
LA GÉOLOGIE
DES ENVIRONS DE SAINT-GERVAIS-LES-BAINS
(HAUTE-SAVOIE)

*et ses relations avec la nature et l'origine
des Sources Thermo-Minérales¹*

Par Léon MORET.

SOMMAIRE

- I. — Situation et historique.
- II. — Structure géologique de la région :
- 1° Généralités.
 - 2° Les roches de la région de Saint Gervais :
 - a) Massifs cristallins.
 - b) Couverture sédimentaire des massifs cristallins.
 - c) Formations quaternaires.
 - α Formations glaciaires.
 - β Alluvions récentes du Vallon des Bains.
 - 3° Constitution géologique du Vallon des Bains et de ses abords.
- III. — Les sources minérales :
- 1° Source Gontard - de Mey.
 - 2° Source Sulfureuse.
 - 3° Source Magnésienne.

¹ L'article qui va suivre est en grande partie extrait d'un rapport géologique rédigé à la demande de la Municipalité de Saint Gervais et du Comité Médical de l'Établissement Thermal. Je remercie M. le Maire de Saint-Gervais qui a bien voulu en autoriser la publication dans cette Revue.

4° *Source Ferrugineuse.*

5° *Origine des éléments minéraux de ces diverses sources*

6° *Comparaisons.*

IV. — **Origine probable des sources :**

a) Sources froides magnésiennes.

b) Sources thermales.

V. — **Résumé et conclusions.**

I. — SITUATION ET HISTORIQUE

Les Bains de Saint-Gervais sont situés au fond d'une gorge boisée et à 180 m. environ en contre-bas du plateau sur lequel est bâti le village (alt. 817 m.).

Le torrent du Bonnant, qui parcourt la vallée suivant une direction à peu près Sud-Nord, vient du col du Bonhomme et draine en partie les eaux du Massif du Mont-Blanc, du Prarion, du Mont-Joly. Arrivé au droit de Saint-Gervais, il s'enfonce en trait de scie dans le rebord septentrional du plateau qu'il franchit en une suite de cascades, avant d'atteindre l'ancien établissement thermal, point où la gorge s'élargit tandis que le torrent reprend sa pente normale pour se jeter peu après dans l'Arve.

Les eaux thermales sourdent sur un espace de quelques mètres, entre la dernière cascade et l'ancien bâtiment des Bains. Il est certain qu'elles n'ont pas été connues des Romains, ces grands amateurs d'eaux chaudes, car leur découverte est toute récente et ne date que du début du XIX^e siècle. La chose pourrait paraître surprenante si l'on ne tenait compte des difficultés d'accès que devaient présenter les lieux avant l'aménagement actuel. Seuls, les pêcheurs ou les bergers qui s'aventuraient dans cette gorge sauvage et encombrée par la végétation avaient depuis longtemps remarqué que la neige fondait très rapide-

ment en certains points du vallon et que de l'eau chaude, posédant une odeur spéciale, suintait du sol².

En 1806, le sieur Gontard, notaire royal à Saint-Gervais, auquel appartenait le terrain, fut frappé par ces racontars et se rendit sur les lieux où une petite fouille mit rapidement à jour une source chaude.

Dès ce moment, les eaux furent suivies, étudiées, appréciées. Un établissement de bains fut construit au fond de la gorge, sur les sources mêmes, et le succès des eaux allait sans cesse grandissant, lorsque les bâtiments furent presque entièrement détruits en une nuit par la terrible catastrophe de 1892, dont nous reparlerons, et qui ensevelit les sources sous une masse énorme d'alluvions.

Il fallut donc rechercher les eaux thermales et procéder à de nouveaux captages et à de nouvelles études; l'établissement fut reporté plus à l'aval, près du hameau du Fayet; les eaux suivirent naturellement ce mouvement, mais au détriment de leurs propriétés curatives. Il est en effet devenu banal de dire que les sources thermo-minérales doivent être captées dans leur gîte géologique et utilisées sur place. Tout transport, toute stagnation dans des canalisations métalliques leur sont funestes en troublant leur état physique, infiniment plus important, du point de vue thérapeutique, que leur composition chimique.

C'est pourquoi le projet de réorganisation de la station thermale de Saint-Gervais a prévu très judicieusement la réinstallation du nouvel établissement à l'emplacement des anciens bains, sur les griffons eux-mêmes.

² Voir à ce sujet l'article très complet de H. FERRAND, Origine des bains de Saint Gervais (*La Montagne*, juillet septembre 1916).

II. — STRUCTURE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION

1° Généralités.

Il est aujourd'hui hors de doute que la grande majorité des sources thermales ne sont pas des « eaux juvéniles », issues directement des profondeurs de l'écorce, mais des eaux qui relèvent de la circulation générale superficielle et, par là même, sont en rapport étroit avec la structure géologique de la région et la nature des terrains avoisinants.

Ici, plus que partout ailleurs, cette loi va se vérifier.

La région de Saint-Gervais fait partie de la zone dite des massifs cristallins externes, zone qui surgit de Nice à Coire, suivant l'axe des Alpes occidentales, séparant ainsi la grande chaîne en une région externe ou occidentale (zone subalpine) et une région interne ou orientale comprenant les zones complexes du Flysch, du Briançonnais, des schistes lustrés³.

Ces massifs, formés de roches cristallophyllicennes variées injectées de roches granitiques, représentent les restes d'une vieille chaîne anté-stéphanienne, la chaîne hercynienne, reprise par les mouvements tertiaires ou alpins. Ils sont entourés

³ Voir L. MORET, Carte géologique de la Savoie et des régions limitrophes, échelle au 200.000^e, et Notice explicative, Dardel, Chambéry, 1926, et Enquête critique sur les ressources minérales de la province de la Savoie, Dardel, Chambéry, 1925.

Voir également M. GIGNOUX et L. MORET, Un itinéraire géologique dans les Alpes françaises de Voreppe à Grenoble et en Maurienne, Dardel, Chambéry, 1930.

Certaines montagnes (Chablais, les Annes, Sulens), se trouvant actuellement dans la zone subalpine, y ont été importées lors des plissements alpins à l'état de nappes de charriage issues des régions internes : les géologues les désignent par le nom de Préalpes.

et recouverts en discordance de stratification par des terrains sédimentaires plus jeunes (Trias, Lias), relativement tendres et très plissés; certaines bandes de ces terrains peuvent, çà et là, traverser les roches cristallines en d'étroits synclinaux (ex. vallée de Chamonix). Nos massifs anciens correspondent donc simplement à des parties surélevées de la chaîne alpine, parties plus facilement décapées que les autres et où les roches anciennes ont été mises à nu.

On peut dire qu'au cours des temps géologiques, ils ont toujours formé une sorte de haut fond dans la fosse marine où se sont accumulés, au cours des ères secondaire et tertiaire, les sédiments alpins. Pendant l'époque triasique existait même déjà une véritable petite chaîne, et c'est en bordure de cette terre qu'ont pris naissance, dans des lagunes, les formations salines dolomitiques ou gypseuses qui jouent un rôle si important dans la minéralisation des sources de la région.

Dans notre champ d'étude, ces vieux massifs sont bien représentés de part et d'autre de la vallée de Saint-Gervais, laquelle correspond à un ensellement transversal, très localisé, des axes cristallins; c'est cette inflexion qu'utilise le cours inférieur du Bonnant. Au Nord-Est se dresse le massif du Prarion et des Aiguilles-Rouges, séparé du massif du Mont-Blanc par la bande synclinale complexe de Chamonix; ces deux massifs ont une même origine et sont formés des mêmes roches ⁴.

Au Sud-Ouest émerge progressivement du manteau triasico-liasique du Mont-Joly la carapace du massif de Belledonne-Nord des géologues. Une petite écorchure dans la couverture sédimentaire met à jour, dans la région de Mégève, le socle cristallin qui prolonge souterrainement, en remontant, celui du Prarion.

On sait qu'au cours de l'orogénèse alpine, les massifs cristallins ont joué le rôle de buttoirs pour les plis venus des zones

⁴ D'après les études récentes de P. CORBIN et N. OULIANOFF.

internes; mais l'obstacle a fini par céder, des cassures longitudinales l'ont débité en coins gigantesques, tandis que la couverture sédimentaire, plus souple, arrachée par les plis d'origine interne superposés, se déroulait vers l'extérieur pour donner la zone subalpine, laquelle se caractérise par des plis simplement déversés vers l'Ouest, ou même de petites nappes de charriage. Ces phénomènes de plis couchés empilés se voient admirablement au Mont-Joly, où ils ont été étudiés et rendus classiques par les travaux de Marcel Bertrand et de E. Ritter; mais là, ces plis sont encore en relation avec leurs racines fichées dans le cristallin du massif d'Outray et des Enclaves et près du lac de la Girotte, tandis que, plus au Nord, l'érosion a définitivement séparé ces deux éléments.

