

# Sources thermales de Caldellas

## CAPTAGES

PAR

C. FREIRE D'ANDRADE

Ingenieur des mines



— Oficinas da secção de publicidade —

DO

MUSEU COMERCIAL

ANEXO AO

Instituto Superior de Comércio de Lisboa

1924



Sources thermales de Caldeillas

CAPTAGES

SOURCES THERMALES DE CALDELLAS

---

**CAPTAGES**



# Sources thermales de Caldellas

---

## CAPTAGES

PAR

C. FREIRE D'ANDRADE

Ingenieur des mines

*Enrico José de Azevedo*

Rua Vinhas de Semeite, 1262  
P - 4720 - 243 CALDELAS



— Oficinas da secção de publicidade —

DO

MUSEU COMERCIAL

ANEXO AO

Instituto Superior de Comércio de Lisboa

1923

Francisco de Sá de Mirada.	92564
	011101208

# Sources thermales de Caldellas

CALDELLAS

187

C. PIRES BARRADO

Impressor em Lisboa

*Comiss. For. de Arqueol.*  
Com. Arqueol. de Setúbal, 1905  
P. 4150 - 203 CALDELLAS

ESTADO DA REPUBLICA  
MINISTERIO DA AGRICULTURA  
INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AGRICULTURA  
SERVICO DE ESTUDIOS DE AGRICULTURA

1905	1905
de 22 de	de 22 de
Maria	Maria

## Sources thermales de Caldellas

### Captages

Les sources thermales de Caldellas se trouvent à 18 Kil. E. N. E. de la ville de Braga, au fond de la dépression assez profonde où coule le petit ruisseau d'Albito. Les sources sont connues depuis longtemps, et des inscriptions qui ont été trouvées sur place montrent que les romains les ont connues, quoique sans y faire des travaux assez importants pour avoir laissé des traces.

Les eaux de Caldellas ont toujours été utilisées par les habitants du pays. Elles étaient devenues la propriété des moines du couvent de Rendufe, mais ce n'est que vers 1803 que quelques travaux d'aménagement ont été réalisés pour faciliter leur emploi par les malades.

Les griffons sont situés sur les bords du ruisseau d'Albito, mais les eaux émergeaient alors au milieu des alluvions de peu d'épaisseur qui formaient le fond de la vallée; on s'était limité à aller chercher l'eau thermale dans les griffons en roche compacte, et à construire sur place et sur une partie des sources, des espèces de piscines carrées, de 2,<sup>m</sup>50 de côté par 0,<sup>m</sup>50 à 0,<sup>m</sup>60 de profondeur, qu'on désigna sous le nom de *poços* (puits). Sur chaque piscine, on a construit une chambre voûtée. C'est dans ces *poços* que les malades, par groupes de trois, prenaient ensemble leurs bains.

Il y avait en tout quatre *poços* correspondant à quatre griffons; sur un cinquième, on avait installé un captage très rudimentaire, formé par un petit réservoir avec tuyau d'écoulement. L'eau qui en sortait était utilisée comme boisson; d'après la tradition, c'est l'eau de cette source, qu'on appelle *Bica de Fóra*, qui est la plus

efficace, quoiqu'en composition et température elle diffère très peu de celles de la plupart des autres sources de Caldellas.

Par la loi du 30 Septembre 1892, le gouvernement portugais a déclaré que toutes les sources thermales portugaises étaient la propriété de l'État, et il a établi les conditions nécessaires à leur concession. En 1893, il accordait au Vicomte de Semelhe, pour une période illimitée, les sources de Caldellas, sous certaines conditions.

Le Vicomte de Semelhe fit alors exécuter de nouveaux travaux; il conserva les quatre anciens puits, et améliora légèrement les conditions de la source *Bica de Fóra*. Il chercha à capter quelques unes des autres sources, jusqu'alors négligées, pour les utiliser dans un établissement balnéaire qu'il fit construire.

Le captage fût fait sans les précautions nécessaires; l'établissement thermal fût construit sans souci des conditions hygiéniques les plus rudimentaires. Ainsi, comme le nombre des malades qui accouraient à Caldellas augmentait toujours, le Service des Mines, qui a, au Portugal, le contrôle des eaux minérales, a exigé du représentant du concessionnaire qu'il fit exécuter un nouveau captage, et édifier un nouvel établissement balnéaire.

C'est de ce nouveau captage, dont j'ai pris la responsabilité devant le Service des Mines, que je vais dire quelques mots.

