

CHAPITRE SIXIÈME.

DES COURANS D'AIR DANS LES CAVERNES.

PLUSIEURS grottes, et quelquefois de simples fentes, laissent échapper des courans d'air qui ont souvent occupé les naturalistes, mais dont la théorie paraît maintenant parfaitement établie.

Saussure cite, dans ses voyages, plusieurs de ces caves à air froid. Il commence par celles du mont Testaceo à Rome. L'abbé Nollet les observa dans son voyage en Italie, et trouva leur température de 9 degrés $\frac{1}{2}$, le 9 septembre 1749, tandis que le thermomètre en plein air était à 18, et il remarque que leur fraîcheur est d'autant plus étonnante, qu'elles ne sont point profondes; que l'on descend à peine pour y entrer, et que le soleil frappe pendant une grande partie du jour la porte par laquelle on y entre.

Saussure observe qu'il les trouva, lui-même, encore plus fraîches lorsqu'il les visita le premier juillet 1773. L'air extérieur était à 20 degrés $\frac{1}{2}$; celui d'une de ces caves était à 8; celui d'une autre à 5 $\frac{2}{3}$; et celui d'une troisième à 5 $\frac{1}{4}$. Ces caves sont adossées à la montagne, et occupent presque toute sa circonférence. Les murs du fond sont percés de soupiraux par lesquels entre l'air froid, qui vient lui-même des interstices que laissent entre eux les débris d'urnes, d'amphores et

d'autres vases de terre cuite dont cette petite montagne (d'environ 300 pieds de hauteur) paraît entièrement composée (§ 1405).

Il est encore plus étonnant que, sous un climat plus méridional (celui de Naples) et dans une île comme celle d'*Ischia*, toute volcanique, toute remplie d'eaux thermales, il se trouve un semblable vent frais dans une grotte. Le 9 mars, le thermomètre, à l'ombre, était de 14 degrés; au fond de la grotte, Saussure observa qu'il descendit à 6; et on lui dit que dans les grandes chaleurs il serait descendu encore plus bas. A Ottaiano, au pied du Vésuve, il y a une grotte semblable.

A Saint-Marin, dans le duché d'Urbain, il y a des caves froides au pied d'une sommité de grès sur laquelle est bâtie cette ville. Le 9 juillet, le thermomètre, qui était à 13 degrés en plein air, descendit à 6 dans les caves, qui sont à près de deux mille pieds au-dessus du niveau de la mer (§ 1407).

A Cesi, qui est à six milles au nord de Terni, dans l'État Ecclésiastique, il y a des caves qui sont adossées à un rocher calcaire dont les crevasses laissent échapper un air froid qui en sort avec tant de force qu'il éteignait presque les flambeaux; et dans les jours très-chauds, il est encore plus froid. En hiver, au contraire, le vent s'engouffre avec violence, et d'autant plus que le froid est plus rigoureux.

Lorsque Saussure fit l'épreuve de la température de ce vent souterrain, la journée se trouvait froide pour la saison et le climat, car c'était le 4 juillet, et l'air extérieur n'était qu'à 14 degrés $\frac{1}{2}$, mais le vent qui sortait du rocher n'était qu'à 5 degrés $\frac{3}{4}$ (§ 1408).

Les *cantines* ou *caves froides* de Chiavenne, au nord du lac de Côme, sont aussi adossées à un rocher

qui est au sud-est de la ville. L'air froid entre dans les caves par les crevasses de ce rocher, qui est composé d'une stéatite durcie, tapissée en divers endroits d'asbeste et d'amiant flexible. Le 5 août 1777, à midi, le thermomètre, dans ces caves, était à 6 degrés, tandis qu'à l'air extérieur il était à 17.

Saussure remarque ici que ce n'est point à la nature de la roche qu'on peut attribuer ce refroidissement de l'air, puisqu'à Cési il sort d'une montagne calcaire, à Saint-Marin d'une montagne de grès, et à Chiavenne d'une montagne de stéatite (§ 1409).

