

les savants. D'un autre côté on peut encore admettre, pour expliquer le développement tardif de cette partie de la science, que le sujet agissait avec trop de puissance sur l'imagination et que les hypothèses d'hommes ingénieux semblaient si complètement satisfaisantes. — le lecteur naturaliste n'a qu'à se rappeler la théorie des soulèvements — que l'on ne sentait pas le besoin de véritables recherches scientifiques.

C'est seulement depuis quelques dizaines d'années que l'on a commencé à appliquer à l'étude des volcans et des tremblements de terre les ressources que nous fournissent la physique, la chimie, la microscopie, etc. Quoique nous soyons obligés de reconnaître que la cause fondamentale des éruptions volcaniques et de certains tremblements de terre n'a point encore été trouvée, et quoique notre ignorance même nous ait été principalement démontrée par ces recherches, nous avons cependant fait des progrès si importants et si décisifs dans la connaissance des phénomènes chimiques qui se produisent pendant les éruptions, sur la nature de la lave, des volcans boueux et des geysers et même des tremblements de terre, que ces progrès nous procurent une satisfaction complète et nous engageant à persévérer dans la voie où nous sommes entrés. Ce sont de véritables conquêtes de la science et non des hypothèses : l'avenir pourra les rectifier et les compléter, mais il ne saurait les renverser.

LIVRE PREMIER

LES VOLCANS.

STRUCTURE ET HAUTEUR DES VOLCANS.

Un volcan consiste essentiellement dans la formation d'une communication entre un foyer volcanique, situé à une profondeur incommensurable dans l'intérieur de la terre, et la surface du sol : cette communication se produit à la suite d'une éruption de gaz, de vapeurs et de fragments de roches échauffées et souvent incandescentes. L'éruption se fait par une ouverture en forme d'entonnoir qui se forme à la surface du sol et que l'on nomme *cratère*. C'est pour ce motif que le cratère devient le signe caractéristique des volcans, et c'est à ce signe qu'on peut les reconnaître le plus certainement, même pendant leurs périodes de repos.

Les cratères sont souvent situés dans des pays de plaine, ou sur des collines peu élevées ; le plus ordinairement cependant on les rencontre sur des montagnes plus ou moins hautes et même au sommet de celles qui comptent parmi les plus élevées de la terre.

Il est donc inutile de se représenter, comme on le fait habituellement, un volcan sous la forme d'une montagne, qui émet constamment ou périodiquement des vapeurs et des roches incandescentes. Les éruptions volcaniques peuvent se produire dans des pays de plaine, et partout où le volcan prend la forme d'une montagne, cette montagne est le *produit* de l'activité volcanique et elle s'est exhaussée peu à peu. C'est pour cela que la hauteur d'une montagne de ce genre peut jusqu'à un certain point servir à déterminer la plus ou moins grande importance du volcan : mais la structure de cette montagne est tout à fait particulière ; elle diffère complètement de celle de toutes les autres montagnes.

Lorsque, par exemple, il doit se former un volcan en un point quelconque de la terre, les vapeurs nées dans le foyer volcanique sous-jacent s'efforcent de se créer une issue. Elles se font jour à travers la croûte solide de la terre en un endroit où celle-ci offre le moins de résistance, soit parce qu'il y existe des fissures, soit parce que les roches y sont moins compactes. Comme dans toute explosion (qui consiste, comme on sait, dans l'expulsion violente d'un obstacle par la dilatation de gaz ou de vapeurs), les débris de rochers sont lancés en l'air pour retomber bientôt dans le voisinage de l'ouverture par où l'éruption s'est faite. Les vapeurs entraînent aussi, de leur lieu d'origine, une grande quantité de scories incandescentes et de cendres volcaniques lancées elles-mêmes dans l'air, et qui, suivant les lois de la pesanteur, retombent aussi tout autour de l'ouverture d'éruption. Si alors, comme cela arrive quelquefois, mais pas toujours, la lave en fusion est elle-même soulevée et entraînée par les vapeurs, elle sort du volcan, se répand sur la masse des scories et s'épanche comme un torrent sur les terres voisines jusqu'au moment où elle se condense en une masse solide et rocheuse.

C'est ainsi qu'il se forme un petit cône, composé de couches alternantes de scories, de cendres et de lave, au sommet duquel se trouve l'ouverture d'éruption ou cratère.