Entre les massifs cristallins durs et la base tendre de leur couverture sédimentaire s'est creusé un vaste sillon d'érosion utilisé par les torrents : Arve, Arly, Isère, c'est le « sillon subalpin ».

La falaise des Aravis, qui, de l'autre côté de la vallée de l'Arve, se prolonge par celle de Platé et des Fiz, représente le bord occidental, replissé et découpé par l'érosion, de ce sillon à partir duquel s'étend, vers l'Ouest, la zone subalpine : ici ce « bord subalpin » s'est enrichi de nouveaux terrains, car au-dessus du Trias et des marnes du Lias de la couverture des massifs cristallins s'empilent les falaises calcaires du Jurassique, du Crétacé et même du Tertiaire.

2° Les roches de la région de Saint-Gervais.

Nous étudierons successivement les matériaux constitutifs des massifs cristallins, puis ceux de leur couverture.

a) MASSIFS CRISTALLINS. — Ces massifs sont en grande partie formés de roches cristallophylliennes riches en silice : gneiss, micaschistes et tout le cortège des schistes cristallins et des ro-

ches métamorphiques (cornéennes, amphibolites, cipolins, etc.). Elles résultent d'un métamorphisme général très ancien qui s'est exercé aux dépens d'une série sédimentaire primaire dont l'âge est impossible à fixer. Tout ce que l'on sait, c'est que les granites de ces massifs sont anté-houillers et que leur mise en place n'a guère influencé ces roches, qui avaient déjà acquis leur cristallinité. Le granite du Mont-Blanc, ou protogine, est une roche acide formée de quartz, feldspath, orthose et mica presque toujours altéré en chlorite; on y voit des filons de microgranulites et d'aprites, ainsi que des enclaves foncées et basiques d'épidote et de mica noir. Cette protogine forme les parties centrales du haul massif; elle est toujours plus ou moins coupée de fissures ou diaclases se croisant suivant des plans déterminés; mais ce sont surtout les diaclases de direction alpine (N. 45° E.) qui prédominent, et elles ont eu pour effet de découper toute la masse en dalles souvent acérées en aiguilles ou clochetons. Ce noyau protoginique résistant est entouré de schistes cristallins aux formes arrondies; dans le massif du Mont-Blanc, il y a relativement peu de gneiss et de micaschistes, et ce sont surtout les phyllades et schistes peu métamorphiques, roches assez tendres, qui dominant et forment tout autour des roches dures un bourrelet très caractéristique.

Dans le massif des Aiguilles-Rouges - Prarion, au contraire, les gneiss fins et les micaschistes à mica noir sont très abondants; on retrouve ces roches dans la région de Mégève et dans le massif de Belledonne, où elles sont également injectées par de petits magmas granitiques, en général moins altérés et plus basiques que la protogine, car riches en mica noir, et de grain plus fin (ex. : granite de la Motte, granite de Beaufort). Ces granites sont lardés de filons d'aprites, pegmatites, lamprophyres⁵. Les plissements alpins ont parfois laminé intensé-

⁵ On y connaît même des porphyrites, roches basiques, entre Saint-Gervais et Saint-Nicolas-de-Véroce. Ces roches existent également dans le massif de Belledonne.

ment ces granites; c'est le cas des roches qui forment le sommet du Prarion et le massif des Houches, le long de l'Arve, roches que l'on rattachait autrefois, sous le nom de bésimauidites, au Permien.

Tout ce premier ensemble de roches, plissé et arasé (phase anté-houillère de la chaîne hercynienne), a été recouvert en discordance par les sédiments limniques du terrain houiller, eux-mêmes plissés par la suite en synclinaux de direction hercynienne, N. S.-10° E. (phase post-houillère ou anté-triasique).

Ce Houiller est formé de conglomérats à galets de protogine, surtout dans la région de Vallorcine, de grès, de schistes ardoisiers plus ou moins micacés, avec ou sans anthracite, le tout daté par des empreintes de plantes d'âge stéphanien inférieur. Toutes ces roches sont très développées au Prarion; dans la vallée de Saint-Gervais, elles forment çà et là quelques affleurements aberrants en plein Trias, mais elles y sont mêlées avec les schistes bleus ou bruns de la partie supérieure de ce terrain dont il est parfois assez difficile de les séparer. Toutefois, dans le vallon des Bains, près de la fouille de la source magnésienne (rive gauche du Bonnant), des schistes noirs micacés provenant des gypses et cargneules triasiques m'ont livré des empreintes de plantes carbonifères appartenant au genre *Callipteridium*⁶. Cette bande schisto-gréseuse renferme également quelques lentilles d'un charbon médiocre au-dessus des Bains, rive gauche.

b) COUVERTURE SÉDIMENTAIRE DES MASSIFS CRISTALLINS. — Elle ne comporte ici que du Trias et du Lias discordants sur le substratum hercynien, lequel est formé de couches toujours très redressées et de direction différente.

Le Trias de toute la région est d'origine essentiellement lagunaire; il est du type dit réduit, son épaisseur moyenne ne dépasse pas 30 à 40 mètres. Il est formé, à la base, par quelques

⁶ Déterminations simultanées de MM. P. BERTRAND et JONGMANS.

mètres de grès silicifiés quartziteux contenant parfois des éléments feldspathiques (arkose); c'est dans cette formation que s'intercale, le long du Nant du Gibeloux, entre Le Fayel et Saint-Gervais, la fameuse brèche jaspique rouge et verte, vestige du terrain permien, autrefois activement exploitée comme pierre d'ornementation ⁷. Au-dessus de ces grès, très fréquemment diaclasés, viennent des calcaires magnésiens ou dolomitiques, des cargneules, des schistes bariolés et enfin des gypses. En profondeur, ces gypses, qui sont du sulfate de chaux hydraté, passent souvent à des sulfates anhydres ou anhydrites, roches d'aspect marmoréen et dures ⁸.

On ne connaît pas à Saint-Gervais même de sel gemme (NaCl), mais il en existe non loin de là, en Tarentaise, dans la formation des gypses et cargneules du Roc d'Arbonne, près de Bourg-Saint-Maurice, et de la région de Salins-Moûtiers; il s'y trouve disséminé dans l'anhydrite.

Les gypses, terrains essentiellement tendres et solubles, n'existent pas partout; quant aux cargneules, elles sont souvent minéralisées par de la pyrite (sulfure de fer) qui se décompose en donnant des oxydes rouges de fer et des dépôts de soufre ⁹; étant poreuses, les eaux y circulent avec la plus grande facilité.

Enfin, on peut observer normalement dans le Trias supérieur des schistes noirs ¹⁰; mais dans la région, ce sont surtout des schistes houillers qui ont été intercalés tectoniquement dans le système des gypses et cargneules.

Sur le Trias vient le Lias, terrain de faciès marin franc très épais qui ne comporte que des schistes marneux bleus avec rares bancs calcaires; on peut le considérer comme pratique-

⁷ On sait que les colonnes de l'Opéra de Paris sont formées de cette roche.

⁸ Mais, sous l'action de l'eau, ces anhydrites doublent presque de volume et se transforment en gypse avec la plus grande facilité.

⁹ Notamment au-dessus des anciens Bains, rive gauche du Bonnant.

¹⁰ Analogues aux schistes à Equisetites du massif de l'Aar et de la Maurienne.

ment imperméable. Ce Lias forme tout le massif du Mont-Joly et du Mont d'Arbois.

c) FORMATIONS QUATERNAIRES. — C'est le manteau des terrains de transport qui recouvrent indistinctement tous les terrains précédents.

α Formations glaciaires. — Ce sont surtout d'anciennes moraines, témoins du débordement glaciaire de la période quaternaire. Elles sont formées d'argiles plus ou moins sableuses, à cailloux striés et essentiellement aquifères. Lorsqu'elles renferment de gros blocs, les eaux de ruissellement peuvent découper la masse morainique en colonnes parfois gigantesques, coiffées par un bloc protecteur. C'est alors ce que l'on appelle les « pyramides des fées », dont il existe d'admirables exemples sur les pentes du Prarion, dans le ravin qui descend de la Forclaz. Tout le replat qui domine les bains (Saint-Gervais, Les Amerans) est recouvert de moraines à gros blocs de protogine¹¹. Des formations fluvio-glaciaires, bien stratifiées, se montrent sur la rive gauche et à l'aval du Vallon des Bains.

β Alluvions récentes du Vallon des Bains. — Elles ont été apportées par la débâcle glaciaire de 1892. Dans la nuit du 11 au 12 juillet, une masse d'eau et de boue venant du glacier de Tête-Rousse s'engagea par la vallée de Bionnassay, emporta au passage le village de Bionnay et, grossissant subitement le Bonnant, détruisit une partie de l'établissement thermal en faisant un nombre considérable de victimes. Toute la vallée du Bonnant fut remblayée, depuis la cascade des Bains, sur une hauteur de 5 mètres, par un mélange de boue et de blocs énormes qui atteignit le premier étage des bâtiments épargnés.

