sont de beaucoup plus intacts dans la pépérite typique. On peut dire qu'en général chez la deuxième roche les grands cristaux, c'est à dire les éléments primordiaux, sont plus frais que chez la première. Enfin dans une roche à mica, qui se serait reconstituée à la façon de l'arkose, on trouve ordinairement du mica secondaire, qui n'existe pas dans la pépérite typique.

Quel était le cratère qui a donné la roche des hauteurs? Il est assez probable que les hauteurs, plus ou moins coniques, qui font le

¹⁾ Il ne faut pas confondre ce fait avec celui qu'on observe au Vésuve, où au dessus de certaines laves il y a passage entre la masse scoriacée qui les recouvre et les lapillis tombés après. Dans ce cas la séparation existe toujours, mais elle échappe à l'observation; tandis que dans l'autre la séparation n'existe plus.

²⁾ Rendiconti Lincei, 1903. 2^o sem., p. 36 et 37.

tour du Mont Cimino à l'est, au nord et à l'ouest soient des lambeaux de ce cratère, qui devait avoir de 6 à 7 *km* de diamètre. Je déduis cette hypothèse des remarques suivantes :

1. Si la roche des hauteurs est due à un matériel projeté et resoudé ensuite, on peut observer que ces élévations secondaires n'ont pas de structure à manteaux, ou par couches coniques superposées, et qu'à leur sommet il n'y a pas d'indices de cratères, sauf un indice très-douteux pour la Pallanzana. Or, si les cratères pouvaient disparaître, la structure des cônes de débris devrait se reconnaître encore. On observe, au contraire, tantôt une masse uniforme traversée de lithoclasses en plusieurs sens, tantôt une division en bancs presque horizontaux.

2. Si la roche des hauteurs est une lave, on pourrait penser que les cônes secondaires sont des cumolo-volcans autour de la masse centrale, qui serait le cumolo-volcan principal. Or cette couronne de cumolo-volcans secondaires, et contemporains avec le cumolo-volcan central, est bien difficile à admettre. De même si l'on songeait à voir dans ces cônes des bouches adventives ordinaires d'effusion : d'autant plus qu'on ne voit pas les coulées issues de leur pied.

Mais enfin, quand même il s'agissait de cônes adventifs, le cratère central aurait été un peu plus restreint, et c'est tout. La chose, comme on le voit, n'a pas d'importance.

Au milieu de ce premier cratère, et après un long interval, pendant lequel l'érosion aurait fait ébouler d'innombrables quartiers de la roche primitive, et les torrents les auraient fragmentés et transportés peu loin, se serait produite une nouvelle série d'éruptions avec la pépérite typique, en édifiant ainsi l'édifice central, correspondant à une partie du Mont Cimino. En effet les parties les plus basses de celui-ci existaient déjà : c'étaient des fragments de l'ancien cratère. La nouvelle bouche a réjeté des matériaux que l'on reconnaît au milieu du bois, jusqu'à 800 *m*.

Un fait remarquable est que du côté sud-ouest du Mont Cimino il n'existe plus aucune trace de l'ancien rempart. Le sol, entre Mont Cimino et le lac de Vico, se voit réhaussé par les déjections de ce dernier. Le rempart autour du lac monte du côté du Cimino jusqu'à 839 *m* d'altitude, et la vallée entre les deux volcans montre des cotes minimales de 600 *m*. A la distance de 4 *km*, au sud du Mont Cimino, c'est à dire au même interval qui le sépare de la Pallanzana, on se trouve déjà dans les environs de 800 *m* sur le flanc externe du pourtour du lac. On voit que ce qui reste du rempart extérieur du Mont Cimino peut bien se trouver enseveli sous les déjections du volcan de Vico,

lors même que des explosions locales ne l'ont pas détruit. Il se peut bien, du reste, qu'à l'ouest de la zone entre les deux volcans l'érosion ait bien travaillé jusqu'à y ébrécher l'ancien rempart du Cimino sur $\pm 1 \text{ km}$, c'est à dire plus largement que dans le reste du pourtour. Même sur les parties conservées, entre Soriano et le Motterone, il y a une interruption de 3, 5 km .