\*  
\*   \*  
\*

*Description géologique du Pays*: — Les sources de Caldellas se trouvent dans la partie portugaise du grand plateau ancien de la *Meseta* ibérique. Quand on examine la carte géologique portugaise on voit que toute la région de Caldellas et ses environs est formé par les terrains archéens avec du granit. À Caldellas même, c'est le granit qui domine. C'est un granit ordinaire, à mica noir, à gros grains et parfois avec des nodules noirs de mica très abondante.

Tout le terrain est très plissé, recoupé de diaclases et de failles. La *Meseta* ibérique a été très visiblement influencée par les soulèvements hercyniens et alpins. Sur la carte géologique les plis et failles hercyniennes sont rendus très apparents par les bandes de terrains paléozoïques courbées vers le Sud et qui, du Nord du pays, où elles ont la direction N.E., s'étendent vers l'Espagne pour atteindre, à l'Est, une direction qui s'approche de la dire-



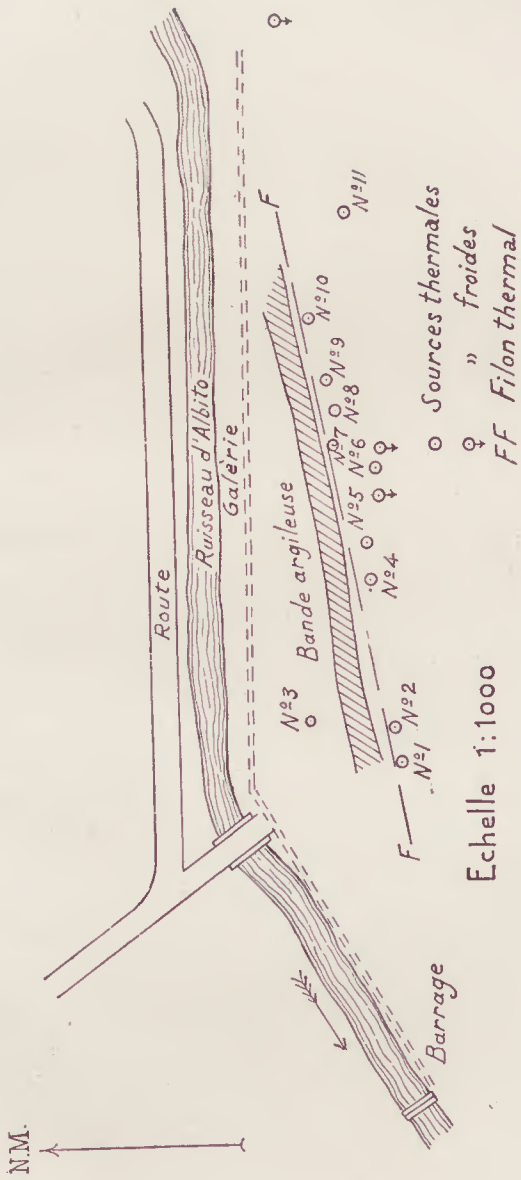


FIG. 1 — PLAN DES SOURCES



ction E. O. C'est perpendiculairement à ces bandes paléozoïques qu'on voit les failles les plus marquées du Nord du Portugal et indiquées, soit par des dépressions comme celle du Corgo, soit par des dislocations comme celle de Villa Verde.

Dans la région très montagneuse de Caldellas et ses environs, les diaclases et les failles sont parfois très apparentes. Leurs directions moyennes sont celles de N 12° O et de E 12° N. À Caldellas même il existe un filon qui a la direction E 12° N et les sources thermales sont dues à l'intersection de la dépression du ruisseau d'Albito avec ce filon; le long duquel les eaux thermales sortent au jour (fig.<sup>e</sup> 1).

Le filon est très bien marqué et il est d'une puissance variable, ne dépassant pas 15 centimètres. Son remplissage est argileux, avec des fragments des roches encaissantes. Les diaclases, très nombreuses vers l'Est de la source n.º 4, suivent, soit la direction du filon soit la direction perpendiculaire.

Le granit est très fissuré et les eaux thermales déposent parfois une couche noire rougeâtre d'oxyde de fer, qui se voit surtout dans les fissures parallèles à la direction du filon thermal.

Soit au nord, soit au sud du filon, le granit diffère du granit normal du pays. Au nord il est très abondant en mica noir et très argileux, ce qui est dû à l'altération du feldspath. Au sud, le feldspath jaunâtre domine, le mica noir disparaît en grande partie, et la roche est très compacte, et peu altérée; elle est très fissurée et coupée par des diaclases nombreuses, ce que n'arrive pas dans le granit argileux du nord du filon thermal, dans lequel les diaclases sont très rares, ou disparaissent entièrement.

Il est à remarquer que toutes les sources viennent à la surface dans la zone de granit compact, à grain fin, la source No. 3 exceptée. Celle-ci a son griffon dans le granit normal du pays, du côté nord de la bande de granit argileux.

