

## CHAPITRE VINGT-TROISIÈME.

## DES VOLCANS.

L'ÉTUDE que nous avons faite de la température intérieure du globe, et l'examen des phénomènes que nous venons de décrire, nous autorisent à penser que la terre est une masse incandescente et fondue, recouverte par une croûte solide d'une certaine épaisseur. Sur plusieurs points, il existe des communications entre l'extérieur et l'intérieur, et le feu central se manifestant du dedans au dehors, produit une série de phénomènes plus ou moins intenses et plus ou moins différens. L'effet et la cause sont confondus sous le nom de *volcan*, quoique cependant on donne le nom de *foyer* au point intérieur d'où provient la puissance volcanique, et celui d'*éruption* à l'ensemble des phénomènes qui sont le résultat de cette force.

Le foyer peut être plus ou moins actif, et les éruptions plus ou moins nombreuses.

Celles-ci sont ordinairement composées de dégagemens de gaz très-abondans, d'éjections de matières sableuses et pulvérulentes, de masses de pierres solides ou demi-fondues, de courans pâteux et incandescens, qui se solidifient par le refroidissement. Elles sont presque toujours accompagnées de flammes et de chaleur, de bruits souterrains et de tremblemens de terre.

Souvent le volcan s'ouvre sur une montagne qu'il

recouvre de ses déjections pierreuses ou pulvérulentes; quelquefois il accumule les matières en assez grande quantité pour former lui-même un monticule au milieu duquel est l'ouverture qui communique au foyer. L'expulsion rapide de matières pulvérulentes, s'opposant à ce que les matières lancées à une certaine hauteur retombent précisément sur l'orifice, il se forme un creux régulier, arrondi, ayant la forme d'un entonnoir ou d'un cône renversé, et que l'on désigne sous le nom de *cratère*. Il en résulte que le cratère est souvent placé au sommet d'une montagne conique, produite par les déjections du volcan. C'est l'orifice par lequel s'échappent ordinairement les matières gazeuses, et quelquefois aussi les masses fondues que l'on connaît sous le nom de *laves*.

Il n'est pas nécessaire que toutes ces circonstances et ces divers détails de forme extérieure se présentent pour constituer un volcan, car il arrive quelquefois que l'éruption se fait par une simple fente au milieu du sol, ou par le flanc plutôt que par le sommet de la montagne. Une éruption peut aussi avoir lieu sans tremblement de terre, sans secousses, sans épanchement de lave, mais jamais sans dégagement de chaleur et de matières gazeuses.

On voit que certaines éruptions se rapprochent par conséquent des simples dégagemens de gaz enflammés que nous avons décrits, et de la simple apparition d'une source thermale. Il y a en effet le plus grand rapport entre tous ces phénomènes, et nos définitions ne peuvent pas être exactes quand la nature groupe elle-même des effets analogues autour d'une cause unique.

Pour mettre de l'ordre dans l'étude de phénomènes si importans, nous allons d'abord décrire d'une

manière générale les éruptions volcaniques. Nous examinerons ensuite le nombre et la situation géographique des principaux volcans, ainsi que les phénomènes particuliers que nous ont offerts leurs éruptions, et nous terminerons en exposant la théorie qui paraît le mieux s'adapter aux faits nombreux que nous allons décrire.

#### ÉRUPTIONS VOLCANIQUES.

Il est assez rare qu'une simple fente donne issue aux matières volcaniques. Elles s'échappent presque toujours d'un cône composé de diverses matières scorifiées qui sont sorties de l'intérieur et qui se sont déposées assez régulièrement autour de la bouche qui les a lancées. Ce cône atteint quelquefois une très-grande élévation au-dessus du niveau de la mer ou au-dessus de la plaine qui le supporte; mais il faut faire attention que ce ne sont pas toujours les matières incohérentes et volcaniques qui le composent en entier. Elles ne font souvent que le recouvrir, et bien que l'élévation soit produite par la force volcanique, il faut la distinguer d'un simple amoncellement de scories et de pouzzolanes. Dans le premier cas, c'est un *centre ou un cratère de soulèvement* sur lequel nous reviendrons par la suite; dans le second, c'est un *cône ou cratère d'éruption*, c'est-à-dire formé par des matières rejetées de l'intérieur au dehors. Quand il existe au sommet un cratère, il est plus ou moins profond et plus ou moins large; mais ses caractères varient à chaque éruption, à moins qu'elle ne sorte des flancs de la montagne. La hauteur du cône, comparée à la circonférence de la base, est  $\frac{1}{28}$  pour le pic de Ténériffe, d'après M. de Humboldt; de  $\frac{1}{35}$  pour le Vésuve, et de