Les laves issues du nouveau cratère se voient plus fréquentes sur les versants est, nord et ouest. Ce sont des types variables entre la labradorite et le trachyte. De vrai trachyte il y en a très peu. Les types les plus abondants sont intermédiaires entre les deux extrêmes de cette série. Au sud de Soriano il y a des labroandésites à mica noir, andésine et hypersthène. Près de la Colonneta de Canepina on trouve de petits affleurements d'andésite à mica noir et olivine. Quelques unes de ces dernières laves se confondent, du moins à l'œil nu, avec la pépérite des hauteurs. Au microscope la séparation n'est pas toujours facile, mais la présence de l'olivine, qui ne se trouve pas dans la pépérite, du moins comme élément constituant, est un bon caractère pratique pour reconnaître l'andésite. La lave qui a coulé à l'est de Rocaltio sur le Piano Cigliano, jusqu'à la Madonna di Loreto est une andésite à olivine; l'hypersthène s'y trouve en petite quantité; le mica, pas abondant, y est plus ou moins resorbé.

La roche que M. Washington a appelé Ciminite, et qui, du sommet du Mont Cimino, est descendue d'abord vers le O.-S.-O. et ensuite s'est dirigée au N.-O., en passant entre la Pallanzana et le San Valentino, jusqu'à la Quercia, sur un parcours de 8 km environ, est une labradorite, passant à la labroandésite à mica noir, à beaucoup d'olivine, à hypersthène rare et à cristaux porphyriques de sanidine. Dans le second temps, on trouve généralement, avec des microlithes de labrador, d'autres d'oligoclase et des lamelles de sanidine.

§ 4. Volcan leuco-andésitique de Vico.

C'est un volcan à rempart cratérique extérieur, contenant le lac de Vico (507 m d'altitude), et à cône intérieur nommé le Monte Venere, placé à l'extrémité du lac, vers le nord du cratère extérieur. Les laves issues de celui-ci se rattachent à deux types: andésitique et leucotéphritique.

a) Laves leucotéphritiques.

Petrisco.

C'est la coulée la plus étendue des Cimini, car la partie de son développement qui est encore visible aujourd'hui est de 11 km à peu

près. Son origine n'est pas visible : peut-être elle disparaît sous les déjections les plus récentes du cratère de Vico, peut-être elle a été enlevée par l'érosion. On commence à trouver cette coulée un peu au dessus de 700 m d'altitude, près l'endroit où la route de Canepina se détache de la Cassienne. De là contournant la Pallanzana, elle se partage en deux embranchements. L'un se pousse jusqu'à un kilomètre de Viterbe : l'autre, plus au nord, passe par la Quercia, d'où, en se couvant, rejoint le hameau de la Moneghina sur la route de Celleno, avec un plus long parcours.

Le petrisco est une lave gris-claire à la surface et dans les fentes, un peu plus foncée dans la masse. Son fendillement est extrême, surtout suivant la direction d'écoulement, d'où il paraît souvent une agglomération de brèche d'empierrement. Il est très difficile d'en tirer de bons échantillons au marteau, car le plus souvent l'on n'obtient que de petits fragments de quelques centimètres. La pâte est remplie de cristaux de feldspaths qui atteignent un centimètre de longueur. En outre elle contient beaucoup de leucites, blanchies par altération, inégalement distribuées : quelques unes atteignent un centimètre de diamètre, rarement deux, exceptionnellement trois. Dans quelques points de la masse elles sont nombreuses, sans jamais apparaître très abondantes. Au microscope on voit qu'il s'agit d'une leucotéphrite acide à sanidine porphyrique et avec peu de mica noir dans les deux temps.

Comme on le voit sur le croquis (Planche II) tiré de la carte encore inédite que j'ai dressé, la dérivation de cette lave n'est pas très claire. La dérivation du cratère de Vico est séduisante à cause de trois arguments :

1. Les laves sûrement issues du Mont Cimino n'ont jamais donné de leucite.

2. Le petrisco, à son origine visible, paraît remonter un peu sur la pente extérieure du cratère de Vico.

3. Il y a d'autres affleurements de laves semblables au pétrisco, et l'un d'eux se trouve sur le flanc ouest du cône de Vico.