Voici l'origine du phénomène : les eaux de fusion du glacier

¹¹ Ces blocs, parfois énormes, sont d'ailleurs exploités à Combloux.

de Tête-Rousse s'étaient accumulées dans une crevasse profonde et sans issue; à un moment donné, et par suite du mouvement du glacier, les parois de la poche, devenues trop minces, se rompirent, et plus de 100.000 mètres cubes d'eau furent brusquement précipités dans le torrent glaciaire. De telles débâcles sont assez fréquentes dans les régions de glaciers, mais peu avaient atteint cette ampleur. Aussi, pour y remédier, l'Administration des Eaux et Forêts a-t-elle institué un Service spécial chargé de la surveillance des glaciers. Dès qu'une fissure inquiétante apparaît à la surface d'un glacier, la poche qui lui fait suite en profondeur est immédiatement sondée et vidée au moyen de galeries latérales. C'est ainsi qu'une nouvelle crevasse s'étant montrée dans le glacier de Tête-Rousse, il y a quelques années, plus de 20.000 mètres cubes d'eau furent évacués lentement sur le glacier de Bionnassay, grâce à un souterrain de 250 mètres foré sous l'arête rocheuse qui sépare les deux glaciers. On peut donc dire que les menaces de catastrophes dues à des débâcles glaciaires sont définitivement écartées de la région de Saint-Gervais.

3° Constitution géologique du Vallon des Bains et de ses abords.

Elle est très simple. On se trouve là au bas du versant occidental du Prarion, versant formé par le Cristallin recouvert en discordance par le Trias affecté par une série de petites ondulations en marches d'escaliers. Arrivées au Bonnant, ces couches viennent s'enfouir sous le Lias du plateau de Mégève et du Mont-Joly ¹² (fig. 1).

¹² Sur la géologie des abords de Saint-Gervais, voir : A. FAVRE, Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, Paris, Masson, 1867 (t. III); A. MICHEL-LÉVY, Note sur la prolongation vers le Sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges, Montagnes de Por-

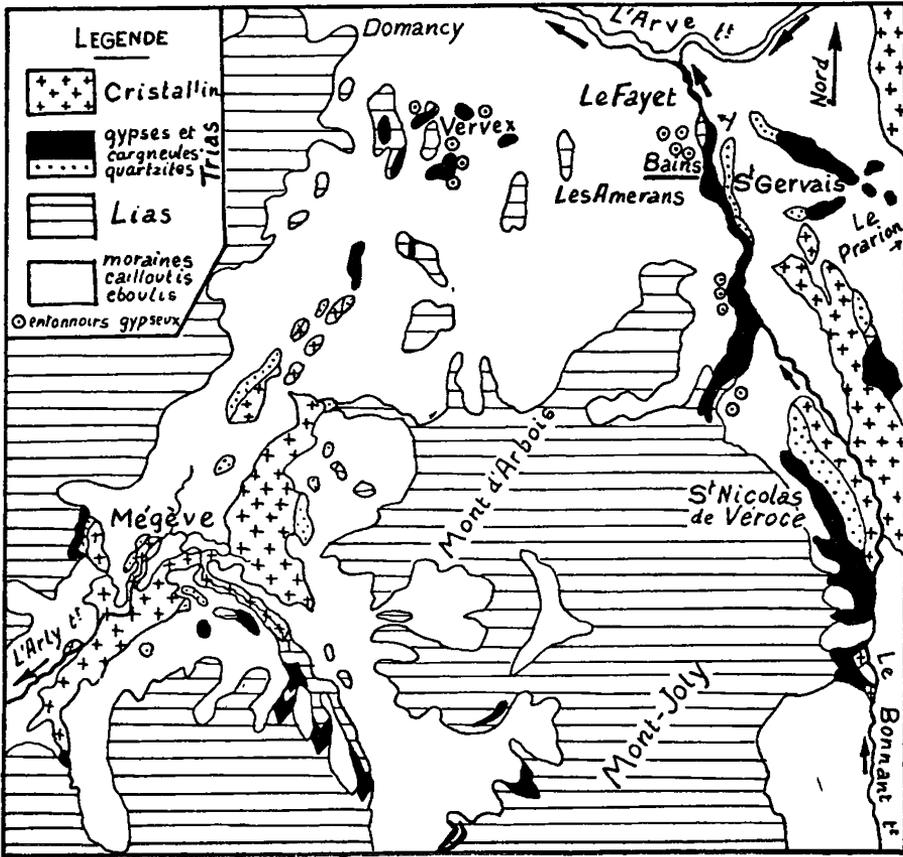


Fig. 1. — Carte géologique de la région de Saint-Gervais - Mégève (d'après la Carte géologique au 1/80.000^e, feuille Anney, 2^e édition).

Toutes les couches sont donc inclinées *grosso modo* vers l'Ouest et plongent en direction vers le Nord.

menaz et du Prarion (*Bull. Service Carte géol. de France*, n° 27, 1892); Ed. PARÉJAS, La tectonique du Mont Joly (Haute-Savoie) (*Eclogae Geologicae Helvetiae*, vol. XIX, 1925, p. 420-503), et Nouvelles observations sur le sou-bassement du Mont Joly (*C. R. Soc. Physique et Hist. naturelle de Genève*, août décembre 1926). On consultera également la 2^e édition de la feuille Anney (Carte géologique détaillée au 1/80.000^e, Paris, 1932).

On ne voit pas le Cristallin dans le Vallon des Bains, mais il affleure à l'état de schistes cristallins très riches en mica blanc plus à l'amont, vers Motivon. La rive droite du vallon est formée de grès quartziteux verdâtres (cascade), de schistes argileux brunâtres, de cargneules bréchoïdes du Trias, plongeant vers le Bonnant; sur la rive gauche, cette série est recouverte par des plaquettes calcaires dolomitiques et une forte épaisseur de gypses zonés, autrefois exploités. En plein gypses, le long de la rive gauche, on peut observer une zone chaotique, continue, où

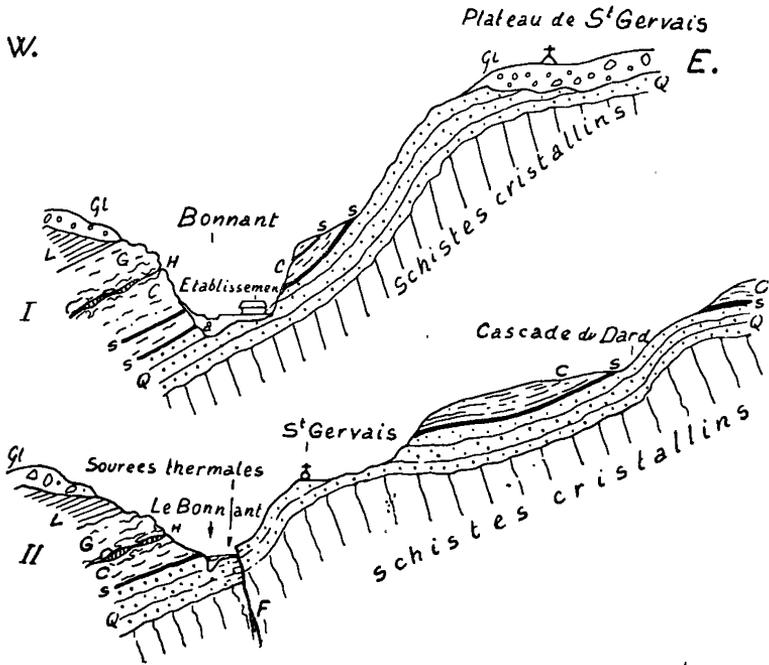


Fig. 2. — Deux coupes géologiques, sensiblement E-W, du Vallon des Bains à Saint-Gervais :

I, passant par l'entrée du vallon.

II, passant par l'émergence des sources thermales.

Les schistes cristallins ne se montrent pas aux abords du vallon, ils sont cachés par le Trias formé de quartzites (Q), cargneules (C), avec niveaux de schistes bruns (s), gypses (G). Au dessus vient le Lias (L), puis les moraines (Gl) et les alluvions (a). Dans le complexe des gypses et cargneules, rive gauche du Bonnant, s'intercale un horizon très chaotique de grès, schistes micacés avec anthracite pulvérulents (H).

En F, zone schistoïde feuilletée par où se fait l'ascension des eaux chaudes.

les cargneules bréchoïdes, parfois minéralisées, sont associées à des schistes bleus scoriacés ou micacés à anthracite certainement carbonifères pour une bonne part (fig. 2). Il faut donc admettre qu'au moment des plissements alpins, la couverture du Prarion a pu se briser, puis se détacher localement au niveau des gypses et entraîner avec elle une écaille de Houllier arrachée au socle du Prarion.

Près de la cascade des Bains, le torrent s'est creusé une gorge épigénique dans les quartzites ici compacts et verdâtres; mais ces quartzites montrent, immédiatement derrière le bâtiment amont des Bains, des zones schisteuses et sériciteuses, très laminées et subverticales, correspondant à une petite faille dont le prolongement passe exactement par la source Gontard. Ici donc, l'émergence des eaux thermales semble bien coïncider avec cette zone de feuilletage intense qui doit, de toute évidence, se prolonger dans le Cristallin.