Les caves les plus froides que Saussure ait observées sont celles de Caprino, au bord du lac et de la ville de Lugan. Ces caves sont au pied d'une montagne calcaire, dont la pente très-rapide vient se terminer auprès du lac.

Dans la première visite que Saussure fit à ces caves, le 29 juin 1771, le thermomètre qui, en plein air, à l'ombre, était à 21 degrés, y descendit à $4\frac{1}{3}$. La seconde fois qu'il les vit, le premier août 1777, le thermomètre ne descendit que jusqu'à $4\frac{1}{2}$; il était, à l'air extérieur, à 18. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que ces caves ne sont point creusées dans la terre: leur sol est de niveau avec le terrain; le mur de face et le toit sont extérieurement à l'air; il n'y a que le mur du fond et une partie des murs latéraux qui soient enterrés dans le pied de la montagne.

Il faut, ajoute Saussure, que la cause de ce phénomène soit très-étendue; car il y a de ces caves froides jusqu'à Capo-d'i-Lago, à 8 milles de Capoue, et même jusqu'à Mendrisio, qui est encore une lieue plus loin; il y en a même sur la rive opposée du lac; on dit aussi qu'il y en a sur les bords du lac de Côme.

Les caves froides d'Hergisweil, près de Lucerne, sont

les seules que Saussure ait observées en deçà des Alpes. Le village d'Hergisweil est au fond d'un petit golfe du lac de Lucerne. A dix minutes du village, au pied de la montagne, on trouve ces caves froides, qui ne sont autre chose que de petites huttes toutes en bois, excepté le mur du fond qui est, comme à Lugan, appliqué contre les débris accumulés au pied du rocher. Ce mur est en pierres sèches, et c'est par leurs interstices qu'entre dans la cave le vent froid qui sort des débris de la montagne. Le 31 juillet, à midi, le thermomètre qui, en plein air, était à 18 degrés $\frac{3}{10}$, descendit à $3\frac{3}{10}$, dans le fond de la cave.

La montagne est calcaire; elle a ses couches relevées contre les caves; son pied s'avance dans le lac de Lucerne, où il forme un promontoire; c'est une des bases du mont Pilate. Le lac est très-profond auprès de ce rocher (§ 1411).

On trouve en Catalogne des caves très-fraîches situées au pied du volcan du Batet, et qui ont été très-bien décrites par M. de Billy.

« On observe à la base de la montagne un phénomène assez singulier; ce sont des courans d'air froid qui sortent de plusieurs points, et que l'on désigne dans le pays sous le nom de *bufadors*. Ils sont assez forts pour entraîner des corps légers et s'échappent avec plus ou moins de rapidité de quelques excavations creusées naturellement dans les laves et les pouzzolanes de la surface du sol. Plusieurs de ces *bufadors* sont tout près de la Flavia; les plus remarquables se trouvent à Olot même, autour de la place Saint-Cristobal, sur la rive droite de la rivière.

» Suivant le docteur Bolos, ces courans n'amènent ni mauvaise odeur ni gaz étranger; ils ne diffèrent de l'air atmosphérique ambiant que par leur tempé-

rature. Les courans sont plus forts en été, ils sont à peine sensibles et même nuls en hiver; leur température est probablement constante, quoique l'on prétende dans le pays qu'ils sont plus froids dans la première de ces saisons.

» Les maisons construites au-dessus des bufadors en retirent de grands avantages, surtout pendant l'été. Les courans d'air froid répandent de la fraîcheur autour des habitations qu'ils atteignent, et permettent de conserver les substances alimentaires beaucoup plus long-temps que ne le permettrait la température de l'atmosphère (1). »

On connaît aussi en France plusieurs cavernes qui présentent ce caractère. Outre celles qui existent en Auvergne, on en rencontre dans le département de la Drôme, qui ont été décrites par M. Legras.