Le premier argument n'a pas une valeur absolue. En effet s'il est vrai que les laves sûrement issues du Mont Cimino ne contiennent pas de leucite, il serait très difficile à ne pas reconnaître comme due à ce volcan une partie du tuf lithoïde, dont je parlerai tout à l'heure, et qui contient beaucoup de leucite dans sa masse. Le deuxième argument a une valeur encore moindre. En effet, le remontage du petrisco sur la pente extérieure du cratère de Vico n'est pas assez prolongé, et sur plusieurs points, comme près du Grottone, sur la route de Canepina en amont de la Pallanzana, etc., on voit la même lave

disparaître sous les tufs incohérents. En outre j'ai trouvé des enclaves de petrisco dans les mêmes tufs incohérents près de la Moneghina. L'âge de cette roche, en effet, n'est pas si récente qu'on l'avait crû dans les précédentes recherches. Comme on vient de le voir il y a eu des éruptions tufacées après son écoulement, quoiqu'elle ne soit recouverte par aucune autre lave. Au contraire elle recouvre la Ciminite à la Quercia, et les leucotéphrites de Vico à la fontaine de Fiescoli.

Enfin pour le troixième argument, nous observerons qu'il y a, outre la sous-dite coulée de petrisco, d'autres affleurements de laves qui lui ressemblent. Près Canepina il y en a un lambeau, un peu douteux, car, si la ressemblance de la masse au vrai petrisco est incontestable, les leucites, s'il y en a, sont si altérées à n'être plus reconnaissables. Mais ce lambeau, par sa position, n'a pas d'importance. Les affleurements qu'il faut bien citer sont au contraire ceux qu'on voit sur la route Aurélienne, à l'ouest du cratère de Vico. Je ne les ai pas encore étudiés: pourtant si les minéraux blancs kaolinisés qu'ils contiennent sont à rapporter à la leucite, celle-ci serait en cristaux beaucoup plus petits et moins nombreux que dans le vrai petrisco. Même en dehors de ce caractère, il n'y a aucune preuve qu'il s'agit du même épanchement.

Quoique ce soit, et sous toutes réserves, à cause des observations précédentes, les petriscos ont un certain air de famille, et il y a des probabilités qu'ils soient tous issus du même centre, qui serait celui de Vico.

Nous avons dit que la coulée de la route Cassienne recouvre les autres laves leucitiques du volcan de Vico. On peut dire le même pour les petriscos de la route Aurelienne. Ces autres laves leucitiques, dues certainement au centre de Vico, sont aussi des leucotéphrites. Elles sont acides et basiques et, à l'oeil, se partagent en trois groupes:

1. à grandes leucites, jusqu'à 1—2 centimètre de diamètre, et si nombreuses qu'elles sont presque tangentes les unes aux autres (Ψc).

2. à leucites moyennes, également abondantes, mais atteignant 1—2 millimètres, rarement 3 (Ψb).

3. à petites leucites qui donnent sur la roche l'aspect d'un pointillage blanc fait à la plume (Ψa).

En ligne générale, le type Ψc apparaît supérieur au Ψb . Le Ψa commence en dessous de Ψb , se retrouve en dessus, et s'intercale dans les Ψc .

Mais, antérieure à toutes ces roches, il y en a une autre, qu'on trouve en place dans le fosso Malino, intercalée entre la pépérite typique et les premiers tufs qui lui sont superposés. C'est une leucotéphrite

acide très altérée, grisâtre, à parties scoriacées noires, avec de grandes leucites, nombreuses, mais pas abondantes comme dans les Ψc . Cette roche a une grande importance, d'abord parce qu'on la trouve en enclaves abondantes dans le tuf lithoïde, à l'état de scories grises et, plus souvent, noires. Ensuite, si cette lave pourrait se rattacher au volcan de Vico, on en déduirait qu'il aurait débuté immédiatement après les pépérites et avant les éruptions du tuf lithoïde. Il est à remarquer, quant à la position de ce dernier, qu'il contient les trois Ψ et qu'il est encore recouvert par quelques Ψc , d'où son émission serait arrivée vers le haut de la série des Ψ .

b) Laves andésitiques (à feldspaths acides).

Vulsinite.