Vers l'aval, le Lias recouvre les gypses et forme la base du replat glaciaire des Amerans, au Sud duquel se dresse la masse liasique du Mont-Joly. Mais la présence des gypses en profondeur se manifeste, au Nord de ce plateau, par de nombreux entonnoirs de dissolution. D'ailleurs, non loin de là, à Vervex et à Domancy, existent des affleurements bien connus de gypses triasiques dont l'exploitation est aujourd'hui arrêtée.

Les cargneules se montrent, d'autre part, tout autour de la boutonnière de Mégève, soit, normalement, au sommet du Trias incrusté sur le Cristallin, soit en plein Lias où elles forment des lames anticlinales plus ou moins continues et subhorizontales (plis couchés).

Remarquons que le Cristallin de la boutonnière de Mégève se montre partout à une cote supérieure à 1000 m., mettant ainsi en évidence le relèvement du socle hercynien après l'ensellement de la vallée de Saint-Gervais, ce qui est un trait structural très important à souligner.

III. — LES SOURCES MINÉRALES

Toutes sont localisées sur un espace de quelques mètres, le long des berges du Bonnant, ce qui n'a rien d'étonnant, puisque les sources thermales, comme toutes les sources ascendantes, ont une tendance à se faire jour en des points où la pression hydrostatique est la plus faible, et que les cours d'eau sont précisément de ces points singuliers (fig. 3).

Avant la catastrophe de 1892 et dès le début de l'exploitation, on utilisait quatre sources, toujours citées dans les vieux ouvrages ¹³, et dont voici l'énumération :

1. Source du milieu ou source Gontard;
2. Source pour la boisson ou source de Mey;
3. Source du Torrent ou source Sulfureuse;
4. Source Ferrugineuse.

Les deux premières sont les sources principales, salines, chlorurées, sulfatées, thermales; leur degré de thermalité, consigné par tous les anciens auteurs, était autrefois constant : 42° C. La troisième source atteignait 39° C et la quatrième 20° C.

Mais depuis, les sources 1 et 2 ont été réunies, et actuellement les eaux s'accumulent dans un même bassin de recette : c'est la source dite Gontard-de Mey. En effet, la source de Mey n'était plus utilisée depuis longtemps pour la boisson, et c'est la source du Torrent, actuellement désignée sous le nom de source Sulfureuse, qui fut réservée à cet usage. Quant à la source Ferrugineuse, dont parlent les anciens textes, elle n'a jamais été utilisée sérieusement et n'a d'ailleurs été retrouvée qu'en 1931.

Récemment, de nouvelles sources froides ont été suivies dans le vallon des Bains : ce sont les sources dites Magnésiennes.

¹³ Voir en particulier : J.-F. PAYEN, Notice sur les eaux minérales de Saint-Gervais (Savoie), 3^e édition, Paris, 1854, et J. GUÉRIDAUD, Les eaux minérales de Saint-Gervais-les-Bains, 1900.

1° Source Gontard-de Mey.

C'est la source principale, celle qui a fait la réputation de la station par ses propriétés antiarthritiques, décongestionnantes et éliminatrices. Les deux sources Gontard et de Mey avaient autrefois même température (42°) et même minéralisation, ainsi que le montrent des analyses faites par Willm en 1888, c'est-à-dire à l'époque où elles n'étaient pas encore réunies¹⁴. Elles étaient toutes deux également légèrement sulfureuses, et leur désulfuration date aussi de leur réunion.

Le débit global est de 200 litres-minute et il est très constant. Toutes les analyses qui en ont été faites sont concordantes.

La dernière en date, celle de Florence¹⁵, de Lyon (1931), a fourni :

Sulfate de sodium.....	1,8243
— de potassium.....	0,1097
— de lithium.....	0,0731
— de calcium.....	0,9812
— de magnésium.....	0,0024
Chlorure de sodium.....	1,7543
Bromure de sodium.....	0,0162
Iodure de sodium.....	traces
Carbonate de calcium.....	0,1628
— de magnésium...	0,0024
Silice	0,0201
Silicate de magnésie.....	0,0591
	5,0656
Total des matières fixées...	

¹⁴ Les travaux d'aménagement de 1932 ont fait découvrir, le long du canal d'évacuation des eaux froides et du trop-plein des sources, une venue chaude assez importante. Serait-ce une manifestation de la source de Mey ?

¹⁵ Les analyses concernant les sources minérales de Saint-Gervais effectuées en 1931 sont en cours de publication dans les *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie du Collège de France*.

Si l'on compare les anciennes analyses aux analyses les plus récentes, on ne constate que de légères variations dans les teneurs en brome (diminution) et en lithium (augmentation). De plus, la thermalité était tombée de 42° à 30°. Mais les travaux de réfection des captages ont rétabli la température normale de la source qui, mesurée dans le griffon, sous mes yeux, en avril 1932, était en moyenne de 41°4 (fig. 4).

Ces eaux sont donc d'une minéralisation élevée; outre qu'elles sont sulfatées et chlorurées, sodiques et calciques, notons la présence de la silice qui les rend opalescentes et onctueuses, la présence du brome et surtout de l'élément lithium qui en fait la source la plus lithinée connue. Enfin, d'après les recherches de A. Lepape et de ses collaborateurs¹⁶, cette source est radioactive [émanation du radium (radon) en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence : 2,50], et l'analyse spectrale y a décelé la présence du zinc.

Les dégagements gazeux du griffon ne comportent que de l'azote et des traces d'anhydride carbonique; il n'y a plus d'hydrogène sulfuré libre¹⁷, mais il existe des gaz dissous dans l'eau : azote, argon, hélium. L'eau ne dépose pas de précipité, elle est simplement opalescente, comme je l'ai dit, et ramène avec elle des sédiments argileux bleuâtres et de menus débris siliceux arrachés aux quartzites laminés dont elle surgit avec force de bas en haut.

Le captage des deux sources Gontard et de Mey est actuellement porté à une profondeur de 8 mètres environ au fond d'une enceinte maçonnée établie dans des alluvions à gros blocs erra-

¹⁶ Ch. MOUREU, A. LEPAPE, P. URBAIN, Analyses des eaux minérales de quelques stations des Alpes : Le Fayet Saint Gervais, Allevard, Uriage, Brides, Salins Montiers (*Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie du Collège de France*, t. III, fasc. I, n° 23, juillet-décembre 1930).

¹⁷ En avril 1932, j'ai remarqué la présence de filaments de glairine dans le griffon de cette source. Il est possible que les travaux de révision du captage aient déterminé un ensemencement accidentel de Sulfuraires, empruntées au griffon de la Sulfureuse (voir plus bas, p. 213).

