

réduisent à des pressions contre la paroi inférieure de l'enveloppe.

La masse liquéfiée s'est souvent injectée de bas en haut dans l'épaisseur de la croûte. Les coulées qu'elle y a déposées conservent encore de nos jours une chaleur propre et ne sont pas toutes entièrement refroidies. On a creusé en Italie, il y a quelques années, un puits profond, dans lequel l'accroissement de la température est d'un degré pour moins de vingt mètres. Ce puits se trouve précisément dans le voisinage d'une de ces masses injectées.

57. Il suffit de descendre à la profondeur d'un petit nombre de mètres pour trouver une température presque invariable, que les ardeurs du soleil ou les froids de l'hiver cessent d'influencer, et qui est, à fort peu près, la température moyenne du lieu. Les caves de nos habitations jouissent déjà de cette température presque constante, et c'est le contraste de ce terme moyen avec la température extérieure qui les fait paraître fraîches en été et chaudes en hiver. Les puits, dont les eaux séjournent à une profondeur constante et généralement peu considérable, fournissent avec une assez grande exactitude la température moyenne du pays. Les sources présentent à peu près le même phénomène. Cependant, d'après *Wahlenberg*, dans les contrées septentrionales leur température est un peu supérieure à la moyenne du lieu.

Les sources sont produites, en effet, par des eaux qui ont accompli un cours souterrain. Dans le trajet, le filet

liquide a traversé des couches d'autant plus chaudes qu'il a pénétré à une plus grande profondeur. S'il descend, au contraire, des parties élevées de la montagne, il apporte la température froide des régions supérieures. La température d'une source fournit en quelque sorte l'histoire de son trajet souterrain.

Au Mont-d'Or, en Auvergne, une source thermale de 45° et une source froide de 10° jaillissent à quelques mètres de distance : l'une vient évidemment des profondeurs du terrain et l'autre des couches moyennes de la montagne. L'eau du puits artésien de Grenelle, qui s'élève rapidement d'une profondeur de plus de 500 mètres, arrive au jour avec une température de 25°. Parmi les sources naturelles, les *Aguas calientes de las Trincheras*, au sud de Porto-Cabello, ont 97° de chaleur. La source la plus chaude de l'Europe, celle de Chaudes-Aigues, a 80°.

Non seulement les sources thermales ne paraissent point s'épuiser, car on a pu reconnaître presque toutes celles que les anciens ont décrites, mais leur température s'est conservée, depuis qu'on l'observe, sans notables variations.

Si la profondeur était plus grande encore, l'eau serait réduite en vapeur, comme au Geyser d'Islande. Mais ce phénomène se lie déjà à celui des éruptions volcaniques, que nous devons laisser aux géologues.

L'échelle croissante des températures dans la croûte solide du globe fournit ainsi l'explication des phénomènes qui se rattachent aux eaux souterraines. La

s'effacer à 19 fois (racine carrée de 365) la profondeur où s'efface le flux diurne. L'expérience a pleinement confirmé cette loi. A vingt mètres de profondeur, le thermomètre ne varie plus d'un centième de degré dans l'intervalle de six mois.

On a donné le nom de *couche invariable* à celle qui sert pour ainsi dire de limite à la pénétration du flux annuel. On vient de voir que cette couche se rencontre dans nos climats à la profondeur d'environ vingt mètres. Mais sous les tropiques, où les différentes saisons offrent de moins grandes variations de température, où l'état du thermomètre est plus constant, la couche invariable doit se rapprocher de la surface. *Boussingault* avait remarqué qu'au Pérou et à la Nouvelle-Grenade, il suffit de creuser à un mètre, ou même à un demi-mètre de profondeur, pour rencontrer presque exactement, en toute saison, la température moyenne de l'année. Cependant les observations de *Caldecott*, faites à Trevandrum, près de la pointe méridionale de l'Inde, et transmises à l'Académie de Bruxelles, montrent que dans certaines contrées des tropiques, où les excursions du thermomètre exposé à l'air libre sont plus grandes, le flux annuel fait descendre le niveau de la couche invariable.