$\frac{1}{34}$  pour l'Étna, selon les observations de M. de Buch. La largeur du cratère du pic de Ténériffe est de 300 pieds dans un sens et de 200 dans un autre; celle du volcan de Pariou en Auvergne est de 300 pieds.

Pendant leur période de tranquillité, les volcans laissent seulement échapper quelques vapeurs blanchâtres, qui se répandent dans l'air, ou de larges colonnes de fumée qui s'échappent des fissures du sol; mais lorsqu'une éruption se prépare, la scène change, et des signes certains annoncent l'approche du phénomène.

Les premiers indices sont des bruits souterrains qui se prolongent très-loin et agitent le sol d'une manière sensible; en même temps la fumée paraît au sommet du volcan; elle s'élève, sa colonne augmente d'épaisseur, prend une teinte plus foncée, et monte perpendiculairement si le temps est calme et si le vent ne lui imprime pas sa propre direction. Des secousses plus ou moins violentes ébranlent la montagne, et alors se manifestent une partie des phénomènes que nous avons décrits dans le chapitre précédent. Le dégagement des matières gazeuses continue d'avoir lieu; la vapeur d'eau s'unit à une épaisse fumée que viennent sillonner quelques flammes, et bientôt s'affaissant par leur propre poids, ces épaisses vapeurs retombent sur la bouche dont elles s'échappent, en enveloppant la montagne d'un brouillard épais et fétide qu'une lueur pâle et affaiblie vient parfois illuminer. Il semble que des phénomènes électriques se passent dans l'atmosphère qui entoure la montagne enflammée. La foudre éclate et la pluie tombe, sans que les torrens d'eau puissent affaiblir l'intensité des flammes et l'émission des sables incandescens qui s'élancent en gerbes et retombent décolorés sur les flancs de la montagne.

Des pierres rougies sont lancées à des hauteurs immenses et retombent animées d'un mouvement de rotation rapide qui influe sur la forme qu'elles conservent après leur refroidissement. Des nuages de cendres s'échappent aussi des cratères, se mêlent aux vapeurs et voyagent, portés par les vents, à d'énormes distances, ou bien, entraînés par les pluies, ils retombent et forment ces torrens de boue dont la puissance est si grande et qui s'étendent au pied du cône, sur les flancs duquel ils ont ruisselé. Les déjections de scories continuent, de nouvelles gerbes enflammées se font jour au milieu des masses de vapeur noire; de nouvelles scories se joignent à celles qui gisent déjà sur les pentes, et les éclats du tonnerre, qui ajoutent encore à l'horreur et à la magnificence du spectacle, préludent à de nouvelles secousses et à de nouveaux efforts. Bientôt tous ces phénomènes semblent s'agrandir, et la lave, qui depuis long-temps bouillonnait dans le cratère dont les parois résistaient à sa pression, brise le cône de scories, fond les matières qui la retenaient captive, et s'échappe comme un fleuve de feu dont les sources ardentes semblent intarissables. On voit alors ce courant marcher avec une rapidité que déterminent et le point d'éruption et la pente sur laquelle il se répand; on le voit grandir, avancer, s'étendre et s'élargir; on le voit lutter contre tous les obstacles, surmonter les irrégularités du sol, enflammer les forêts, envahir les villages et les champs cultivés, et couvrir de fertiles campagnes d'une couche pierreuse impénétrable à la fois au fer des hommes et aux rayons du soleil. Rien de plus magnifique, rien de plus déchirant que de voir, la nuit, cette longue bande enflammée porter la désolation et la mort sur des plaines auparavant fertiles et peuplées, et de voir ensevelir pour toujours ces villes