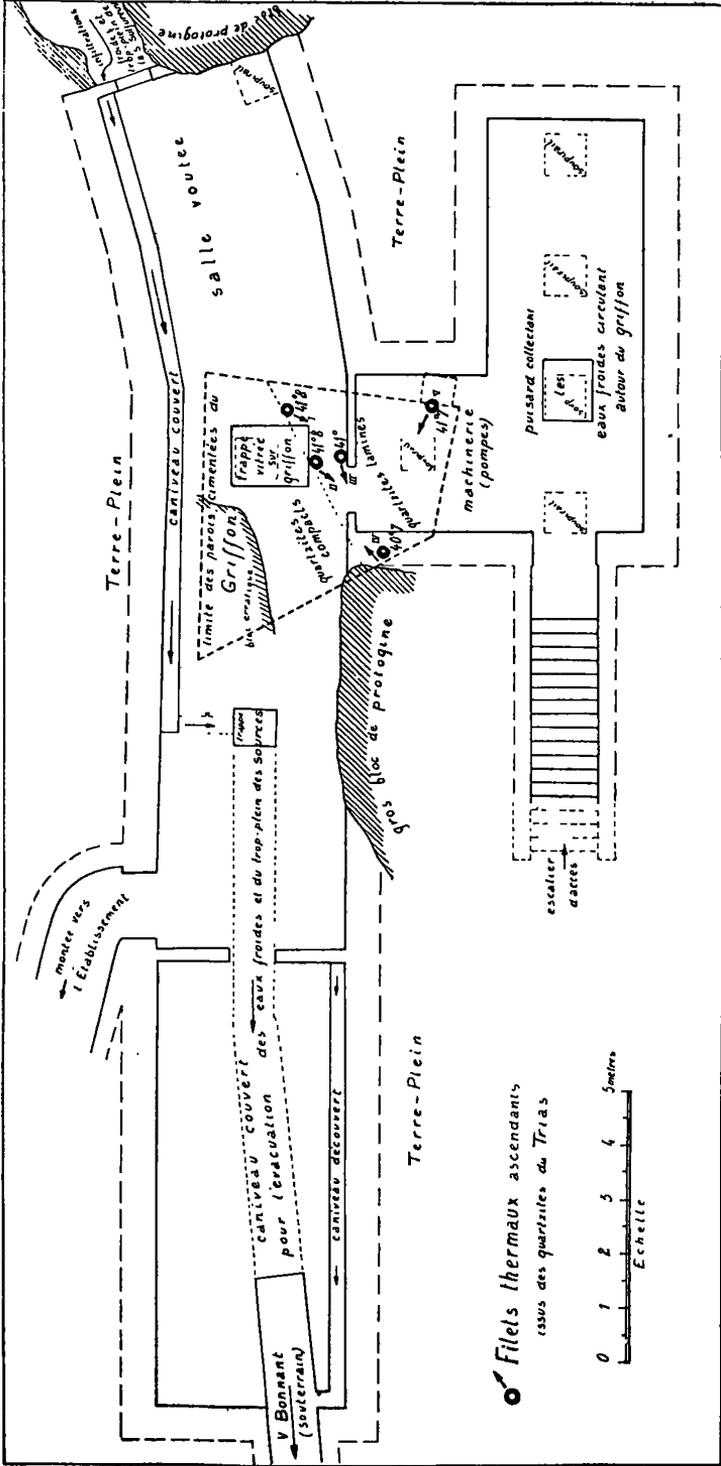


Fig. 4. — Le captage de la source Gontard-de-Mey, d'après un plan relevé au cours des travaux de mars 1932. Les températures des divers filets thermaux ont été prises le 27 avril 1932.

tiques de prologine apportées lors de la catastrophe de 1892 (fig. 4 et 5).

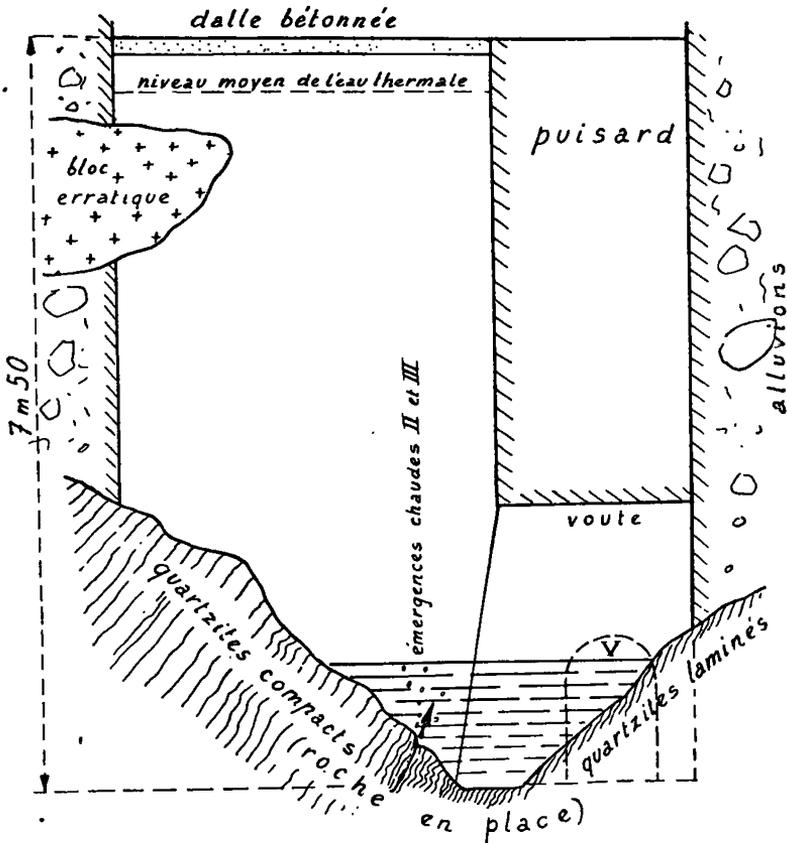


Fig. 5. — Griffon et captage de la source Gontard-de Mey (coupe).
En V, petite voûte amenant les eaux chaudes recueillies pendant les fouilles de 1908.

Cinq filets thermaux sourdent au fond de l'enceinte d'une zone de quartzites laminés, exactement sur le prolongement de la zone schistoïde qui accidente les quartzites du Trias et qui est bien visible derrière le vicil établissement de bains, près de la cascade. L'eau s'accumule dans une chambre de captage commune, au-dessus de laquelle se trouve la salle souterraine où

sont installés les appareils de pompage, les tuyaux de distribution et le déversoir du trop-plein. Un regard vitré permet d'atteindre facilement l'eau thermale. Un puisard latéral collecte et évacue les eaux froides externes. On se trouve donc ici à la limite entre la roche en place et les terrains meubles soumis aux infiltrations du torrent du Bonnant, et le procédé de captage employé, celui d'une enveloppe maçonnée implantée sur la roche en place et entouré d'enceintes incomplètes, était tout indiqué ¹⁸.

Le captage de la source Gontard-de Mey a été révisé soigneusement en 1932 et se présente dans de très bonnes conditions.

2° Source Sulfureuse.

Le griffon de cette source est situé à 20 mètres environ à l'amont de celui de la précédente et à une cote plus haute. Elle était autrefois utilisée sur place en gargarismes et comme boisson contre les affections de la gorge et du nez. Elle est caractérisée par la présence d'hydrogène sulfuré libre.

D'après ce que j'ai pu constater, quatre filets thermaux se font jour des quartzites du Trias par de petites fissures qui accidentent la zone schistoïde signalée plus haut (fig. 6). L'eau de tous ces filets s'accumule dans un puits cimenté implanté sur la roche en place, au travers des alluvions du Bonnant.

La température de ces filets est variable, étant sujette aux fluctuations du torrent qui coule tout près du captage et à une cote plus élevée : elle est, en moyenne, de 30°. Un filet plus chaud capté en 1926 atteignait 39° et même plus, donc une température très voisine de celle d'avant la catastrophe.

Le débit total moyen de cette source est de 25 à 30 litres-

¹⁸ D'après LAURANS, Congrès de Clermont, 1867; cité par L. DE LAUNAY, Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales, Paris, 1899, p. 482 et fig. 89.

minute, donc relativement faible comparé à celui de la source Gontard-de Mey.

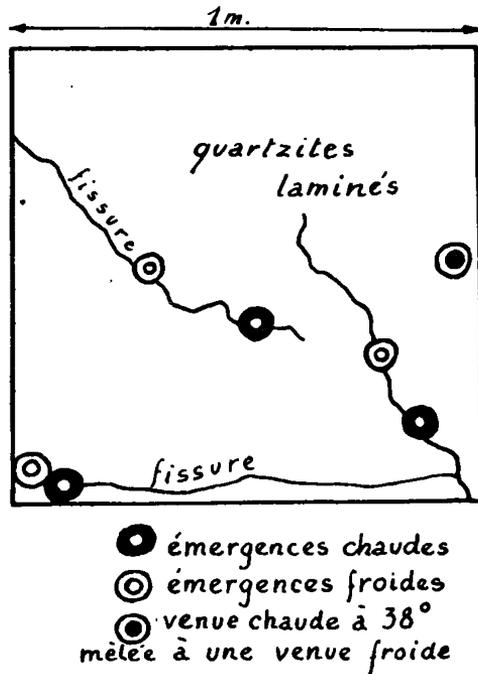


Fig. 6. — Le griffon de la source Sulfureuse.
Croquis relevé au cours des travaux de 1932, montrant la répartition des filets aquifères.

Les eaux sont également sulfatées et chlorurées, sodiques et calciques, lithinées et bromurées, mais plus radio-actives que celles de la précédente source (radon, en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence : 2,79).

L'analyse la plus récente est celle de Florence (1931) :

Sulfate de sodium	1,7751
— de potassium.....	0,1101
— de lithium.....	0,0691
— de calcium.....	0,9701
— de magnésium.....	0,0708

Chlorure de sodium.....	1,7520
Bromure de sodium.....	0,0164
Iodure de sodium.....	traces
Carbonate de calcium.....	0,1512
— de magnésium....	0,0028
Silice	0,0110
Silicate de magnésie.....	0,0613
	<hr/>
Total des matières fixées....	4,9779

De plus, des gaz libres s'échappent en bulles nombreuses au griffon : gaz carbonique, azote (dominant), hélium, néon, argon, traces de krypton. La radio-activité de ces gaz est ici très élevée (radon, en millimicrocuries par litre de gaz sec à 0° et 760, d'après Lepape : 10,6). Les mêmes gaz se retrouvent en dissolution dans l'eau.

Pas de précipité ni de sédiments, mais un dépôt de glairine assez abondant qui n'apparaît pas au sortir de la roche, mais seulement dans le bassin de recette au contact de l'air ¹⁹.

L'aménagement actuel date d'après la catastrophe, mais le captage a été revu en 1926. En voici la description tel que je l'ai trouvé en 1931 : le griffon est à l'extrémité d'une galerie souterraine voûtée; l'eau sourd au fond d'une cuve cimentée de section rectangulaire et profonde de 2 m. 30 environ, établie dans les alluvions. Cette cuve vient s'incruster sur la roche en place qui en forme le fond et qui livre passage aux filets aquifères.