Au reste, le flux diurne et le flux annuel de chaleur ne pénètrent dans le sol qu'avec une très grande lenteur. A quelques décimètres de profondeur, la chaleur versée pendant le jour ne parvient que pendant la nuit suivante, en sorte que les heures du maximum et du

minimum sont complètement renversées. Il en est de même pour les saisons, à huit ou dix mètres de profondeur.

La nature des terrains, leur conductibilité pour la chaleur, influent d'ailleurs sur la facilité avec laquelle le flux diurne et annuel les traversent. La roche semble transmettre la chaleur un peu plus rapidement et plus profondément que le sable.

60. Outre la propagation verticale de la chaleur solaire dans le sein de la terre, il faut encore tenir compte de sa propagation latérale de parallèle à parallèle. De même que la chaleur pénètre verticalement dans le sol de haut en bas, de même aussi le sol échauffé des tropiques transmet latéralement vers les régions polaires une partie de son excès de température. Il s'établit donc, dans la couche superficielle du globe, un courant de chaleur permanent, qui transporte vers les pôles de la terre une partie de la chaleur versée par le soleil sur le sol des tropiques. Arrivée aux pôles, cette chaleur se dissipe par le rayonnement. Or, si lente que soit la propagation du calorique dans le sol, cette vaste circulation superficielle a dû finir par s'établir après un certain nombre de siècles. Elle concourt à adoucir le climat des régions polaires dans une proportion qui n'est pas encore assignée.

distribution de la chaleur y affecte une invariabilité que les siècles même ne troublent pas; et si le globe se refroidit encore au milieu de l'espace glacé où il est suspendu, c'est avec une lenteur qui efface tout effet sensible dans la durée des temps historiques.

Mais à la partie tout à fait supérieure de la croûte, les rayons solaires modifient chaque jour et chaque année la température du sol. Le flux de chaleur qui parvient, durant la journée, à la superficie du terrain, s'y enfonce en s'affaiblissant rapidement. Des thermomètres enterrés à quelques décimètres de profondeur montent chaque jour par l'action du soleil et s'abaissent par suite du refroidissement nocturne, comme les thermomètres placés à l'air libre.

58. Pour observer commodément ces mouvements de la chaleur, on enterre la boule du thermomètre dans la

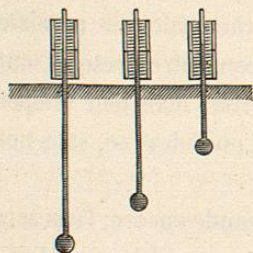


Figure 6.

couche dont on veut étudier les variations de température, et l'on emplit le tube prolongé de l'instrument de manière à faire toutes les lectures de l'échelle au-dessus de la surface du sol. Dans cette combinaison, la colonne traverse, il est vrai, des couches d'une température différente, mais le volume du liquide renfermé dans le tube est peu considérable par rapport au volume de la boule; et si l'on connaît la température des diverses couches intermédiaires, on

pourra calculer une correction, toujours faible, qui restituera la précision aux observations.

C'est avec de semblables thermomètres, et en tenant compte de la dilatation ou de la contraction de la colonne renfermée dans le tube, que la marche de la chaleur solaire dans l'intérieur du sol a été étudiée. *Forbes*, à Édimbourg, et *Ad. Quetelet*, à Bruxelles, ont fait les premières séries régulières d'observations. Le flux diurne de chaleur diminue rapidement d'amplitude avec la profondeur. Il suffit d'enterrer de quelques centimètres la boule de l'instrument, pour réduire son oscillation diurne à un petit nombre de degrés. Avant d'être arrivé à un mètre de profondeur, la chaleur versée pendant la journée a cessé complètement d'être sensible.

Mais si le flux diurne s'efface au delà d'une couche d'un mètre d'épaisseur, le flux annuel pénètre à une profondeur plus considérable. Au-dessous de la première couche d'un mètre on n'aperçoit plus les différences du jour et de la nuit, mais on éprouve encore très distinctement celles de l'été et de l'hiver. Toutefois l'amplitude du flux annuel diminue elle-même avec rapidité: à dix mètres elle n'est plus guère dans nos climats que d'un degré.

59. *Fourier* avait trouvé, par la théorie, que les profondeurs auxquelles les différents flux de chaleur deviennent insensibles sont proportionnelles aux racines carrées des périodes. Ainsi, comme la période annuelle renferme 365 périodes diurnes, le flux annuel doit