*Sources.* Tous les griffons sont alignés le long du filon thermal, le long duquel les eaux montent à la surface (fig.<sup>e</sup> 2 et 3.). Leur multiplicité apparente est due à des diaclases très nombreuses, surtout en amont de la source N.º 3, et qui donnent origine à des bifurcations multiples. Pendant les travaux de captage les eaux remontaient à la surface par toutes les fissures sur lesquelles les excavations faites, produisaient une moindre charge ou dépression hydrostatique (Fig.<sup>e</sup> 4.).

On a pu vérifier qu'à Caldellas les sources peuvent être divisées en quatre groupes, formés par :

1. <sup>er</sup> groupe.....	Sources n. <sup>os</sup> 1 e 2
2. <sup>e</sup> groupe.....	Source n. <sup>o</sup> 3
3. <sup>e</sup> groupe.....	Source n. <sup>o</sup> 4
4. <sup>e</sup> groupe.....	Sources n. <sup>os</sup> 5 à 11

En effet, les travaux sur la source N.<sup>o</sup> 3 n'ont pas diminué le débit des sources N.<sup>os</sup> 1, 2 ou 4. De même que les travaux sur les sources N.<sup>os</sup> 5 à 11 n'ont eu aucune influence sur la source N.<sup>o</sup> 4. Pour les groupes N.<sup>os</sup> 5 à 11, dès que l'on diminuait la pression hydrostatique sur les sources N.<sup>os</sup> 5, 7, 8, 9 ou 10, l'eau diminuait ou disparaissait dans toutes les autres, et le débit et la température diminuaient beaucoup dans les sources N.<sup>os</sup> 6 e 7.

Pour connaître le niveau hydrostatique des sources, et avoir des éléments pour choisir le niveau de captage, on a placé des tubes piézométriques sur chacune d'elles, tout en obligeant l'eau à s'élever à l'intérieur de ces tubes. Dans toutes les sources, l'eau a monté à peu près au même niveau; dans les sources N.<sup>os</sup> 4 et 5, elle s'est élevée de 25 centimètres au-dessus du niveau moyen des autres sources, et dans la source N. 3, le niveau de l'eau est resté 0,<sup>m</sup> 20 au-dessus de ce niveau moyen.

La température la plus haute est celle des eaux de la source N.<sup>o</sup> 4 et ce fait, de même que les pressions hydrostatiques des différentes sources, peut nous faire croire que les sources N.<sup>os</sup> 4 et 5, très voisines, sont le centre du groupe thermal de Caldellas.

Pendant les travaux, on a recoupé une diaclase très bien marquée, et qui, tout en suivant parallèlement à la direction du filon thermal, allait passer par la source N.<sup>o</sup> 6. Les eaux et la température de cette source ont immédiatement diminué, en même temps que l'eau jaillissait très fortement à l'endroit où la diaclase avait été recoupée. La composition et la température des eaux de la nouvelle source (N.<sup>o</sup> 11) étaient les mêmes que celles de la source N.<sup>o</sup> 6, et dès que l'on augmentait la charge sur la source N.<sup>o</sup> 11, le débit augmentait dans la source N.<sup>o</sup> 6. On a donc fait le captage sur la source N.<sup>o</sup> 11, à l'endroit même où ces eaux avaient été recoupées, ce qui a permis d'éviter plus facilement l'infiltration des eaux superficielles. Le captage ayant été fait sur la roche même, les eaux ont été ensuite amenées à l'endroit où elles sont utilisées par des tuyaux en grès.