En 1926, les venues froides ont été collectées et évacuées directement à l'extérieur par des tuyaux en poterie, avec le trop-plein de la source. Toutes les émergences chaudes ont été recueillies par des ventouses et réunies dans une canalisation verticale aboutissant au niveau de l'ouverture de la cuve qui, peu à peu, s'est remplie d'eau uniquement thermique à 36°.

¹⁹ Au microscope cette substance se présente comme un véritable feutrage de filaments de Sulfuraires.

s'opposant alors, par sa hauteur et sa pression, aux infiltrations d'eaux froides ²⁰.

Mais depuis, les poteries et les enduits de ciment se sont fissurés, et de nouvelles infiltrations froides sont venues troubler le régime de la source. Des modifications de température et du degré sulphydrométrique ont été constatées. Quelques mesures de température et de débit ont été effectuées au cours de l'hiver 1928-1929 : à ce moment, le débit de la source était constant, mais la température plus élevée que pendant l'été, autrement dit, au moment des basses eaux du torrent (l'hiver), les infiltrations froides sont moins abondantes, et le débit et la température se régularisent.

Le captage de cette source a dû être entièrement repris et toutes mesures seront prises pour la mettre définitivement à l'abri des inondations du Bonnant.

Signalons que de vieux travaux, dont il est impossible de saisir le sens exact, existent sur la rive gauche du torrent, au droit de la source sulfureuse, le long du petit sentier qui fait suite à la passerelle des bains. Il y a là un puits profond de 6 mètres environ au fond duquel émergeait, paraît-il, une source thermale qui était réunie par une canalisation passant sous le torrent à la source sulfureuse actuelle. Cette canalisation, détruite au moment de la catastrophe, n'a jamais été revue. Au-dessus de ce même puits, on voit encore dans les bois un tuyau métallique qui aboutit à l'affleurement de cargneules minéralisées superposé.

3° Source magnésienne.

Cette source froide n'est pas captée; elle apparaît sur la rive gauche et à quelques mètres du Bonnant, à 300 mètres environ à l'aval des anciens bains.

²⁰ D^r REY, Une application de la méthode des pressions hydrostatiques réciproques, le captage de Saint-Gervais. Chambéry, Imp. Chambérienne, 1927.

Des travaux de recherches, sans méthode, ont été entrepris pendant l'hiver 1926-1927, et l'on voit encore actuellement, le long du torrent, deux fosses pleines d'eau, dont l'une, profonde, a été en partie cuvelée à l'aide de planches. L'eau minérale sourd au fond de cette fosse, puis le trop-plein s'écoule au travers du sol vers le Bonnant, où l'on voit, le long des berges, trois émergences d'assez fort débit.

Les travaux avaient été poussés jusqu'à 8 mètres de profondeur, au niveau des dolomies et gypses et au-dessous de la zone des schistes noirs micacés (Houiller). A un moment, et malgré le pompage d'épuisement, tout fut arrêté par d'abondantes inondations du Bonnant, lequel coule normalement à 4 mètres en contre-bas du talus des berges. Actuellement, les parois de la fosse sont en partie éboulées.

C'est une source froide, dont la température est de 11° environ; le débit, très important, serait approximativement de 5 à 600 litres-minute; mais l'eau est mêlée d'une façon constante à celle du Bonnant, qui coule à un niveau supérieur, et il est impossible, dans l'état actuel des choses, d'y faire des prises convenables d'échantillons.

Des analyses très sommaires ont toutefois montré que ces eaux étaient magnésiennes, faiblement bicarbonatées, sulfatées, calciques, mais très peu lithinées. En tout cas, leurs propriétés laxatives ont été bien établies.

Non loin de là, on connaît depuis longtemps, le long du tunnel dans lequel se trouve la conduite qui amenait l'eau de la Source Gontard-de Mey à l'ancien établissement de 1895, une émergence abondante dont la composition est, paraît-il, très voisine de celle de la source précédente, surtout en ce qui concerne la teneur en MgO et le poids du résidu sec. Nous aurions donc là deux sources de même nature appartenant à un circuit souterrain commun.

4° Source ferrugineuse.

Les anciens auteurs parlent tous d'une source ferrugineuse dont la température serait de 20° C. Je n'ai pas pu savoir où se trouvait cette source chaude, et personne, sur place, n'a pu me renseigner à ce sujet. Toutefois, une source ferrugineuse a été mise à découvert au cours des fouilles effectuées au abords de la source Gontard-de Mey en 1908, mais cette source a été abandonnée et murée.

En surface, j'ai retrouvé sur la rive gauche du Bonnant, à 30 mètres environ à l'aval du petit pont de bois qui conduit au sentier des Poules, une source froide abondante (12°) qui se fait jour en deux émergences situées tout au bord et à 0 m. 80 environ au-dessus du plan d'eau du Bonnant.

Ces émergences, qui se décèlent immédiatement par les sédiments rouges qu'elles déposent en une longue traînée sur les alluvions du torrent, doivent être, elles aussi, noyées périodiquement au moment des crues. (Le Bonnant peut s'élever à 1 m. 50 à 2 mètres au-dessus de l'étiage d'hiver.) On voit d'ailleurs en ce point un tube de sondage en fonte qui s'enfonce verticalement dans le sol et témoigne de tentatives anciennes de captage profond. Cette eau sort des gypses et cargneules, et des analyses récentes (Florence) ont montré qu'elle était sulfatée, calcaïque et légèrement ferrugineuse (0,048 de carbonate de fer).

D'autres émergences analogues existent d'ailleurs dans le talus de la rive gauche du Bonnant, un peu plus à l'amont, après la passerelle du sentier des Poules.

5° Origine des éléments minéraux de ces diverses sources.

La minéralisation des eaux de Saint-Gervais est puisée aux terrains de la région, dont elle traduit la composition chimique :

ce sont des sources à base de Trias, terrain qui renferme des sédiments dont la composition est celle de tous les dépôts de lagunes ou de marais salants.

On y trouve, en effet, du chlorure de sodium (sel gemme), des sulfates de chaux (anhydrite et gypse), des carbonates doubles de chaux et de magnésie (dolomie, cargneules), du brome, de l'iode, etc., sans compter les autres groupements à base de potasse qui peuvent s'y rencontrer, quoique n'existant pas normalement dans l'eau de mer, mais qui peuvent y prendre naissance par double réaction chimique des sulfates sur les chlorures et carbonates²¹. Il n'est d'ailleurs pas besoin de faire intervenir un lessivage prolongé de ces terrains pour que des eaux thermales puissent s'emparer du sel et du gypse. La solubilité du premier s'accroît lentement, mais régulièrement avec la température, celle du second présente un maximum de solubilité entre 32 et 40°, c'est-à-dire au voisinage d'une température qui est à peu près celle de nos sources. Mais si nos eaux sont relativement peu salées, c'est que, dans nos régions, le sel imprègne l'anhydrite, laquelle gît en profondeur, et que sa teneur y est assez faible, tandis qu'il a disparu des masses hydratées gypseuses de la surface.

Le dégagement d'hydrogène sulfuré du griffon de la source du Torrent serait ici le résultat de causes purement superficielles : la présence de masses de glairines dans le bassin de recette suffit à expliquer ce gaz par simple réduction organique des sulfates de chaux ou de sodium. Cette glairine ne se montre dans l'eau minérale qu'au contact de l'air extérieur; c'est un corps d'aspect gélatineux, d'un blanc légèrement grisâtre, qui renferme de nombreuses Algues filamenteuses microscopiques du groupe des Schizophycées, Sulfuraires ou *Beggiatoa*. Ces petites algues, par un mécanisme actuellement bien connu, provoquent la décomposition qui libère l'hydrogène sulfuré en

²¹ Et c'est en particulier le cas des sulfates de calcium, de magnésium et surtout de sodium.

fixant de minuscules parcelles jaunes de soufre dans leur protoplasme ²².

Remarquons à ce sujet que les vieilles analyses de Bourne, Grange, Payen, indiquent toutes que les deux sources Gontard et de Mey, aujourd'hui réunies, étaient autrefois légèrement sulfureuses. Elles ont donc perdu cette propriété que la source du Torrént a seule conservée. Cette désulfuration peut être considérée comme une excellente chose pour la station de Saint-Gervais, puisqu'elle a donné lieu à un type nouveau de source.

Le carbonate de chaux n'est pas très abondant dans nos sources et provient, comme le carbonate de magnésie, beaucoup moins soluble, des dolomies et cargneules du Trias, ou même des schistes marneux du Lias.

Quant au lithium et à la silice, ce sont là éléments empruntés aux roches cristallines; en particulier, l'abondance insoupçonnée de lithium peut s'expliquer par la présence, dans ces roches, de micas lithinifères du type lépidolite, ou de feldspathoïdes alumineux et lithinifères comme le triphane ²³.