C'est un trachyte rougeâtre, ou blanchâtre par altération, avec de grands cristaux de sanidine, et où les pyroxènes sont du type augite-aegyrine semblable à celui qu'on rencontre dans le sperone du Volcan Latial. Il y a, en outre, du feldspath du premier temps, variable de l'oligoclase au labrador. Le nom de Vulsinite a été donné par M. Washington à cette roche qui se rencontre sur la route Aurélienne, à l'ouest du lac de Vico. On voit très bien qu'elle recoupe en filon net la tranchée verticale sur la même route. Du côté nord sa salbande est constituée par de nombreux fragments du petrisco qui se retrouve dans le même endroit, comme je l'ai dit plus haut. La vulsinite contient aussi quelques enclaves, que je n'ai pas encore étudié au microscope, mais qui paraissent d'us au même petrisco des environs. La première roche est par conséquent plus jeune que la deuxième.

On trouve, en outre, de la trachy-andésite à S. Angelo (sur le versant ouest du rempart du lac); des andésites micacées à Capranica, à Ronciglione et sur l'intérieur du rempart du lac; une labradorite-sperone à la Montagna Vecchia (sur le côté nord du même rempart); etc. Quand on peut constater la position de ces dernières laves, on voit, de même que pour la vulsinite, qu'elles sont postérieures aux laves à leucite. Ainsi l'andésite à grands cristaux de sanidine, qui se trouve en dessous de S. Rocco, sur le flanc intérieur du rempart du lac, est superposée aux leucotéphrites à grandes leucites (Ψc) et à leucites moyennes (Ψb).

J'ai cité à plusieurs reprises le tuf lithoïde à scories noires qui est généralement jaune, et qui passe par endroit à un tuf bleuâtre, rougeâtre ou grisâtre, chargé de leucites. C'est une formation très caractéristique dans les volcans de l'Italie centrale. Elle commence

près de Rome et remonte vers le nord, abondamment répandue autour des volcans Sabatini (centre du lac de Bracciano), des Cimini et des Vulsini (centre du lac de Bolsena). L'uniformité et la continuité de cette formation (enclaves a part) fait penser qu'elle soit due à une série d'éruptions contemporaines¹⁾. Mais, comme je viens de le dire, il serait très difficile de rattacher au volcan de Vico, avec la partie du tuf qui entoure ce dernier, aussi celle qui est au nord du Mont Cimino. La première contient très abondamment les trois T , tandis que dans l'autre ils sont très rares, toujours plus rares en s'éloignant du lac de Vico. La séparation entre les deux parties est très difficile à faire.

Quant au Monte Venere, il est un cône à trois sommets, qui s'élèvent de presque 300 *m* sur la surface du lac. M. Washington le considère comme un dôme. Mais il faut remarquer que ce savant le visita quand il était encore recouvert de son ancien manteau de bois. Dans les dernières années ce bois a été détruit en grande partie, par un vandalisme qu'on n'a pas le courage d'empêcher, même quand il est dangereux au régime des eaux, et qui nous enlève les derniers vestiges de nos anciennes forêts.

Monte Venere apparaît à présent comme un ensemble de tuf incohérent jaune, de scories et de lapillis rougeâtres et de laves. Celles-ci se montrent différentes, même à l'oeil nu. A l'E. S. E. de la base du cône, une de ces roches forme une petite coulée, très scoriacée à la surface. Au microscope ces roches se partagent en leucotéphrites acides et basiques, dont les feldspaths du premier temps vont jusqu'à la bytownite et même au delà.