Dans la grande région volcanique, aujourd'hui complètement inactive, de l'Eifel, dans la province rhénane prussienne, presque tous les volcans, qui y sont très-nombreux, présentent un cône aussi simple que celui que nous venons de décrire. Partout les cendres, la lave et les scories se sont accumulés en petits cônes autour des cratères, et parmi ces matériaux on rencontre encore des fragments de roches détachés de la surface terrestre au moment de la première éruption. Ce sont principalement des fragments de schistes argileux et de grès appartenant au terrain devonien, terrain qui apparaît partout entre les cônes que l'on trouve ainsi inclus dans les scories ou mélangés avec elles.

Les environs d'Auckland, dans la Nouvelle-Zélande, ressemblent complètement à la région de l'Eifel. Sur un petit espace comprenant 450 kilomètres carrés, on rencontre 61 cônes de scories dont les altitudes varient de 90 à 150 mètres; le plus élevé d'entre eux, le Rangitoto, atteint 275 mètres. Chacun de ces cônes est le produit d'une seule éruption, et se compose soit uniquement de cendres volcaniques et de scories, soit de ces produits et de grands courants isolés de lave.

La plupart des volcans de l'Auvergne possèdent des cônes éruptifs simples, quoique souvent très-considérables. En Italie, où un grand nombre des volcans de la Campagne romaine et des champs phlégréens appartiennent à cette classe, on a vu, à une époque relativement récente (en 1538), le Monte Nuovo, près de Pouzzoles, former, à la suite d'une seule éruption, un cône de scories haut de 130 mètres.

Les *Maars* (cratères à lacs de l'Eifel) ont une grande ressemblance avec les volcans simples et les cratères; ils diffèrent cependant essentiellement des vrais cratères. Ceux-ci sont

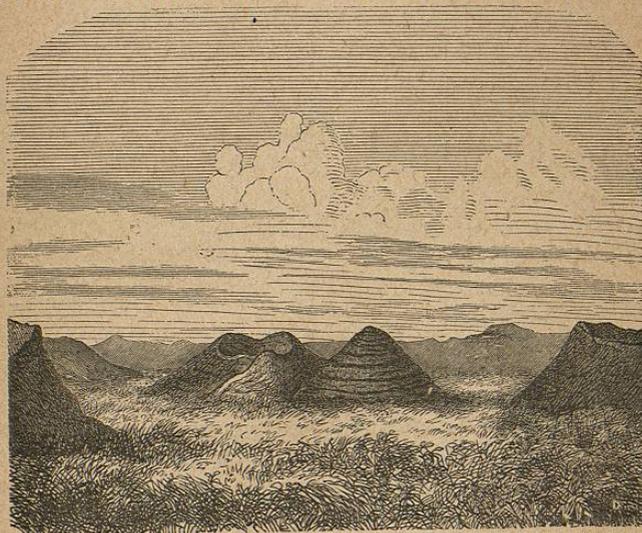


Fig. 4. — Volcan de Waitomokia, dans la Nouvelle-Zélande.

situés au milieu de produits accumulés par leur propre activité, tandis que l'on appelle *Maars*, dans l'Eifel, des bassins cratéri-formes que l'on ne rencontre, il est vrai, que dans les terrains volcaniques, mais qui sont creusés dans des roches qui n'ont point une origine volcanique. Beaucoup des *Maars* de l'Eifel se trouvent dans des schistes argileux; d'autres sont, il est vrai, situés dans le tuf volcanique; mais il est démontré, d'après la situation de ce tuf, qu'il date d'une époque plus reculée que la formation du *Maar*. Quelques *Maars* se distinguent des autres par la formation, sur leurs bords, d'un cercle ou plutôt d'un bourrelet circulaire de scories; ils acquièrent ainsi graduellement la structure et la forme d'un véritable cratère. Le plus souvent, de l'eau s'accumule dans ces

cavités et forme ainsi de petits lacs ; dans d'autres Maars, le sol est recouvert par de la tourbe ; d'autres enfin présentent un fond complètement sec. (Fig. 2 et 3.)

Les plus connus des Maars de l'Eifel sont : le Pulvermaar, l'Ulmermaar, les Maars de Daun, de Meerfelden, etc. On peut encore considérer comme de vrais Maars les petits lacs connus sous le nom de gouffre de Tazenat, lac de la Godivel et lac de Pavin, situés dans la France centrale, et les beaux lacs d'Albano et de Nemi, situés sur les montagnes d'Albano, près de Rome. Les Maars sont surtout très-nombreux à Java, autour des volcans de Lamongang et de Salak, puis dans la Nouvelle-Zélande et aux îles Canaries.