La radio-activité est également empruntée aux roches cristallines, lesquelles, ainsi que l'ont démontré les études récentes, sont toutes plus ou moins riches en éléments radio-actifs. Les roches sédimentaires elles-mêmes le seraient également, mais à un degré beaucoup plus faible; seules les gypses et anhy-

²² Les sulfates sont réduits à l'état de sulfures avec mise en liberté d'hydrogène sulfuré. On explique de la même façon la formation de sulfures et de H²S au griffon des sources d'Aix les-Bains. Ici, comme à Saint-Gervais, d'ailleurs, l'hydrogène sulfuré attaque les parois calcaires des grottes ou les revêtements de maçonnerie des salles de captage, pour donner des efflorescences blanches de sulfate de chaux. Dans d'autres cas, la présence d'éléments sulfurés peut être due à la réduction des sulfates par des niveaux bitumineux inclus dans la série sédimentaire traversée par les eaux thermales. C'est le cas des sources de Challes (Savoie) par exemple, dont la richesse en soufre est bien connue.

²³ Minéraux qui existent effectivement dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges. Voir V. PAYOT, Statistique minéralogique et pétrographique des roches de la chaîne du Mont-Blanc et des montagnes environnantes (Lyon. imp. Jacquet, 1895).

drites seraient inactifs, d'après les recherches de Elster et Geitel. Cette radio-activité est d'ailleurs toujours beaucoup plus élevée dans les sources chaudes que dans les sources froides, exception faite seulement pour quelques sources granitiques froides.

Il n'est pas jusqu'au zinc lui-même de la source Gontard-de Mey qui ne puisse très naturellement s'expliquer par les mouchetures métalliques de blende (sulfure de zinc), dont la présence est des plus banales dans les roches cristallines.

Le limon rouge (oxyde de fer) qui se dépose au griffon de la source ferrugineuse a été sans doute emprunté aux cargneules ferrugineuses signalées le long de la rive gauche du Bonnant. Ces cargneules sont, par places, riches en pyrites de fer altérées; ici encore, cette propriété serait acquise dans les zones les plus superficielles de l'écorce.

6° Comparaisons.

Les eaux de Saint-Gervais s'apparentent à la catégorie des sources thermales salines, chlorurées et sulfatées et radio-actives, qui forment une longue traînée dans les Alpes françaises de Sud en Nord : Le Plan-de-Phazy, Monestier-de-Briançon dans les Hautes-Alpes; La Motte, Uriage, Allevard dans l'Isère; l'Echaillon, la Léchère, Brides, Moûtiers-Salins, Bonneval en Savoie.

Au delà, dans les Alpes suisses, une suite d'émergences remarquables, de même nature, se montre dans la zone des massifs cristallins externes, à Loèche-les-Bains, en Valais. Toutes ces sources, sans exception, sont en relation avec les terrains triasiques et cristallins.

Chaque source, à Saint-Gervais, possède ses propriétés très particulières et ses indications thérapeutiques : la source principale (Gontard-de Mey) se rapproche des eaux de Bourbonne (Haute-Marne) et de Carlsbad (Bohême). La source Sulfureuse peut être parallélisée avec celle d'Aix-les-Bains, et, toute pro-

portion gardée quant à la teneur en soufre, avec celle de Challes ; enfin la nouvelle source, dite Magnésienne, rappelle singulièrement, paraît-il, les eaux de Contrexéville.

IV. — ORIGINE PROBABLE DES SOURCES

On sait, surtout depuis les beaux travaux de L. de Launay²⁴, que presque toutes les sources chaudes sont en relation avec les dislocations les plus récentes de l'écorce terrestre, et que, partant, leur localisation est de préférence restreinte aux zones où ces derniers phénomènes se sont fait sentir. La chaîne alpine, la dernière née des grands systèmes montagneux qui ont accidenté successivement, au cours des temps géologiques, la surface de la planète, possède effectivement de nombreux et riches districts thermaux.

Mais pour qu'il y ait source thermale, deux conditions sont nécessaires : présence de fissures et diaclases agencées en un circuit souterrain d'allure spéciale (thermo-siphon), présence de roches minéralisatrices.

Or, on connaît dans la région nombre de sources froides, pures ou minéralisées, mais non thermales et pour lesquelles ces conditions ne sont pas réalisées. Ainsi, en amont du hameau de Bionnay, au lieu dit « Bocassey », se trouve une belle source froide qui sourd d'une diaclase des micaschistes à muscovite, diaclase elle-même située au bas d'une zone fissurée que parcourent les eaux d'infiltration souterraines et qui est marquée dans la topographie par une zone déprimée²⁵. On connaît d'au-

²⁴ L. DE LAUNAY, Recherche, captage et aménagement des sources thermominérales. Paris, Baudry et C^{ie}, 1899.

²⁵ J. RÉVIL, Hydrogéologie des massifs savoisiens (Savoie, Haute-Savoie). Régime des sources et des nappes aquifères. Méthodes de recherches, de captage, de protection (*Bull. Soc. Hist. Naturelle de Savoie*, t. XX, 1925, p. 1-164).

tres sources de régime analogue, mais moins abondantes comme débit, sur le versant occidental du Prarion, en contre-bas du « Grand Bois », ainsi que dans la vallée de Chamonix, près de la patinoire des Jeux Olympiques. Dans ce dernier cas, les eaux descendantes se font jour par plusieurs diaclases des mica-schistes et n'acquièrent leur minéralisation, d'ailleurs faible, que dans les éboulis cristallins de la surface, au-dessous desquels elles circulent quelque temps.

Ailleurs, ce sont les calcaires dolomitiques du Trias, calcaires bien lités, mais très diaclasés qui peuvent emmagasiner les eaux météoriques, lesquelles sont ensuite rendues aux points bas à l'état de petites sources. La source qui alimente l'établissement thermal et le hameau du Fayet a été précisément captée dans les calcaires triasiques de la rive gauche du Nant de Gibboux²⁶. Si les eaux souterraines traversent les gypses, elles se minéralisent, tout en restant froides (nombreuses sources de ce type en Tarentaise et Maurienne, dans les régions triasiques²⁷).

a) SOURCE MAGNÉSIENNE. — Cette source froide, de débit assez important, possède une minéralisation du type magnésien, sulfaté calcique. Son griffon ne paraît pas encore fixé, car on trouve des émergences de composition analogue à quelques mètres à l'amont de l'émergence principale et le long du souterrain d'évacuation de la source Gontard. Le circuit qui donne naissance à ces eaux est donc relativement superficiel; il est, d'autre part, complètement indépendant du circuit auquel sont dues les sources thermales. Il est probable qu'une nappe superficielle s'écoule pendant un certain temps dans l'horizon des gypses et cargneules triasiques de la rive gauche du Bonnant, où elle est maintenue par un des lits schisteux imperméables, assez fréquents dans ce complexe. Arrivée au niveau de la

²⁶ Ou du Gibeloux.

²⁷ Il existe également une source sulfureuse froide en rapport avec le Trias à Chamonix.

nappe phréatique du torrent, par suite de l'inflexion des couches (pendage N.-W.), elle vient au jour.

C'est donc une source froide, d'un type assez banal, qui doit sa minéralisation au fait que les eaux qui l'alimentent ont traversé les assises du Trias auxquelles elles ont emprunté leur magnésie et leurs sulfates. Les autres sources magnésiennes à sédiments ferrugineux du vallon des Bains auraient une origine analogue, le fer étant ici plus spécialement emprunté aux cargneules pyriteuses.

b) SOURCES THERMALES. — Nous avons vu que ces sources sont échelonnées le long du Bonnant, sur quelques dizaines de mètres. D'après leur minéralisation, elles ont dû circuler dans les terrains cristallins (radio-activité et lithium) et triasiques (sels de la série lagunaire).

Leur température et la grande constance de leur débit impliquent un trajet souterrain relativement profond.

Il est incontestable que ces sources sourdent au niveau de la zone de laminage qui se montre dans les quartzites de la partie Nord de l'escarpement de la cascade des Bains, zone qui correspond à une petite faille. Pour nous, sources Gontard-de Mey et Sulfureuse font partie du même circuit hydrominéral. Si on laisse de côté la source sulfureuse dont la température est, pour le moment, manifestement influencée par les infiltrations froides du Bonnant²⁸, nous pouvons tabler sur la température de la source Gontard-de Mey pour laquelle nous admettrons le minimum de 41°.

Si, d'autre part, nous admettons comme température moyenne pour la région de Saint-Gervais le chiffre de 7° et comme degré géothermique celui de 33 mètres, il en résulte que la profondeur atteinte par le circuit hydrominéral souterrain doit être, en

²⁸ Dont la température moyenne est de 6° environ pendant la belle saison.

moyenne, de 1000 mètres, ce qui est certainement un chiffre minimum ²⁹.