Sur le territoire de Luc, non loin du lieu appelé le Clap, il existe une fente de rochers longitudinale, large seulement de quelques décimètres, d'où il sort pendant l'été un courant d'air frais, qui est surtout sensible dans le temps des grandes chaleurs; il est alors assez fort pour agiter les feuilles des buissons qui croissent près de là : ce vent cesse lorsque la température vient à baisser, et dans l'hiver il change de direction, c'est-à-dire que l'air extérieur s'engouffre dans la cavité, au lieu d'en sortir; sa vitesse, dans ce cas, est d'autant plus grande que le froid est plus vif.

Pour se rendre compte de ce singulier phénomène, Saussure suppose dans le sein des montagnes de vastes cavernes, qui ne sont pas assez profondes pour être

(1) De BILLY, Volcans éteints des environs d'Olot. *Annales des Mines*, 2^e série, t. IV, p. 196.

inaccessibles à la chaleur de l'été et au froid de l'hiver, et qui le sont cependant assez pour que d'une saison à l'autre la température n'y varie que de quelques degrés. L'air qui s'y trouve renfermé étant, dans cette hypothèse, successivement condensé et dilaté, donne lieu à une aspiration et à une expiration alternatives rendues sensibles par un courant à l'extrémité des issues étroites par lesquelles ces cavernes communiquent au jour. D'après le même auteur, l'air, en sortant, est refroidi par l'évaporation de l'eau qui suinte des parois de presque toutes les grottes; et c'est pour cette raison que sa température est constamment au-dessous de la moyenne des lieux.

Quelque grande que soit l'autorité de Saussure, dit M. Legras, les progrès récents de la physique ne permettent pas d'admettre son explication, au moins en totalité. On sait aujourd'hui que l'air ne se dilate, pour un degré centigrade, que de 0,00375 de son volume à zéro; par conséquent, une grotte de 1,000 mètres cubes de capacité, dont la température moyenne serait de 10°, et où le thermomètre varierait de 3° en dessus et au-dessous de ce terme, ne pourrait fournir, au plus, que 2,88 mètres cubes d'air : si l'on donne à l'orifice de sortie une surface seulement d'un décimètre carré, et au courant une vitesse de cinquante centimètres par seconde, en moins d'une heure et quatorze minutes tout cet air serait écoulé. Quelle immensité tout-à-fait invraisemblable et même impossible ne faudrait-il pas attribuer à cette caverne, si elle pouvait alimenter un vent violent et continu pendant tout l'été! D'un autre côté, il a été nécessaire de supposer son intérieur inaccessible aux variations journalières de la température. Or, ceci ne s'accorde point avec cette circonstance très-remarquable du phénomène que, pendant l'été, la vio-

lence du vent augmente ou diminue en même temps que la chaleur ; on pourrait encore objecter avec raison que l'air qui séjourne dans les grandes cavités souterraines est toujours saturé d'humidité et par conséquent impropre à produire une évaporation capable d'abaisser sa température de plusieurs degrés.

L'explication suivante est, selon M. Legras, plus simple et s'accorde mieux avec les faits :

« Il suffit d'admettre que les cavités dont il s'agit, sans avoir des dimensions extraordinaires, communiquent au dehors par plusieurs crevasses, les unes situées à la base de la montagne, et par lesquelles s'échappent les vents frais, les autres existantes à un niveau plus élevé, et ignorées ; leur température intérieure doit être à peu près constante, et, comme on le verra bientôt, plutôt au-dessous qu'au-dessus de la moyenne du pays en été. L'air souterrain étant plus froid, et par conséquent plus pesant que l'air extérieur, doit s'écouler par les ouvertures inférieures, de la même manière qu'un liquide qui s'échappe d'un vase : ce qui produit un courant froid sortant par le bas et un courant chaud entrant par le haut. En hiver, c'est tout le contraire ; l'air intérieur, étant spécifiquement plus léger que le reste de l'atmosphère, s'élève : le sens des courans est alors interverti. On conçoit facilement que, dans les deux cas, la vitesse de l'air doive être d'autant plus grande que la différence des densités, au dehors et au dedans, est elle-même plus considérable. Pour expliquer comment la grotte ne s'échauffe pas, et reste même au-dessous du tempéré, l'évaporation imaginée par Saussure est tout-à-fait admissible et suffisante, parce que dans l'hypothèse où nous sommes placés, l'air qui entre est sec et se renouvelle sans cesse. Cependant il est à croire qu'en général la température in-

érieure s'élève peu à peu en été, et qu'elle a atteint son *maximum* en automne ; circonstance que favorise la rentrée de l'air dès les premiers froids. Il pourrait arriver que, par suite d'une évaporation abondante, la grotte restât très-froide durant toute la belle saison ; alors nécessairement, en hiver, le courant ascensionnel serait nul ou très-faible, l'équilibre de température se trouvant à peu près rétabli.

