

bonne constamment et d'immenses nuages de vapeurs s'élèvent, réfléchissant la couleur azurée de l'eau. Sur les pentes de la montagne il s'est formé des terrasses semblables à du marbre blanc et qui donnent à l'ensemble l'aspect d'une cataracte en escalier, subitement solidifiée. Chacune de ces terrasses possède un bord relevé, d'où pendent de délicates stalactites de tuf siliceux blanc, et qui environne une plateforme tantôt étroite, tantôt large, pleine d'eau d'un bleu magnifique. Souvent, toute l'eau du grand bassin supérieur est subitement rejetée par une éruption et le bassin semble tout à fait vide, mais au bout de peu de temps il se remplit de nouveau.

Non loin de là, et près de la rive, on trouve le grand tourbillon de *Ngahapu*. L'eau contenue dans le bassin de cette source est toujours dans un état d'excitation violente et est souvent projetée à plus de 3 mètres de hauteur. La colonne d'eau de la source de *Te-Takupo* s'élance au moins trois ou quatre fois plus haut. Une autre source jaillissante, le *Koingo*, présente trois à quatre éruptions par jour et alterne avec le tourbillon voisin de *Watapoho*.

Sur la rive occidentale du Rotomahama on trouve un autre tourbillon en terrasse, l'*Otukapurangi*, le pendant du Te-ta-rata. Les marches de tuf descendent jusqu'au lac et l'eau contenue dans le bassin est actuellement tranquille, mais enveloppée de vapeurs denses.

Le district à geysers de Whakarewarewa se trouve à 22 kilomètres au sud-ouest d'Ohinemutu. Sept sources y présentent des éruptions périodiques : quelquefois elles sont toutes en éruption en même temps. On rencontre en outre dans ce même district des centaines de sources chaudes et de bassins remplis de vase bouillante.

La baie Ruapeka, au lac Rotuoa, présente un aspect analogue de tourbillons et de vapeurs (fig. 35). La source principale de ce district est le tourbillon de *Waikiti*. L'eau renfermée dans son bassin ne reste en repos que pendant peu de temps; alors elle commence à bouillonner et elle est souvent projetée en l'air à quatre mètres de hauteur.

EXPLICATION DES GEYSERS.

Les phénomènes merveilleux des sources jaillissantes intermittentes ou geysers apparaissent tous dans des contrées volcaniques, et l'activité de ces sources est entretenue par la chaleur

volcanique. Ces phénomènes appartiennent donc complètement à la catégorie des actions volcaniques.

L'explication de ces phénomènes est un peu compliquée, quoiqu'il ne reste plus aucun doute sur la cause qui les produit.



Fig. 35. — Rotuoa, sources chaudes en Nouvelle-Zélande.

Voici en peu de mots le résumé des caractères essentiels des geysers qu'il est nécessaire de connaître, si l'on veut comprendre leur mode de formation. Un cône tronqué et aplati de tuf siliceux présente à son sommet un bassin en forme de cratère qui se prolonge dans les profondeurs de la terre par un tuyau en entonnoir. L'eau chaude se rassemble dans le bassin. Immédiatement après l'éruption, le bassin est vide et ne se remplit que peu à peu jusqu'à ce que l'eau déborde et s'écoule sur les pentes du cône.

Les sources jaillissantes intermittentes se forment parce que l'eau située au fond du tuyau est continuellement échauffée par la chaleur volcanique. Il en résulte que l'eau, comme tout autre liquide chauffé à sa base, acquiert du mouvement et forme des courants. L'eau échauffée de la base est devenue plus légère; elle s'élève au centre jusqu'à la surface où elle s'étale. Une vaporisation considérable s'établit sur cette large surface. L'eau s'y rafraîchit, devient par conséquent plus dense, et retombe le long des parois du tube dans la profondeur, où elle est de nouveau chauffée et plus fortement que la première fois. C'est pour ce motif que l'eau contenue dans les bassins des geysers est dans un mouvement continu comme celle d'un vase chauffé: une colonne d'eau chaude monte par le centre du tuyau, s'étale et se rafraîchit à la surface pour redescendre le long des parois du tuyau.

On peut rendre ce mouvement très-visible dans le bassin du Geyser, en Islande, lorsqu'on jette de petites feuilles de papier au centre du bassin où l'eau chaude s'élève. Ces feuilles sont alors poussées vers les bords du bassin, puis entraînées vers le fond, d'où quelques-unes sont ramenées au centre du bassin par le courant chaud du centre.

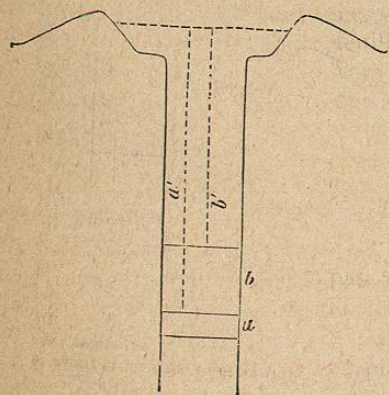


Fig. 36. — Coupe du bassin de Geyser. —
a' Pression sur la couche a; b' pression sur
la couche b, avant la formation des vapeurs.