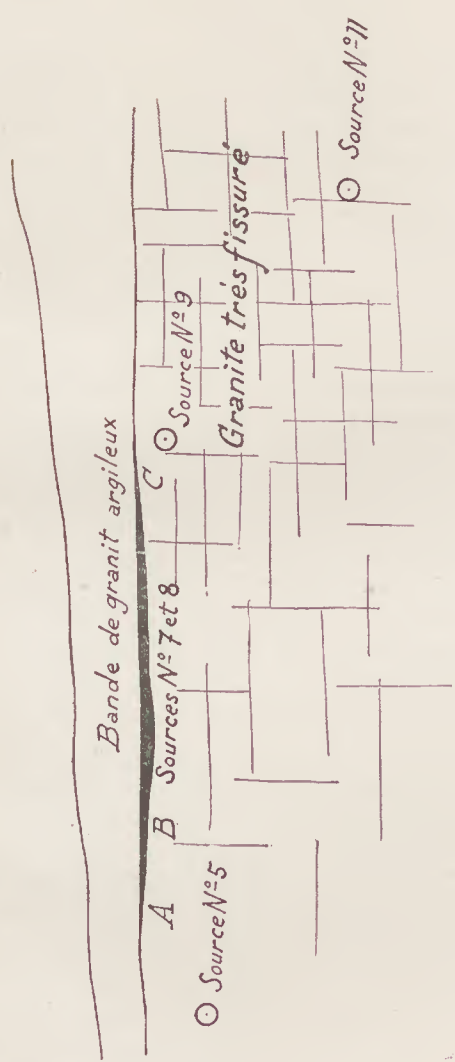


FIG. 2



Les sources de Caldellas sont marquées dans le plan ci-joint par les N.<sup>os</sup> 1 à 11. Les eaux étaient employées comme suit :

N.<sup>o</sup> 1: — Baignoires du puits *Elefancia*.

N.<sup>o</sup> 2: — » » » *Carvalho*.

N.<sup>o</sup> 3: — Employée comme boisson. (*Bica de Fóra*).

N.<sup>o</sup> 4: — Baignoires du puits *Rheumatismo*.

N.<sup>o</sup> 5: — » » » *Fresco* (Frais).

N.<sup>o</sup> 6: — Employée comme boisson. (*Bica Barbosa*).

N.<sup>os</sup> 7 à 10: — Baignoires de l'ancien établissement balnéaire.

N.<sup>o</sup> 11: — Parue pendant les derniers travaux.

En dehors des sources thermales, on voit, à la base du versant sud de la vallée, et sur une longueur de 200 mètres à partir du pont qui traverse le ruisseau d'Albito, plusieurs sources d'eau froide, dont quatre, plus importantes, ont été marquées sur le plan ci-joint.

Ces sources proviennent des eaux superficielles infiltrées dans le granit; elles se trouvent surtout sur la rive sud du ruisseau. En vertu du principe des pressions hydrostatiques réciproques, les eaux thermales sont concentrées dans le thalweg par les eaux superficielles, et de façon à rejeter les eaux froides au dehors. Le massif granitique s'élève sur la rive gauche du ruisseau jusqu'à plus de 1.000 mètres d'altitude et c'est de ce côté que les infiltrations d'eau superficielle étaient les plus à craindre. Du côté nord du filon thermal, la bande de granit décomposé, très argileux, forme une protection très efficace contre les dérivations secondaires de l'eau thermale et aussi contre les infiltrations d'eaux froides.

*Composition des eaux des sources thermales* — D'après ce que nous venons de dire, tout porte à croire que les eaux des sources de Caldellas proviennent d'une origine commune et que, venant à la surface par des bifurcations multiples du filon thermal, elles présentent dans leurs griffons, des propriétés thérapeutiques différentes, dues à une influence superficielle quelconque; cette influence doit être, dans le cas que nous considérons, celle des eaux superficielles, dont les infiltrations altèrent la température et minéralisation des eaux thermales.

Il y aura donc à considérer si à Caldellas, on ne devrait pas chercher à, par un captage assez profond, parvenir à réunir les eaux de toutes les sources dans un griffon unique. Nous ne croyons pas que ce système pût être avantageux.

En effet, les eaux, dessiminées sur des fissures transversales

du filon thermal, et apparaissant à la surface par une série de grifons alignés suivant la fracture principale, n'ont pas la même composition ni la même température. Quoique les différences soient très petites, l'eau des différents groupes de sources, dont la température et la minéralisation étaient les mêmes en profondeur, ont subi vers la surface, des altérations et des modifications, soit par le mélange avec les eaux froides soit par l'action de l'air, soit par le fait même de leur refroidissement. Ces altérations, et ces modifications, quoique très légères, peuvent avoir une influence très marquée sur l'action thérapeutique des sources, dont on a vérifié, pendant de longues années, l'action physiologique. À Caldellas on a constaté les vertus différentes des diverses sources, et l'on a toujours attribué l'action la plus énergique à la source N.º 3, la seule employée comme boisson, de même que la source N.º 4 était considérée comme spécialement efficace dans les affections rhumatismales.

Il est à remarquer que la source N.º 3 est la seule qui se trouve au Nord de la bande de granit très décomposé et très argileux, qui suit le long du filon thermal, et que la fissure qui l'amène à la surface doit faire un long parcours dans ce granit.

Aussi avons nous cru devoir faire les captages par groupes de sources, tout en prenant des précautions spéciales pour ne pas altérer, en aucune façon, les conditions dans lesquelles se trouvait l'ancienne source N.º 3 qui, après le captage, a présenté la même température et la même composition qu'elle avait avant l'exécution des travaux, ce qui a été vérifié par l'analyse sommaire des eaux.