déjà bâties sur d'anciens courans refroidis. Mais enfin, les sources de feu tarissent, et le courant avance toujours; de nouvelles gerbes s'élèvent encore des cratères, des cendres sont lancées dans l'atmosphère, qui, moins agitée, paraît fatiguée de la lutte; des vapeurs se dégagent encore, mais bientôt elles cessent, et quelques fumaroles, dispersées dans l'intérieur du soupirail, s'échappant des fissures du cône, restent pour indiquer qu'une puissante action sommeille et que son réveil viendra renouveler un jour des désastres dont Dieu seul peut connaître l'étendue et la fin.

Tels sont les phénomènes généraux que nous offrent les éruptions volcaniques. Nous allons maintenant étudier en détail chacun de leurs effets, à l'exception des tremblemens de terre, dont nous avons déjà parlé. Nous décrirons successivement les éruptions de matières gazeuses, pulvérulentes et solides, et nous terminerons par l'examen de quelques effets particuliers à certains volcans ou à certaines localités. Dans cet examen, nous aurons fréquemment recours à un ouvrage qui, quoique répandu, mériterait de l'être davantage, à cause de la manière consciencieuse et savante à la fois avec laquelle il est écrit, qualités rares, mais réunies dans les *Considérations générales sur les volcans*, par M. le professeur Girardin, de Rouen.

#### *Des bruits souterrains.*

Les tremblemens de terre qui accompagnent les éruptions volcaniques, sont souvent précédés de bruits sourds et souterrains qui ressemblent à de fortes décharges d'artillerie ou au roulement d'une voiture sur le pavé. Ces détonnations s'entendent de très-loin; car lors de l'éruption du Cotopaxi, en 1744, le mugisse-

ment de ce volcan se fit entendre à Honda et à Monpox, villes situées dans un éloignement de deux cent vingt lieues. Si le Vésuve avait la même intensité de force volcanique, on devrait entendre son bruit, d'après cet exemple, jusqu'à Dijon ou à Prague (1).

Ce n'est pas au moyen de l'air que le son se propage à d'aussi grandes distances, c'est par l'intérieur du sol. Si les éruptions du volcan de Saint-Vincent, celles du Tunguragua, du Cotopaxi que nous venons de citer, retentissent de si loin comme un canon d'un volume immense, le fracas devrait augmenter en raison inverse de la distance; mais les observations prouvent que cette augmentation n'a pas lieu. Il y a plus encore: dans la mer du sud, en partant de Guayaquil pour les côtes du Mexique, MM. de Humboldt et Bompland ont traversé des passages dans lesquels tous les matelots de leur vaisseau furent alarmés par un bruit sourd qui venait du fond de l'Océan, et qui semblait communiqué par les eaux. C'était l'époque d'une nouvelle éruption du Cotopaxi, dont ils se trouvaient éloignés autant que l'Etna l'est de la ville de Naples (2).

Plusieurs fois, en diverses parties de l'Amérique, ces bruits souterrains se soutinrent avec tant d'intensité qu'on les prit pour le son du canon, et qu'ils donnèrent lieu à des dispositions militaires. Ils paraissent, du reste, en rapport avec la force de l'éruption. Dans quatre voyages que fit sir Humphry Davy sur le cratère du Vésuve, au mois de mars 1815, ce savant rapporte qu'il avait appris à estimer la violence de l'éruption d'après la nature de la détonnation. « Un tonnerre

(1) HUMBOLDT, *Géographie des plantes*, p. 53.