On n'a pas encore eu, jusqu'ici, l'occasion d'observer le mode de formation d'un Maar. De toutes les hypothèses émises à l'effet d'expliquer ce curieux phénomène, la plus plausible est

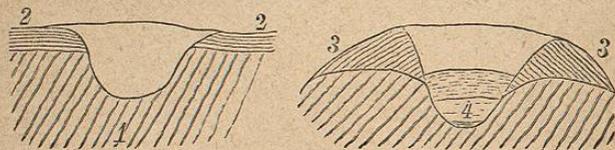


Fig. 2 et 3. — 1. Schiste argileux. 2. Couches de tuf ancien. 3. Couches de tuf récent. 4. Eau.

celle qui attribue la formation des Maars à des effondrements du sol produits par l'éroulement de cavernes souterraines. Dans une contrée où des masses aussi considérables de roches fondues sont rejetées de la terre par l'action volcanique, il peut très-bien se former, sous la surface, des excavations dont le plafond s'écroule plus tard, pour donner ainsi naissance à des Maars. Il est tout aussi facile de comprendre que ces Maars, une fois formés, peuvent se convertir en un véritable cratère, car les produits volcaniques éruptifs se font jour avec plus de facilité dans un endroit où il existe déjà une excavation. Il pourra donc s'accumuler autour du Maar un bourrelet de débris de roches non volcaniques, puis du tuf et enfin un cône de scories jusqu'à ce que le Maar se soit transformé en cratère véritable.

Parmi les Maars qui sont devenus plus tard des cratères actifs, il faut citer le lac de Laach, si remarquable par ses beautés pittoresques. Ce lac présente une surface ovale d'environ 9¹/₂ kilomètres carrés. Ses bords escarpés sont constitués par du schiste argileux devonien et par de l'argile à lignites de l'époque tertiaire. Au-dessus de ces roches, on rencontre, en divers endroits, des couches de tuf et de scories mélangées avec d'autres roches

volcaniques remarquables par leur richesse minéralogique.

Le Vandama, dans l'île de Gran-Canaria, se rapproche du plus grand des Maars, le lac de Laach, par son étendue, puisque le diamètre de ce lac est de 3750 mètres. Le Pupakisee, dans la Nouvelle-Zélande, présente cet état intermédiaire entre le Maar et le cratère que le lac de Laach et le Vandama nous ont déjà présenté. Il est situé au centre d'un grand nombre de petits Maars véritables et est entouré d'un cône de tuf d'environ 30 mètres d'élévation.

On connaît encore beaucoup d'autres districts où l'action volcanique semble s'être épuisée par la formation d'un grand nombre de volcans, comme dans l'Eifel, en Auvergne et dans la Campagne romaine, et où chacun de ces volcans est resté à la première période de sa formation. Dans toutes les contrées volcaniques étendues où se trouvent des montagnes élevées, on rencontre, à côté de ces grandes montagnes, des cônes isolés et à l'état le plus simple.

Le même cratère peut donner naissance, après des intervalles plus ou moins longs, à des éruptions répétées. Chacune de ces éruptions rejette de nouvelles laves et de nouvelles masses de scories et de cendres qui se superposent couche par couche, en alternant un grand nombre de fois, et finissent par transformer le petit cône primitif en une montagne élevée. La hauteur et la circonférence d'une montagne volcanique peuvent donc, jusqu'à un certain point, témoigner de l'activité prolongée du volcan ou de la violence de ses éruptions.

Le tableau suivant nous donne la hauteur des volcans les plus connus :

NOM DU VOLCAN	HAUTEUR au-dessus de la mer	NOM DU VOLCAN	HAUTEUR au-dessus de la mer
	mètres		mètres
Lago d'Agnano	6	Awatscha	2738
Tinakura (îles S ^a -Cruz)	84	Tengger	2915
Tanna (Nouv.-Hébrides)	144	Schewelutsch	2300
Taal	290	Etna	3400
Volcano (îles Lipari)	408	Pic de Teyde (Ténériffe)	3803
Isalco	659	Erèbe	3900
Stromboli	925	Pasto	4207
Rocca monfina	1025	Mauna Loa	4303
Vésuve	1240	Pichincha	4980
Xorullo	1343	Kliutschewskaja Sopka	5014
Hekla	1654	Sangay	5360
Tuxtla	1706	Popocatepetl	5568
Guntur	2034	Cotopaxi	5904
Tongariro	2166	Gualatieri ou Sahama	6990
Volcan de Bourbon	2503		