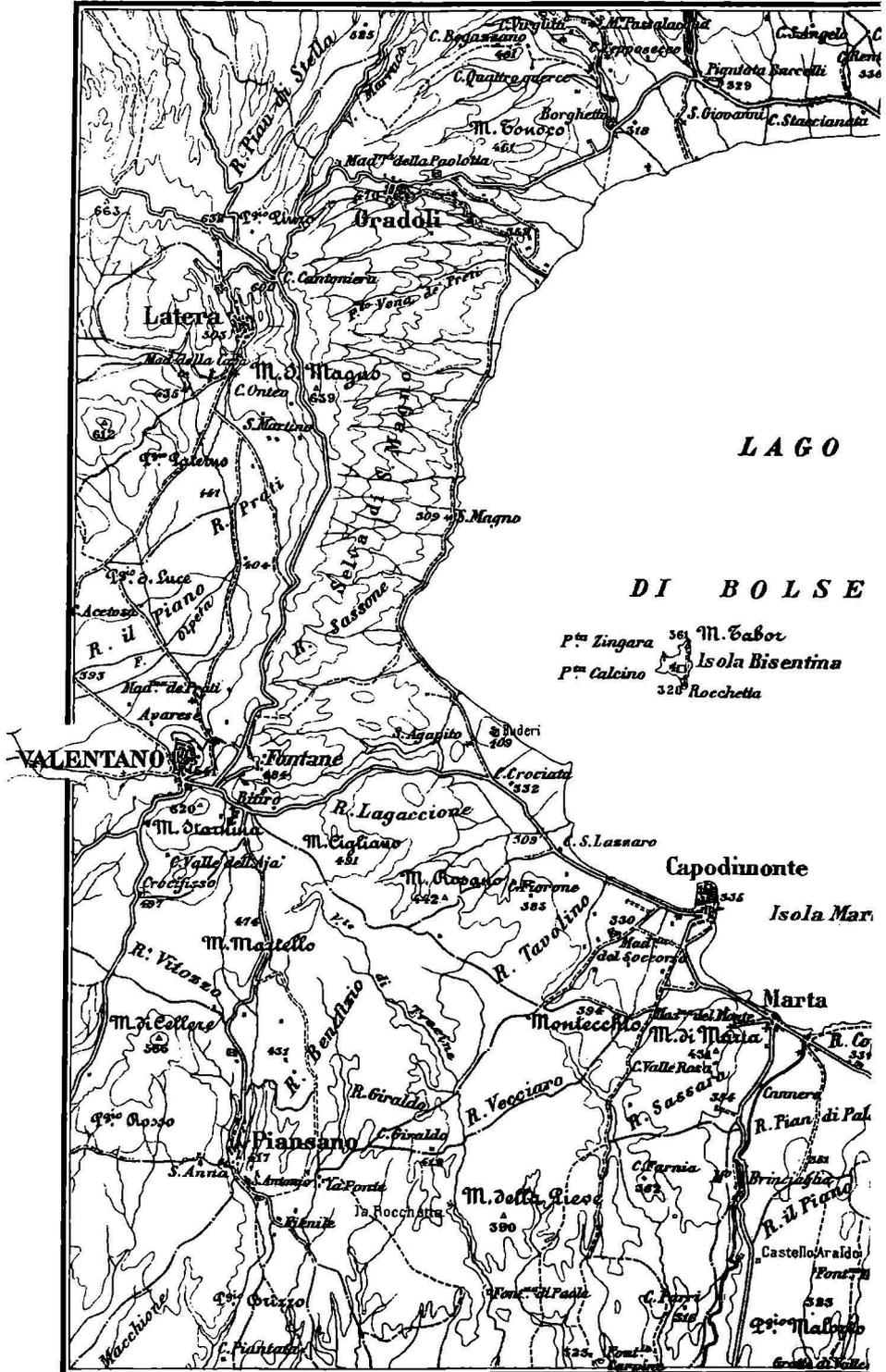
En concluant, les Cimini ont donné d'abord des roches trachytiques (pépérites). Ensuite le volcan de Vico a commencé ses éruptions de laves leucotéphritiques, vers le haut desquelles les deux volcans de Monte Cimino et de Vico ont donné, en même temps peut-être que les Sabatini et les Vulsini, des éruptions imposantes de cendres leucitiques (tuf lithoïde à scories noires). Les éruptions des labroandésites et des trachyandésites du Monte Cimino ont ensuite marqué la fin de l'activité de ce volcan. L'autre, au contraire, donna encore les petriscos, et, ensuite, des andésites et des trachytes, couronnés par un tuf blanc, à scories grises, souvent lithoïde. Le cône de M. Venere marqua la fin du volcanisme dans le cratère de Vico. Cette série probable se trouve résumée dans le tableau suivant.

¹⁾ Le mot „contemporaines“ doit être accepté entre certaines limites. En effet on trouve au moins deux émissions de tuf à scories noires, séparé par d'autres éruptions.