(2) Idem, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 34.

souterrain très-sonore et long-temps continué annonçait une explosion considérable. Avant l'éruption, le cratère paraissait parfaitement tranquille, et son fond, sans aucune ouverture apparente, était de cendres. Bientôt des bruits sourds et confus se faisaient entendre, comme s'ils venaient d'une grande distance. Peu à peu le son approchait et ressemblait bientôt à celui d'une artillerie qui aurait été au pied. Alors des cendres et de la fumée commençaient à s'échapper du fond du cratère. Enfin la lave et les matières incandescentes étaient projetées avec les plus violentes explosions (1). »

#### *Émanations gazeuses.*

Les matières gazeuses qui s'échappent pendant les éruptions sont toujours très-abondantes; mais jusqu'à présent on n'y a pas reconnu une grande variété. La vapeur d'eau en constitue la majeure partie. On y trouve ensuite les gaz sulfureux, hydro-chlorique, carbonique, hydro-sulfurique et azote. Ces gaz ne se dégagent pas tous à la fois, il est même assez rare qu'ils sortent pendant une même éruption; mais il faut avouer aussi notre ignorance à cet égard; car c'est très-rarement que l'on a fait des expériences sur ce sujet, et que l'on a pu recueillir et analyser les émanations volcaniques. Il n'y aurait donc rien d'étonnant si l'on venait à annoncer que d'autres matières ont été reconnues dans les émanations gazeuses des volcans.

Ces gaz, seuls ou réunis, mais surtout la vapeur

(1) Sir H. DAVY, sur les phénomènes des volcans. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXVIII, p. 133.

d'eau, souvent mélangés de matières pulvérulentes qu'ils entraînent, constituent ces nuages noirâtres qui s'élèvent en bouffées au-dessus des cratères et qui ressemblent à de la fumée. Souvent ces nuages, sillonnés par des éclairs, ou plutôt éclairés par la réverbération des matières incandescentes qui remplissent l'entonnoir, ressemblent de loin à des flammes qui s'échappent de la montagne comme d'une ardente fournaise. quelques observateurs prétendent même qu'il ne se dégage jamais de véritables flammes des volcans, et qu'il faut rapporter à ces fausses apparences la description précise des observateurs qui les signalent; mais il est bien constaté que des gaz sortent réellement enflammés des cratères.

Les dégagemens de gaz ont lieu principalement par l'orifice ordinaire du volcan, quelquefois par les fissures du cône de scories ou par des fumaroles qui s'établissent à la base. Ils ont souvent une action puissante sur les parois qu'ils traversent, d'autant plus que la vapeur d'eau qui les accompagne aide encore à leur action chimique. Lorsque la lave s'élève dans le cratère, ou lors même qu'elle en a déjà fondu les parois, et qu'elle s'écoule sur le sol, on voit encore des matières gazeuses qui s'en échappent et viennent former des bulles à sa surface.

C'est probablement à cette énorme production de gaz et à la vapeur d'eau soumise à une énorme pression qu'il faut attribuer les bruits souterrains et ce roulement prolongé dont nous avons fait mention.

*Éjections de sables, de cendres, de scories.*

Avant la sortie des laves, on voit lancer par le cra-

tère différentes substances pulvérulentes, accompagnées de fragmens plus ou moins volumineux. Ces produits portent différens noms, suivant leur grosseur et leur nature. On les appelle *cendres* quand ils sont sous forme de poussière fine; *sables* ou *pouzzolanes*, lorsqu'ils se présentent sous forme de petits grains irréguliers et fortement torréfiés; *rapilli*, quand ce sont de petits fragmens plus gros que le sable; *scories*, quand les morceaux sont encore plus gros, poreux dans tout l'intérieur, quelquefois vitrifiés à la surface et généralement légers comparativement aux autres produits volcaniques. Les *bombes*, les *amandes* ou *larmes volcaniques* sont des variétés de scories ou des morceaux de pâte fondue, qui, lancés à une grande hauteur, se sont arrondis en tournant et aplatis en tombant.

Les *cendres* sont la substance même des laves réduite à une extrême ténuité; elles sont grises ou blanches et rarement noires. Elles sont quelquefois composées d'une infinité de petits cristaux principalement feldspathiques, dont les formes se révèlent par l'examen microscopique. Elles s'élèvent souvent des cratères avec de la vapeur d'eau, et se précipitent en couches d'épaisseur variable, qui se tassent d'elles-mêmes pendant qu'elles sont humides, et forment une masse assez compacte. On les a vues aussi se déposer à l'état sec, puis recevoir un grand nombre de larges gouttes de pluie, qui les aggloméraient en globules et donnaient ainsi à ces dépôts une structure oolitique dont on a long-temps ignoré l'origine.