Lorsque le refroidissement qui s'opère à la surface n'est pas aussi considérable que l'échauffement à la base du liquide, l'eau devient de plus en plus chaude et celle qui est contenue dans les bassins des geysers et qui était d'abord au-dessous de 100° C. peut atteindre peu à peu cette température.

L'eau n'atteint jamais plus de 100° C. à la surface des bassins; il en est du reste de même dans tout vase rempli d'eau bouillante puisque toute chaleur additionnelle est employée à vaporiser l'eau jusqu'à dessiccation complète.

On peut toutefois porter de l'eau à plus de 100° dans un vase fermé et d'où la vapeur ne peut pas se dégager.

La colonne d'eau qui se trouve dans le tuyau d'éruption constitue une occlusion véritable pour l'eau située plus profondé-

ment. La couche *a* (fig. 36) qui se trouve dans le bassin du Geyser ne peut point développer de vapeurs à cause de la pression qu'exerce sur elle toute la masse d'eau supérieure, mais comme elle est toujours plus échauffée par en bas, elle s'élève peu à peu à plus de 100° C. La couche *b* plus élevée que la première peut aussi dépasser 100° parce qu'elle subit aussi la pression de la colonne supérieure, mais sa température restera toutefois inférieure à celle de la couche *a*, parce que la pression qu'elle supporte est moindre. Dès que la température est assez élevée pour que la vapeur développée puisse neutraliser la pression, la vapeur se dégage et l'obstacle qui empêchait sa formation est violemment écarté. C'est pour cette raison qu'un vase clos éclatera dès que l'on arrivera à un certain degré de surchauffement.

Les mesures de température prises dans le bassin du Geyser ont prouvé que la température y augmente avec la profondeur. La température était, en effet, de :

	Mètres.	Degrés.	
Hauteur au-dessus du fond du tuyau.	19,55 (surface de l'eau).....	85,2	} Températ.
	14,75.....	106,4	
	9,85.....	120,4	
	5,00.....	123,0	
	0,30.....	127,5	

L'échauffement continu du sol produit par conséquent un échauffement progressif de l'eau, malgré le rafraîchissement de la surface, et dans le tuyau même, l'eau acquiert peu à peu une température beaucoup plus élevée que celle de l'ébullition à la pression ordinaire de l'air.

Lorsque l'eau est assez échauffée en un point quelconque du tuyau, en *b* par exemple, pour qu'il s'y forme une petite quantité de vapeur, cette petite quantité de vapeur réagira contre la pression par sa force d'expansion et neutralisera une partie de cette pression.

Il est facile de comprendre que les parties de l'eau situées au-dessous de *b*, qui ont pris une température si élevée par suite de la pression exercée sur elles, sont trop échauffées, lorsqu'une partie de la pression est détruite, et se vaporisent en grande partie, comme l'eau renfermée dans un vase surchauffé. Ces vapeurs ont alors assez de puissance pour écarter les obstacles et pour soulever la masse d'eau chaude qui remplit encore le bassin.

Les éruptions périodiques des geysers n'ont point d'autres causes: dès que le surchauffement de l'eau a produit des va-

peurs en un point de la profondeur, cette vapeur projette l'eau bouillante sous forme d'un jet. Une partie de l'eau projetée retombe de suite dans le bassin et empêche ainsi l'échappement complet de la vapeur; on voit alors la colonne d'eau se soulever à plusieurs reprises jusqu'à ce que l'eau et la vapeur soient complètement épuisées.

Les geysers ont encore une grande importance en ce sens qu'ils nous permettent de nous faire *une idée claire des phénomènes qui produisent les éruptions volcaniques*. On peut considérer l'eau qui se trouve dans le tuyau du geyser immédiatement avant l'éruption, comme étant de l'eau bouillante qui contient de la vapeur en dissolution, absolument comme les laves contenues dans la cheminée des volcans consistent en roches fondues contenant de l'eau surchauffée. Dès que des vapeurs se forment en un point de la colonne de lave, vapeurs qui, ne s'écoulant pas, diminuent en partie la pression exercée sur le fond, il pourra se produire subitement un développement si considérable de vapeurs que la lave ne pourra plus opposer un obstacle suffisant à leur tension. La cause de l'éruption n'est autre chose que la lutte entre les vapeurs qui s'échappent et la résistance que leur opposent la pression et la ténacité de la lave.

Il paraît que les sources chaudes et volcaniques qui tiennent en dissolution de la silice et la déposent sous forme de tuf autour de la bouche, sont les seules capables de donner naissance à des sources intermittentes ou geysers.

C'est par le dépôt de tuf siliceux que ces sources forment autour de leur orifice des cônes et des tuyaux avec des bassins plats dont l'existence est nécessaire à la production des phénomènes que nous venons de décrire et qui amènent les éruptions périodiques.