### Composition des eaux de Caldellas.

Les premières analyses des eaux de Caldellas sont celles des sources N.ºs 2, 4 et 6, faites par les professeurs de l'Université de Coimbra, Souza Gomes et Santos Silva. Ces analyses ont donné les résultats suivants:

#### Sources N.ºs 2 et 4.

	Source N.º 2	Source N.º 4
Chlore.....	0,006305.....	0,006367
Acide Sulfurique.....	0,011460.....	0,011314
» Silicique.....	0,025100.....	0,025200
» Carbonique.....	0,046383.....	0,047392





FIG. 3 — DEUX ASPECTS DU FILON THERMAL!  
F F — FILON THERMAL. — D — DIACLASE TRANSVERSALE



Chaux.....	0,023750.....	0,023425
Magnésium.....	0,001099.....	0,001495
Sodium.....	0,011989.....	0,012273
Potassium.....	0,001175.....	0,001165
Lithium.....	traces.....	traces
Oxyde de fer.....	».....	»
Fluor.....	».....	»
Matières organiques	indéterminées	indéterminés
Résidu fixe à 180° C par litre	0,003000	0,106600

**Source N.° 6. (Bica Barbosa)**

Chlore.....	0,0082209	grammes
Acide sulfurique.....	0,008448	»
Acide silicique.....	0,020000	»
Acide carbonique.....	0,033345	»
Chaux.....	0,170250	»
Magnésium.....	0,001441	»
Sodium.....	0,010291	»
Potassium.....	0,000987	»
Oxide de fer.....	traces	
Matières organiques.....	indéterminées	
Résidu fixe à 180° C par litre	0,084100	

Ces analyses ont été faites il y a quelques années, mais nous n'en connaissons pas la date exacte. En 1919 le professeur Charles Lepierre a pris lui-même, à Caldellas, des échantillons des eaux des sources N.°s 3 et 6 et il a fait, sur place, un examen sommaire des eaux des autres sources. Il est revenu à Caldellas en 1921, et les températures des sources, mesurées par lui, ont été trouvées, comme suit:

Sources	Temperature en degrés C.
N.° 2.....	30.4
N.° 3.....	30.9
N.° 4.....	32.1
N.° 6.....	22.2
N.° 7 à 10.....	30.2

Les résultats des analyses des sources 3 et 6, faites par l'illustre professeur, sont les suivants:

Composition élémentaire, par litre des eaux de la source N.º 3  
(Buvette *Bica de Fóra*):

Résidu fixe à 130° .....	0,81103
Gaz dissous	{ Anhydride carbonique..... 5,4 cc Oxigène..... 5,2 » Azote..... 11,4 » Argon, etc..... traces
par litre (à 0°	
et 760 mm) ..	
Chlore — Cl .....	0,00923 gram
Brome — Br.....	0,00006 »
Fluor — F .....	0,00080 »
Acide sulfurique — SO <sup>4</sup> .....	0,01080 »
» phosphorique — PO <sup>4</sup> .....	0,00044 »
» borique — BO <sup>2</sup> .....	0,00003 »
» nitrique — NO <sup>3</sup> .....	0,00062 »
Silice — SiO <sup>2</sup> .....	0,02180 »
Acide Carbonique — CO <sup>3</sup> .....	0,07827 »
Anhydride Carbonique — CO <sub>2</sub> .....	0,05740 »
Acide arsenique — AsO <sup>4</sup> .....	0,000003 »
Anhydride titanique — TiO <sup>2</sup> .....	0,00004 »
Sodium — Na .....	0,01033 »
Potassium — K .....	0,00273 »
Lithium — Li.....	0,00020 »
Rubidium — Rb.....	traces
Magnesium — Mg.....	0,00094 »
Calcium — Ca .....	0,01888 »
Baryum — Ba .....	0,00007 »
Strontium — Sr.....	0,00011 »
Aluminium — Al .....	0,00017 »
Fer — Fe.....	0,00070 »
Manganèse — Mn .....	0,00008 »
Matières organiques (en acide oxalique)....	0,00010 »

En dehors des éléments ci dessus indiqués, le professeur Lepierre a recherché, en 50 litres d'eau, les iodures, les nitrites, le Caesium, l'Ammonium, le Nickel, le Cobalt, l'Urane, le cuivre, le Plomb, l'Etain, l'Antimoine et le Bismuth, qui n'ont pas été trouvés dans l'eau de la source n.º 3.