Abondantes dans certaines éruptions, les cendres parviennent à se dégager des vapeurs et le vent les transporte alors à d'énormes distances. Procope assure qu'en 472 celles du *Vésuve* furent portées jusqu'à *Constantinople*, c'est-à-dire à deux cent cinquante

lieues. Celles de l'*Etna*, en 1329, allèrent jusqu'à *Malte*; celles de l'*Hécla*, en 1766, se répandirent à cinquante lieues. *Rome*, *Venise*, sont très-souvent incommodées par les cendres du *Vésuve*. En 1794, toute la *Calabre* fut enveloppée par les nuages épais que les cendres du même volcan produisirent. Beaucoup d'auteurs estiment que celles lancées par les volcans de l'Asie et de l'Amérique se répandent à plus de cent lieues de distance. Dans l'éruption considérable du *Tomboro*, volcan de l'île de *Sumbawa*, qui eut lieu en avril 1815, les cendres vomies par ce volcan s'étendirent sur *Java*, sur *Macassar*, sur *Batavia*; elles parvinrent même jusqu'à *Bencoolen*, à *Sumatra*, qui est aussi éloigné du point de départ que l'*Etna* l'est de *Hambourg*.

La rapidité avec laquelle ces cendres sont entraînées à des distances si considérables, n'a rien qui doive étonner, si on fait attention que la vitesse du vent peut aller jusqu'à cent trente-deux pieds par seconde, ce qui fait vingt-neuf lieues par heure et sept cents par vingt-quatre heures, s'il soufflait pendant tout ce temps dans une même direction et avec la même violence. Ces cendres forment des nuages si épais, que les endroits où elles s'étendent sont plongés souvent dans une obscurité profonde. Dans la fameuse éruption du *Vésuve*, arrivée le 22 octobre 1822, et qui dura douze jours de suite, l'atmosphère était tellement remplie de cendres, que tout le pays, au milieu du jour, fut, durant plusieurs heures, enveloppé de ténèbres profondes, et qu'on allait dans les rues des villages avec des lanternes, comme cela arrive si souvent à *Quito*, pendant les éruptions du *Pichincha*. Dans l'éruption de l'*Hécla*, en 1766, de pareils nuages produisirent une telle obscurité, qu'à *Glaumba*, éloigné de plus de cinquante

lieues, on ne pouvait se conduire qu'à tâtons (1). Le 1<sup>er</sup> mai 1812, un nuage de cendres et de sables volcaniques, venant d'un volcan de l'île *Saint-Vincent*, couvrit toute la *Barbade* (distant de plus de vingt lieues), et y répandit une obscurité si profonde qu'à midi, en plein air, on ne pouvait apercevoir les arbres et autres objets près desquels on était, pas même un mouchoir blanc placé à six pouces des yeux (2). A l'éruption du *Cotopaxi*, le 4 avril 1768, la pluie de cendres fut si forte, qu'à *Saint-Ambato* et à *Tacuaga*, les habitans marchaient dans les rues, pendant le jour, avec des lanternes (3).

Les sables, pouzzolanes ou rapilli qui suivent ou précèdent souvent l'émission des cendres, sont de très-petites scories, mais qui présentent tous les caractères des grandes. On ne conçoit pas trop comment elles se forment; on suppose cependant que les gaz, en s'échappant de la lave incandescente, entraînent de petites parties qui se figent en l'air et se refroidissent assez pour ne plus adhérer en retombant les unes sur les autres. Ces pouzzolanes renferment fréquemment des cristaux de pyroxène; leur couleur est noire ou rouge, quelquefois jaune, quand elles ont été atteintes par des émanations de gaz acides. Les parties les plus fines de ces diverses matières sont souvent entraînées par les eaux loin des cratères d'éruption et vont former des dépôts dans les diverses régions des terrains volcaniques.