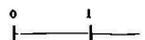
Série probable des éruptions des Volcans Ciminiens.

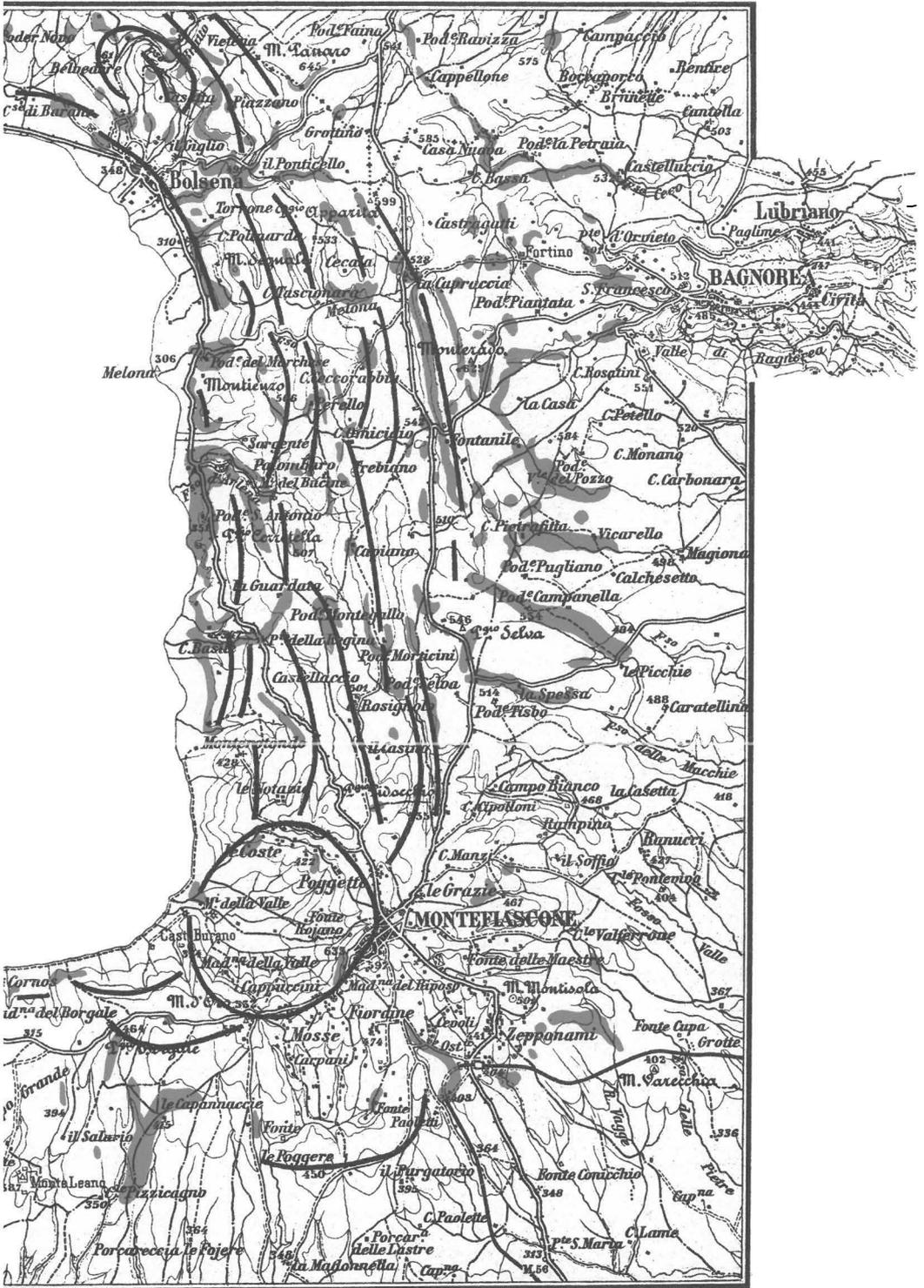
Volcan Cimino:		Volcan de Vico:	
		7'— Leucotéphrites et dernières projections de cendres grises stratifiées.	} Cône intér. (M. Vénere)
		6'— Tuf blanc souvent lithoïde à scories grises.	
		5'— Andésites et trachyte (vulsinite).	} Rempart extérieur (Lac de Vico)
		4'— Petriscos	
} Cône intérieur (M. Cimino)	5-- Labroandésites et trachyandésites.	
	4— Tuf lithoïde à scorie noires	3 -- Vc et tuf lithoïde à scories noires.	
	2'— Tb .	} Va
	1'— Leucotéphrite scoriacée	
} Rempart extérieur	3-- Pépérite typique.		
	2— Pépérite des hauteurs.		