D'après les résultats de l'analyse et des travaux réalisés, le professeur Lepierre conclut que, par ordre décroissant, l'eau de la

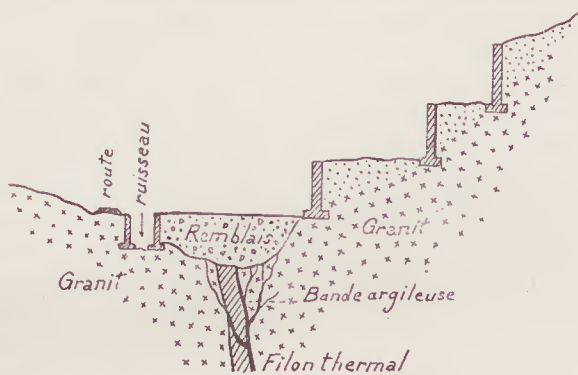


FIG. 4 — SECTION DE LA VALLÉE DE L'ALBITO MONTRANT LE FILON THERMAL AVANT LE CAPTAGE



FIG. 5 — VUE DE LA VALLÉE DE L'ALBITO, MONTRANT LE NOUVEAU LIT DU RUISSEAU R ET L'ANCIEN LIT, DÉBLAYÉ EN PARTIE, POUR FAIRE LES CAPTAGES SUR LESQUELLES A ÉTÉ BÂTI L'ÉTABLISSEMENT THERMAL A, M — MUR DE SOUTÈNEMENT



source n.º 3 de Caldellas est carbonique, silicatée, sulfochlorurée; les acides étant combinés avec les métaux suivants, aussi par ordre décroissant: calcium, sodium, potassium, magnésium, fer, lithium, etc. C'est donc une eau thermale, hyposaline, hypotonique, très ionisée, bicarbonatée calcique, et mixte, silicatée, sulfochlorurée, sodique, potassique, magnésienne, lithinifère, et ferrugineuse.

Le professeur Lepierre a aussi mesuré la radioactivité de l'eau de la source N.º 3, par le méthode d'ébullition, avec l'appareil Chéneveau-Laborde. Du résultat de ses travaux il conclut que l'eau contient de l'emanation du Radium, sans Thorium ou Actinium. En 10 litres d'eau il a trouvé 2 milligrammes minutes d'emanation, ou soient 146,8 millimicrocuries.

Composition élémentaire de l'eau de la source N.º 6 (*Bica Barbosa*.)

Résidu fixe a 130 <sup>0</sup> .....	0,gr0914
Gaz dissous par litre (a 0 <sup>0</sup> et 760 mm)...	{ Anhydride carbonique..... 7,6 cc
	{ Oxygene..... 4,3 »
	{ Azote..... 12,6 »
	{ Argon, etc..... traces

Composition élémentaire par litre.

Chlore.....	Cl.....	0,gr61349
Brome.....	Br.....	0,00005
Fluor.....	F.....	0,00060
Acide sulfurique.....	SO <sup>4</sup> .....	0,00800
Acide phosphorique.....	PO <sup>4</sup> .....	0,00031
Acide borique.....	BO <sub>3</sub> .....	0,00001
Acide nitrique.....	NO <sup>5</sup> .....	0,00416
Silice.....	SiO <sup>5</sup> .....	0,01940
Acide carbonique.....	CO <sup>5</sup> .....	0,05932
Anhydride carbonique....	CO <sup>2</sup> .....	0,04350
Acide arsénique.....	AsO <sup>4</sup> .....	0,000003
Anhydride titanique.....	TiO <sup>5</sup> .....	0,000004
Sodium.....	Na.....	0,01505
Potassium.....	K.....	0,00252
Lithium.....	Li.....	0,00012
Rubidium.....	Rb.....	traces
Magnésium.....	Mg.....	0,00116
Calcium.....	Ca.....	0,00865

Barium.....	Ba.....	0,00006
Strontium.....	Sr.....	0,00010
Aluminium.....	Al.....	0,00012
Fer.....	Fe.....	0,00060
Manganèse.....	Mn.....	0,00007
Matières organiques (en acide oxalique).		0,00014

Le professeur Lepierre a recherché, en 50 litres d'eau, les mêmes éléments déjà indiqués pour la source N.º 3, et ne les a pas trouvés.

Les eaux de la source N.º 6 sont donc analogues à celles de la source N.º 3, mais avec une moindre minéralisation.