Les scories, bombes ou amandes ont la même origine que les pouzzolanes: ce sont de petites masses plus ou

(1) Olaffen's, *Reise durch Island*.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, octobre 1818.

(3) GIRARDIN, *Considérations générales sur les volcans*, p. 56.

moins poreuses, et quelquefois extrêmement légères, qui sont restées long-temps en l'air et qui retombent ainsi presque solidifiées. Quelquefois pourtant elles s'agglutinent encore, mais le plus souvent elles se tassent en tombant et forment des couches dont chaque morceau est séparé des autres, comme le sont les couches de grêlons qui se tassent sur le sol pendant un orage. La surface des scories paraît quelquefois vitrifiée, comme celle de certains aérolithes; leur intérieur est, dans quelques cas, entièrement vitreux; leur couleur est noire, rouge ou blanche, jaune quand elles ont été attaquées par les acides gazeux qui s'échappent pendant les éruptions. Le fer est la matière qui les colore, et il paraît que la coloration tient à son degré plus ou moins élevé d'oxidation, car on voit des scories moitié noires et moitié rouges, d'autres qui présentent l'une ou l'autre de ces deux teintes de la manière la plus intense; la majeure partie est brune et tirant tantôt sur le noir, tantôt sur le rouge. Les scories blanches sont désignées sous le nom de ponces; elles contiennent assez souvent des cristaux de feldspath et des filets blancs et soyeux; leurs fibres sont tantôt parallèles, tantôt entre-croisées; elles ont généralement le grain plus fin que les scories noires ou rouges.

Les bombes volcaniques sont ordinairement plus compactes et plus volumineuses que les scories légères; leur forme est arrondie ou ovale; elles sont souvent aplaties d'un côté et terminées par une espèce de prolongement qui prouve que la matière dont elles ont été détachées était pâteuse et offrait une certaine résistance à la séparation. On remarque aussi qu'un morceau de roche étrangère a souvent servi de noyau à ces singulières scories; quelquefois même un cristal de pyroxène ou de feldspath, un fragment de péridot, etc., ont déter-

miné leur singulière formation. Du reste, les scories et les fragmens de roches étrangères rejetées pendant les éruptions varient autant par leur volume que par leur forme; ceux que le Cotopaxi et le pic de Teyde ont lancés ont plusieurs toises de circonférence. Si ces fragmens ne sont pas toujours en rapport avec l'élévation de la montagne ignivome, ils le sont du moins avec l'intensité d'action que possède chaque volcan.

Ainsi, tandis que le Cotopaxi vomit des morceaux monstrueux que toutes les forces humaines réunies ne pourraient mettre en mouvement, le Stromboli ne lance ordinairement que des fragmens de quelques centimètres de diamètre.

La hauteur à laquelle ces masses s'élèvent dans l'air est souvent prodigieuse. Le P. della Torre raconte (*Histoire du Vésuve*) que, dans le violent incendie du 20 janvier 1755, ayant calculé le temps que les cailloux lancés mettaient à tomber, il le trouva de huit secondes, d'où il conclut qu'ils étaient montés à la hauteur de neuf cent cinquante-six pieds de Paris. Les pierres que lança le Vésuve, en 1779, restèrent en l'air pendant vingt-cinq secondes; l'Etna, en 1669 et en 1819, lança de grandes masses de pierres jusqu'à une lieue de distance. Le Cotopaxi a rejeté, en 1533, des masses de dix mètres cubes à trois lieues au loin de la montagne. M. d'Aubuisson de Voisins a cherché à connaître quelle pouvait être la plus grande vitesse de projection des volcans, et il a trouvé, par le calcul, que cette plus grande vitesse, pour le Vésuve et l'Etna, n'allait pas au-delà de celle qu'ont les boulets, au sortir de nos canons, vitesse qui est de quatre à cinq cents mètres par seconde.

Toutes ces matières solides incohérentes, composées de cendres, de rapilli, de scories, de ponces, de mor-