1. Sables volcaniques de provenance incertaine.



De l'état actuel des recherches par

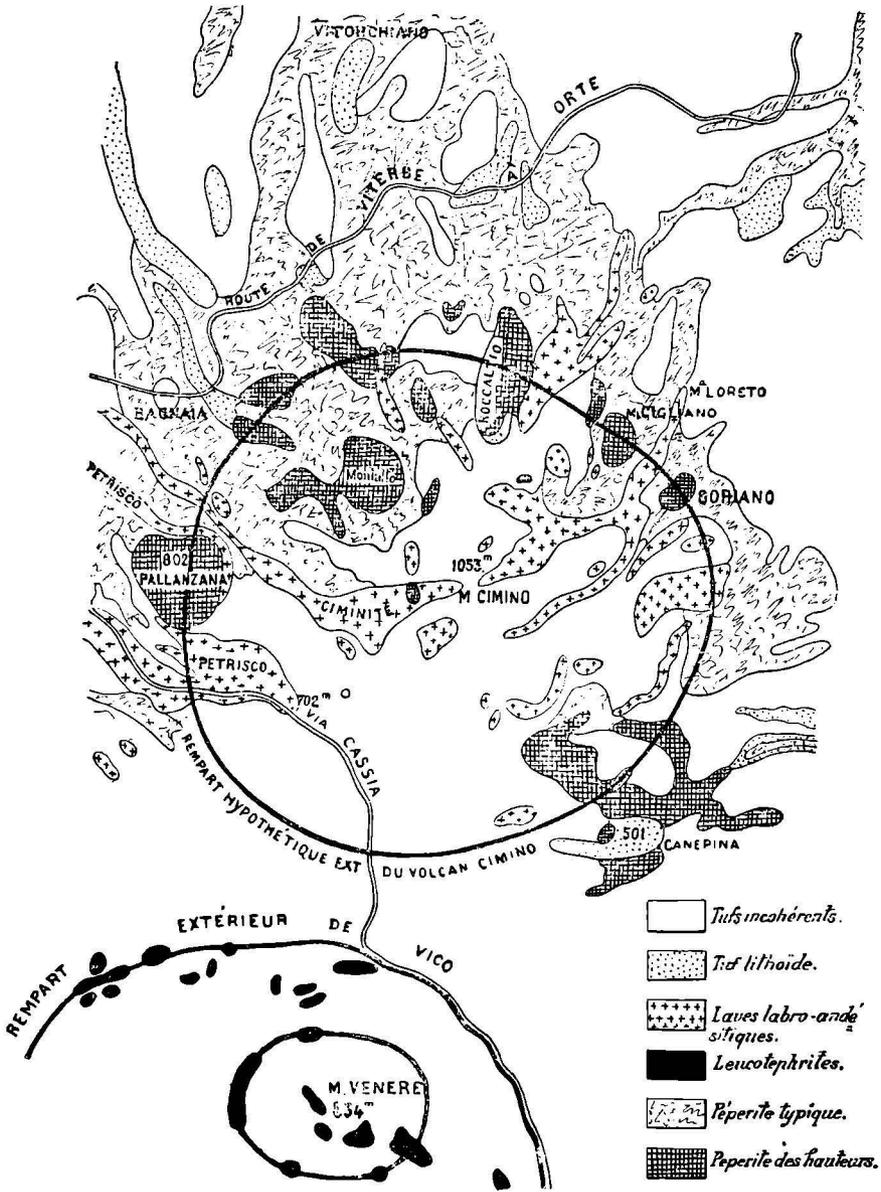




Etabl. geograph. G. Freytag & Berndt, Vienne.

Volcans de l'Italie Centrale
ini.





De l'état actuel des recherches sur les Volcans de l'Italie Centrale
par V. Sabatini.

Echelle 1:100,000.