Les chiffres contenus dans ce tableau ne peuvent nous donner exactement la mesure de l'importance des volcans. Ils expriment en effet la hauteur du sommet de la montagne au-dessus du niveau de la mer, mais ils ne nous disent pas si la base du cône éruptif est située sur un haut plateau ou sur une montagne non volcanique. On comprend facilement que pour juger de l'importance d'un volcan, son altitude relative, c'est-à-dire la hauteur comprise entre sa base et son sommet a seule quelque importance. Malheureusement nous ne possédons qu'un très-petit nombre de mensurations exactes de ce genre et cependant le rang relatif des volcans devient tout différent par ces mensurations, comme on peut s'en assurer en jetant les yeux sur cet autre tableau :

NOM DU VOLCAN	HAUTEUR	HAUTEUR
	relative	absolue
	mètr.	mètr.
Monte Nuovo	143	143
Puy de Parioux	250	1338
Puy de Dôme	302	1390
Xorullo	493	1343
Tuncuragua	524	3357
Ceboruco	528	1677
Ngaruhue (cône éruptif le plus élevé du Tongariro)	534	2167
Monte Ferru (Sardaigne)	677	1076
Guntur	1310	2034
Tangkuban Prah	1334	2010
Gualatieri	1500	6990
Cotopaxi	2900	5904
Etna	3200	3400
Kliutschewskaja	5014	5014

Les puissantes montagnes volcaniques des Andes qui atteignent près de 7,000 mètres d'altitude n'occupent donc pas, d'après ces calculs, le premier rang parmi les volcans. Le plus haut des volcans est au contraire le Kliutschewskaja Sopka, dans le Kamtschatka, qui s'élève, sur le bord de la mer, à une altitude de 5,014 mètres et est entièrement composé de matériaux volcaniques. L'Etna est aussi un des volcans les plus puissants. Libre de tous côtés, il s'élève à une hauteur de 3,400 mètres; il dépasse ainsi tout le fouillis des montagnes siciliennes et semble dominer toute l'île. Sa base repose sur cette côte favorisée où la végétation la plus luxuriante s'épanouit, même en hiver, et son sommet se dresse dans ces régions froides d'où la glace et la neige ne disparaissent jamais. Cette hauteur colossale, si riche en contrastes, peut être embrassée

d'un seul coup d'œil lorsqu'on est en mer, et il n'existe peut-être pas sur la terre une autre montagne d'un aspect aussi imposant.

Il est facile de concevoir, d'après la façon dont nous avons expliqué la structure de ces montagnes, que les volcans en activité depuis des milliers d'années, auraient peu à peu formé des montagnes d'une hauteur incommensurable, si de temps en temps ils n'avaient détruit en partie leur ouvrage de plusieurs siècles.

En général, une activité volcanique modérée et égale augmente la hauteur des montagnes, parce que les produits éruptifs solides s'accumulent à leur sommet et sur leurs flancs. Mais les volcans qui se font remarquer par des alternatives de repos et d'éruptions puissantes, détruisent souvent partiellement et bouleversent la structure régulière de la montagne. Dans ces cas, le canal d'éruption (la cheminée volcanique) se bouche habituellement pendant la période de repos, de telle sorte que les vapeurs ne peuvent pas s'échapper lorsqu'une éruption se prépare. Elles s'accumulent donc dans les profondeurs de la terre jusqu'à ce que leur force devienne assez considérable pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à leur sortie. Elles s'échappent alors, dans une explosion terrible, en projetant dans l'air la masse rocheuse qui les surmontait.

C'est pour ce motif que la hauteur d'un volcan à activité irrégulière est sujette à des oscillations. Le Vésuve nous fournit le meilleur exemple de ce genre. Le cône actuel, qui est en activité depuis les temps historiques, est, tantôt plus, tantôt moins élevé que les restes du cratère préhistorique connu sous le nom de Somma. Pendant ce siècle, en 1832, il avait 1,170 mètres (Hoffmann), sa moindre élévation; il s'éleva en 1855 à 1,318 mètres (Schiafone) et retomba vers la fin de l'éruption à 1,267 mètres (J. Schmidt). En novembre 1867 il atteignit la plus grande hauteur qu'il ait jamais possédée, 1,424 mètres (Schiaparelli), mais qu'il n'a point conservée non plus.

Cependant on connaît des exemples de changements bien plus considérables que ceux du Vésuve. En 1845 l'Hekla s'abaissa de 170 mètres, à la suite d'une éruption. — On rencontrait autrefois dans l'île de Timor un volcan dont l'activité était presque continue, mais qui fut complètement détruit à la suite d'une éruption, en 1638. La cavité qui en résulta est actuellement occupée par un lac. — Le Tumboro, situé dans l'île de Sumbava et qui a 2,830 mètres de hauteur, avait, dit-on, avant la grande éruption de 1815, l'une des plus formidables que nous connaissions, plus de 1,300 mètres de plus. Cette catastrophe