Pour les autres sources, le professeur Lepierre nous donne leur alcalinité, mesurée par une solution decinormale. Il a trouvé les valeurs suivantes:

Sources	Alcalinité
N.º 2.....	10,4 cc.
N.º 3.....	10,4 »
N.º 4.....	10,2 »
N.º 6.....	6,0 »
N.os 7 à 10.....	10,0 »

Comme on le voit, et d'après les analyses, les eaux de Caldellas sont très peu minéralisées. Il faut cependant remarquer que les analyses chimiques des eaux minérales ne sont pas l'élément le plus sûr pour juger de leurs propriétés thérapeutiques. On est toujours porté à rechercher, parmi les éléments chimiques que les eaux tiennent en dissolution, l'explication la plus simple de leurs propriétés médicinales, et la cause primordiale de leur action. Mais si cela peut être vrai dans quelques cas, on ne peut pas avoir de doutes aujourd'hui sur l'effet des *dissolutions extrêmement* diluées de certains corps, de même que sur celui d'autres causes encore mal connues, et qui sont l'origine des effets vraiment remarquables des eaux thermales.

Il est probable que dans l'avenir, l'analyse des eaux minérales, qui aujourd'hui ne néglige plus ni la radioactivité, ni la présence des gaz rares, poursuivra dans la voie dans laquelle elle est entrée et qui la présence de principes chimiques, ou d'autres, encore insoupçonnés, expliquera, comme le fait remarquer Delaunay:



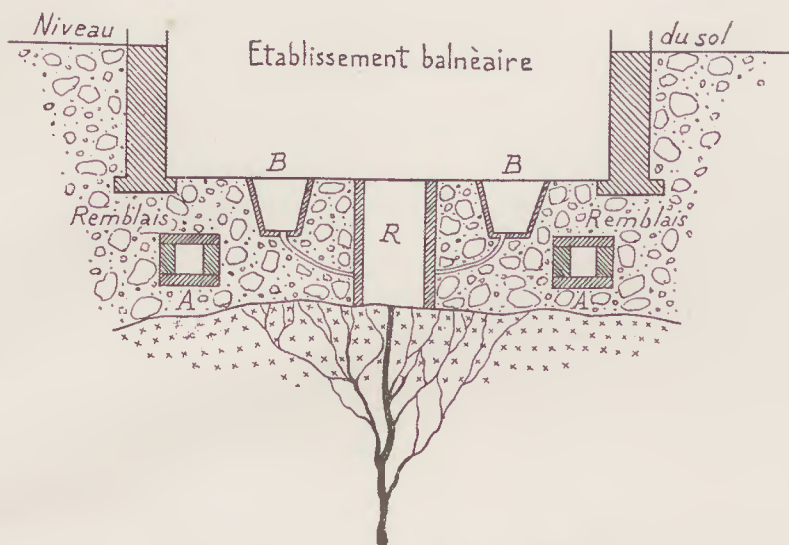


FIG. 6 -- COUPE DE L'ANCIEN CAPTAGE

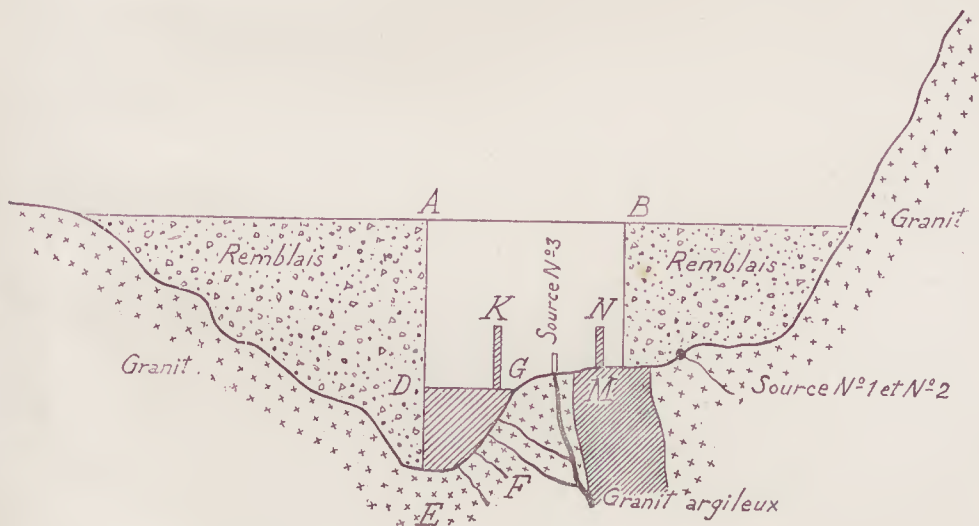


FIG. 7 -- CAPTAGE DE LA SOURCE N.º 3 (BICA DE FÓRA)  
C'EST SUR CE CAPTAGE QUE LA BUVETTE A ÉTÉ CONSTRUITE



« les propriétés assez étonnantes observées par les médecins dans certaines sources, comparables, par leur composition apparente, à de l'eau distillée. »

Les émanations radioactives peuvent expliquer, jusqu'à un certain point, l'action très énergique des eaux thermales à l'état naissant, c'est à dire, à leur sortie du griffon, action qui diminue et même disparaît entièrement après un temps plus ou moins long.