De même que les sources geyseriennes amènent par leur propre activité la formation d'un geyser ou source jaillissante, de même aussi elles finissent par amener la cessation de ces éruptions par leur activité prolongée. *L'état de geyser n'est donc qu'un état passager dans le développement des sources chaudes déposant du tuf siliceux*. Avant et après cette période de développement, la source n'agit point comme geyser.

Au début, les geysers sont des sources dont la température est constamment de $+ 100^{\circ}$ C. et qui, par conséquent, s'écoulent bouillantes et d'une façon continue. Lorsqu'une telle source siliceuse se crée un nouveau passage dans une contrée volcanique, elle se construit bientôt, autour de l'ouverture, un

petit cône de tuf siliceux. L'eau élevée constamment par les vapeurs s'écoule sans cesse par-dessus le cône et l'agrandit; l'ouverture centrale seule persiste et s'allonge peu à peu en un tuyau.

Plus le cône siliceux s'élève, plus le tuyau d'écoulement devient long, et sa partie supérieure finit par s'élargir et par former un bassin cratériforme. A cette époque du développement, le cône renferme un bassin de tuf siliceux d'un beau blanc rempli d'une eau bouillante et transparente comme du cristal: mais comme, au lieu d'une ouverture étroite, il y a une surface très-large, la vaporisation et le refroidissement de l'eau y deviennent très-apparents.

L'eau du bassin est toujours chauffée à la base et refroidie au contraire à la partie supérieure: l'échauffement et le refroidissement sont dans une lutte continuelle pour amener soit une élévation, soit un abaissement de la température de l'eau.

Lorsque le bassin devient assez large et assez profond, il arrive un temps où la masse d'eau n'est plus sans cesse en ébullition, et pendant lequel les couches les plus profondes arrivent, par la pression qu'elles supportent, à une température de plus de 100° C., tandis que les couches de la surface sont ordinairement au-dessous de 100° et n'arrivent que peu à peu à une température rapprochée de celle de l'ébullition. C'est à cette époque que les phénomènes des geysers se dessinent de la manière décrite plus haut.

La source reste alors pendant quelque temps active comme geyser. Mais l'agrandissement du cône et du bassin fait des progrès continus, et alors le refroidissement de la surface augmente et les conditions de température nécessaires à une nouvelle éruption ne se présentent plus qu'à des intervalles de plus en plus longs.

Le bassin finit par devenir tellement grand que le refroidissement à la surface devient prépondérant, les éruptions cessent et il ne reste plus qu'un bassin rempli d'eau chaude, mais dont la température est toujours au-dessous du point d'ébullition. Le bassin est rempli d'eau claire, d'un bleu foncé, calme et donnant naissance à de légères vapeurs: sur le fond on aperçoit, au milieu de formes fantastiques de tuf siliceux, les sombres contours d'une ouverture, la bouche du geyser d'autrefois, qui se perd dans une profondeur inconnue.

Dans les districts riches en geysers, on rencontre le plus sou-

vent les unes près des autres toutes ces formes du développement des sources chaudes.

La chaleur volcanique échauffe l'eau dans les profondeurs du sol et la rend apte à dissoudre de la silice : la source s'élève toute bouillante. Ces sources deviennent avec le temps des geysers qui se transforment graduellement en un bassin rempli d'eau chaude. De même que, par la création de cônes de tuf siliceux, les sources se transforment en geysers, de même aussi leur propre activité leur fait perdre les propriétés des geysers. Lorsque, au bout d'un certain temps, elles bouchent elles-mêmes leur orifice d'écoulement, l'eau refoulée ou retenue dans la terre finit par se faire jour en un autre endroit et débute de nouveau comme source thermale, pour se transformer dans la suite en nouveau geyser.

LIVRE CINQUIÈME

GÉOGRAPHIE DES VOLCANS.

EUROPE.

Toute la région boréale du continent européen manque de volcans. La région moyenne ne contient elle-même que des volcans éteints, et le petit nombre de volcans actifs que l'on connaît dans ce continent se trouvent tous dans ses parties les plus méridionales.

ALLEMAGNE.

L'Allemagne est divisée dans son milieu, dans la direction de l'Ouest à l'Est, par un terrain qui contient des formations basaltiques et trachytiques extrêmement développées. C'est ainsi que les basaltes et les trachytes du Rhin se relient à ceux du Hahichtswald, du Westerwald, de la région du Main, de la Rhoen, du Fichtelgebirge et, plus loin, à ceux de la Bohême. On rencontre, dans toute cette étendue, des sources nombreuses remarquables, les unes par leur température élevée et constituant des eaux thermales, les autres par leur teneur en acide carbonique et constituant par conséquent des eaux acidulées gazeuses. Par ces propriétés, c'est-à-dire par leur température ou par leur teneur en acide carbonique, ces eaux sont aptes à dissoudre une foule de substances qu'elles rencontrent dans leur parcours souterrain et deviennent ainsi des sources minérales d'une grande valeur. La plupart de nos bains les plus renommés ne se trouvent-ils pas dans cette région ? Et l'on y trouve encore des centaines de sources inusitées jusqu'ici, et dans beaucoup d'endroits même, on voit surgir du sol des sources abondantes d'acide carbonique.