D'autre part, nos eaux thermales ont acquis la partie la plus importante de leur minéralisation près de la surface, dans le Trias, avant de pénétrer dans les roches profondes. Il n'est pas possible, en effet, d'admettre que cette minéralisation se soit effectuée uniquement au voisinage de l'émergence, puisque les eaux sourdent des niveaux inférieurs du Trias uniquement quartziteux. Dès lors, il reste à rechercher quel Trias elles ont léché.

Il ne semble pas que le Trias qui ceinture le massif du Mont-Blanc doive être pris en considération, parce que ce massif est séparé de celui des Aiguilles-Rouges-Prarion par un écran imperméable très épais, très profond, constitué par le synclinal liasique de Chamonix. Quant au Trias du Prarion, il est très peu développé; il est d'ailleurs surtout formé de quartzites, les niveaux dolomitiques et gypseux ayant presque partout disparu. Le seul Trias qui nous reste est celui de la région de Mégève et de la base du Mont-Joly, c'est-à-dire, en définitive, celui qui, en profondeur, rejoint les couches du vallon des Bains, après l'inflexion transversale du Bonnant.

Voici donc comment nous pouvons concevoir le mécanisme qui donne lieu aux sources thermales de Saint-Gervais (fig. 7) : les eaux météoriques qui ruissellent dans la dépression cristal-

²⁹ L'isogéotherme étant à 10 mètres de profondeur, c'est donc à partir de cette zone que la température du sol doit augmenter régulièrement de 1° par 33 mètres. La différence entre la température de la source et celle du milieu étant de $41 - 7 = 34$, la profondeur atteinte par le circuit souterrain est donc de $33 \times 34 = 1122 + 10$ m. (isogéotherme) = 1132 mètres. Ce chiffre est certainement faible, car si l'on tient compte du refroidissement subi par les eaux au cours de leur « remontée », refroidissement qui doit atteindre plusieurs degrés (8 à 10° environ), nous obtenons $1132 + (33 \times 10) = 1460$ m., soit 1500 mètres en chiffres ronds. Les eaux doivent donc descendre, dans la région de Mégève (cote 1000) et de l'extrémité septentrionale du Mont d'Arbois, à la cote de — 500 environ au-dessous du niveau de la mer pour acquérir leur thermalité.

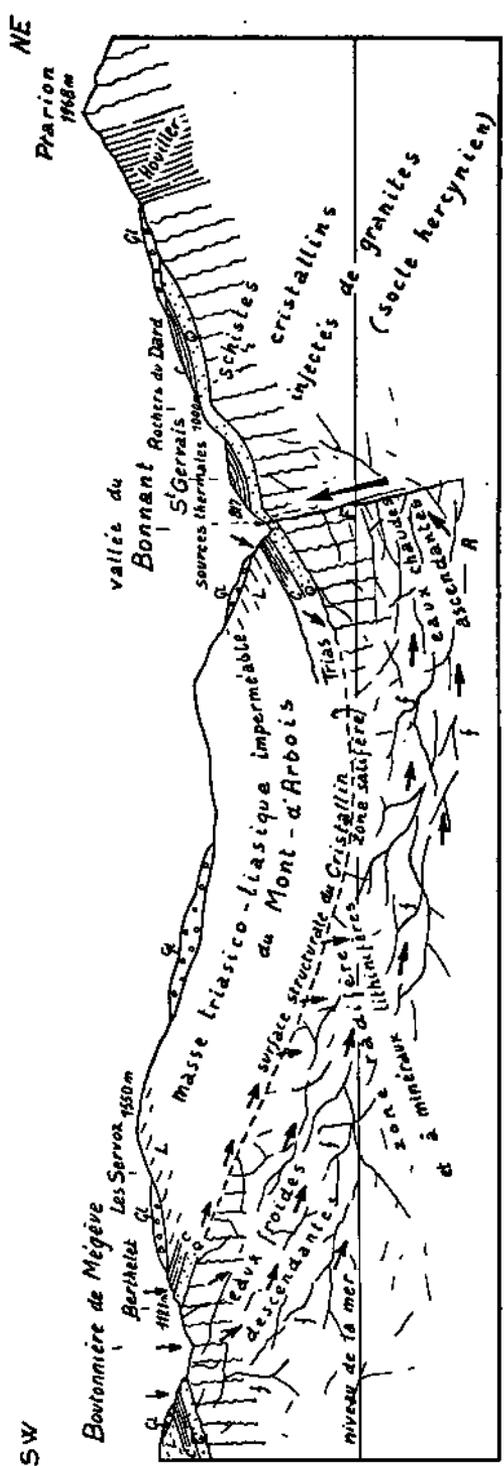


Fig. 1. — Coupe géologique schématique montrant l'origine probable des sources thermo-minérales de Saint-Gervais. Sur le socle cristallin viennent successivement le Trias comprenant : à la base, des grès quartziteux (Q) et, au sommet, la formation des gypses et cargneules (C). Le Lias (L), schisto-calcaire.

Les flèches indiquent le sens de la circulation des eaux : en F, réseau complexe des étroites fissures utilisées par les eaux froides descendantes; en F', zone de laminage, suivie par les eaux chaudes ascendantes. En A, zone de température élevée. Les eaux se minéralisent au contact du Trias (éléments salins) et du Cristallin (radio-activité, lithium).

line ramifiée de Mégève et sur le pourtour du Mont-Joly, ou qui s'infiltrèrent dans les entonnoirs gypseux du plateau de Vervex et des Amerans, ont une tendance naturelle à s'écouler momentanément en suivant la pente naturelle de la surface structurale du Cristallin et des couches du Trias, trajet pendant lequel elles se minéralisent en éléments salins chlorurés et sulfatés; puis elles pénètrent peu à peu dans les nombreuses et étroites fissures ou fentes dues au laminage des roches du socle hercynien, et c'est à partir de ce moment qu'elles acquièrent leur radio-activité et leur lithium. Elles parviennent ainsi, après s'être réchauffées progressivement pendant un trajet souterrain considérable et qu'elles ont parcouru très lentement, à une certaine profondeur. Elles ont là une température qui est sensiblement celle de la roche environnante; si à ce moment, et c'est ce qui est effectivement réalisé, ces eaux rencontrent une fissure ou une zone diaclasée subverticale plus large que les autres, elles s'engagent dans cette nouvelle voie pour remonter à la surface et avec une vitesse d'autant plus grande que leur température et les gaz qu'elles contiennent les rendent moins denses, et que, d'autre part, les eaux froides descendantes, plus lourdes, continuent à exercer leur pression hydrostatique. Il est donc indispensable que cette remontée soit très rapide pour que la haute thermalité soit conservée : c'est le mécanisme du thermo-siphon.

Parvenues au point terminus de leur trajet ascendant dans la roche fissurée, les eaux chaudes se dispersaient autrefois dans les alluvions du Bonnant, bien au-dessous du plan d'eau de ce torrent.

Le but des captages a été de les fixer exactement et dans la mesure du possible à leur sortie du rocher.

Les trois émergences principales, Gontard, de Mey, Sulfureuse, ont une origine commune et proviennent d'une seule veine profonde; c'est pourquoi l'on a pu, sans inconvénient, réunir les griffons des deux premières dans le même captage. Quant à la dernière, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, elle n'acquiert sa sulfuration qu'après sa sortie de la roche, à l'air libre.

V. — RESUMÉ ET CONCLUSIONS

Les eaux thermo-minérales de Saint-Gervais se font jour sur les berges du Bonnant, grâce à une dislocation le long de laquelle les roches sont intensément laminées et après un trajet souterrain considérable au cours duquel elles ont acquis leur température et leur minéralisation, cette dernière empruntée au Trias et au Cristallin.

Ce sont des eaux sulfatées et chlorurées, sodiques et calciques, radio-actives, dont l'originalité réside dans la bromuration et la haute teneur en lithine.

Elles peuvent être classées à côté de la plupart de nos sources alpines (Plan-de-Phazy, Uriage, Allevard, l'Echaillon, la Léchère, Brides), qui toutes, sans exception, sont en relation avec les terrains triasiques et cristallins et viennent au jour le long d'accidents tectoniques.

Cette manière d'être des sources thermo-minérales alpines est même une loi très générale.

On peut dire avec W. Kilian³⁰ qu'elles soulignent les accidents qui ont pris naissance au moment de la formation des chaînes de montagnes; elles deviennent ainsi un trait particulièrement caractéristique des grandes zones de plissement qui déforment progressivement la surface de notre planète.

³⁰ Sur l'origine probable des eaux thermales d'Aix-les Bains (Savoie) et le rôle des accidents tectoniques dans la thermalisation et la minéralisation des sources (*Livre jubilaire* publié à l'occasion du Cinquantenaire de la fondation de la *Société Géologique de Belgique*, Liège, 1924).

L'étude la plus récente et la plus complète sur l'origine des sources thermales d'Aix-les Bains a été publiée en 1930 dans les *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie du Collège de France*; on y trouvera, réimprimée, la note de W. Kilian citée ci-dessus.