« L'expérience, continue M. Legras, ne dément point cette conséquence ; et il pense même que c'est le cas de la grotte de Gerolstein, sur les bords du Rhin ; le vent qui en sort en été est très-humide et tellement froid, qu'il tapisse d'une couche de glace fort épaisse les rochers exposés à son souffle. En hiver, il s'arrête, et la glace cesse de se déposer (1). »

La même explication s'applique parfaitement aux cavités de la coulée de Côme, en Auvergne ; elle convient aussi on ne peut mieux aux *bufadors* du volcan de Batet, et M. de Billy avait déjà donné cette théorie en 1828, et par conséquent avant M. Legras.

« La connaissance de la structure de Batet, dit M. de Billy, facilite l'explication de ce phénomène en apparence si extraordinaire ; le son sourd que rend cette montagne sous les pieds, ou quand on y laisse tomber un corps pesant, fait présumer qu'elle renferme des cavités. On observe, en outre, assez près du sommet, des ouvertures que l'on dit très-profondes, qui pourraient bien communiquer avec les cavernes. Si, de

(1) Institut, 21 octobre 1835. Voyez aussi, pour la description de la grotte de Gerolstein, JEAN REYNAUD, sur les Formations volcaniques des bords du Rhin, *Annales des Mines*, 5^e série, t. II, p. 396.

plus, celles-ci étaient liées avec les trous au travers desquels les courans d'air s'échappent, il y aurait communication entre les *busadors* et les ouvertures du sommet de la montagne, et la chose s'expliquerait tout naturellement de la même manière que l'airage d'une mine au moyen de galeries dont les ouvertures sont à des niveaux différens. Toutes les circonstances du phénomène sont d'accord avec cette explication : la constance de la température, l'augmentation de la force du courant en été, sa faiblesse ou sa nullité en hiver, etc. (1). »

Les cavernes, présentant des issues naturelles aux différens corps qui s'échappent de l'intérieur du globe, deviennent quelquefois le siège de plusieurs autres phénomènes qui trouveront place dans la suite de cet ouvrage.

(1) De BILLY, Volcans éteints des environs d'Olot, *Annales des Mines*, t. IV, p. 196.—1828.

CHAPITRE SEPTIÈME.

DES FORCES AGISSANTES OU CRÉATRICES

A LA SURFACE DE LA TERRE.

Nous connaissons maintenant la terre où nous vivons, et qui plus tard recevra nos dépouilles. Nous savons qu'elle est enveloppée d'une vaste atmosphère dans laquelle se passent des phénomènes aussi fréquens que variés. Nous avons vu sa surface sillonnée par de nombreux cours d'eau, et ses bassins occupés par de grands amas de liquide. Nous avons remarqué les inégalités dont elle est couverte, et enfin, pénétrant autant que nous l'avons pu dans son intérieur, nous avons reconnu qu'elle était formée de couches de sédiment appliquées les unes sur les autres et traversées çà et là par des roches massives et cristallisées, qui souvent ont dérangé la symétrie des premières et les ont brisées ou disjointes. Dans une foule de circonstances, nous avons trouvé des débris de corps organiques enfouis à de grandes profondeurs, irrégulièrement dispersés dans les roches, et appartenant souvent à des espèces qui n'existent plus maintenant. Indépendamment de tous ces phénomènes, nous voyons des volcans couvrir le sol de leurs laves, des tremblemens de terre soulever de grands espaces et en abîmer d'autres; des eaux thermales s'élever en bouillonnant, et déposer autour d'elles