La minéralisation des eaux de Caldellas est comparable à celles des eaux potables très pures, sortant des massifs granitiques; la plupart des eaux du granit ont un résidu fixe plus important que celui des eaux de Caldellas, qui peuvent être classées dans le groupe des eaux indéterminées ou alpestres, dont on peut prendre comme types celles de Ragaz dans les Grisons, Gastein dans le Tyrol, ou Plombières dans les Vosges.

0,0001	—	—	—
0,0002	—	—	—
0,0003	—	—	—
0,0004	—	—	—
0,0005	—	—	—
0,0006	—	—	—
0,0007	—	—	—
0,0008	—	—	—
0,0009	—	—	—
0,0010	—	—	—
0,0011	—	—	—
0,0012	—	—	—
0,0013	—	—	—
0,0014	—	—	—
0,0015	—	—	—
0,0016	—	—	—
0,0017	—	—	—
0,0018	—	—	—
0,0019	—	—	—
0,0020	—	—	—
0,0021	—	—	—
0,0022	—	—	—
0,0023	—	—	—
0,0024	—	—	—
0,0025	—	—	—
0,0026	—	—	—
0,0027	—	—	—
0,0028	—	—	—
0,0029	—	—	—
0,0030	—	—	—
0,0031	—	—	—
0,0032	—	—	—
0,0033	—	—	—
0,0034	—	—	—
0,0035	—	—	—
0,0036	—	—	—
0,0037	—	—	—
0,0038	—	—	—
0,0039	—	—	—
0,0040	—	—	—
0,0041	—	—	—
0,0042	—	—	—
0,0043	—	—	—
0,0044	—	—	—
0,0045	—	—	—
0,0046	—	—	—
0,0047	—	—	—
0,0048	—	—	—
0,0049	—	—	—
0,0050	—	—	—

Ce tableau résume les données de composition chimique et radioactives des eaux de Caldellas. Les données sont comparées à celles de sources similaires et à l'eau distillée. Les résultats indiquent une minéralisation comparable à celle des eaux alpestres ou indétérminées, telles que celles de Ragaz, Gastein ou Plombières.

En comparant les eaux de Caldellas avec celles des types ci dessus nous trouvons (voir note à la dernière page):

**Substances contenues dans un litre d'eau  
(en grammes)**

	Ragaz	Gastein	Plombières	Caldellas
Température . . . . .	38	71	70	30,9
Résidu fixe . . . . .	0,3	0,37	0,37	0 gr,11
Na Cl . . . . .	0,05	0,05	0,1	0,01521
K Cl . . . . .	—	—	—	—
Na Fl . . . . .	—	—	—	0,00176
Li Cl . . . . .	Trace	—	Trace	—
Na Br . . . . .	Trace	—	—	0,000077
Na BO <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,000048
Na I . . . . .	Trace	—	—	—
Na AsO <sup>5</sup> . . . . .	—	—	—	0,00000,4
Na <sup>2</sup> SO <sup>4</sup> . . . . .	0,03	0,20	0,12	—
K <sup>2</sup> SO <sup>4</sup> . . . . .	0,007	0,007	0,01	0,00525
K <sup>2</sup> AzO <sup>5</sup> . . . . .	—	—	—	0,00100
Ca SO <sup>4</sup> . . . . .	—	0,05	—	0,00586
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,00061
Na <sup>2</sup> CO <sup>3</sup> . . . . .	0,006	0,005	0,056	0,01223
Li <sup>2</sup> CO <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,00194
Ba CO <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,00013
Ca CO <sup>8</sup> . . . . .	0,13	0,05	0,02	0,06950
St CO <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,00025
Me CO <sup>3</sup> . . . . .	0,05	—	0,001	—
Mn CO <sup>3</sup> . . . . .	—	—	—	0,00026
Fe CO <sup>3</sup> . . . . .	0,001	0,007	Traces	0,00222
TiO <sup>5</sup> . . . . .	—	—	—	0,00004
Na <sup>2</sup> Si O <sup>3</sup> . . . . .	—	0,03	0,06	—
SiO <sup>2</sup> . . . . .	—	—	—	0,02180

Ce tableau montre que les eaux de Caldellas sont encore moins minéralisées que celles des autres trois sources. Et, malgré leur faible minéralisation, l'action thérapeutique des eaux de Caldellas, seule dans son genre en Europe, est très énergique et active. Chaque année le nombre de malades accourant à Caldellas est plus grand et sans empiéter sur le terrain médical, j'ai eu l'occasion d'observer que les résultats obtenus par l'usage de ces eaux sont extraordinairement énergiques et rapides.

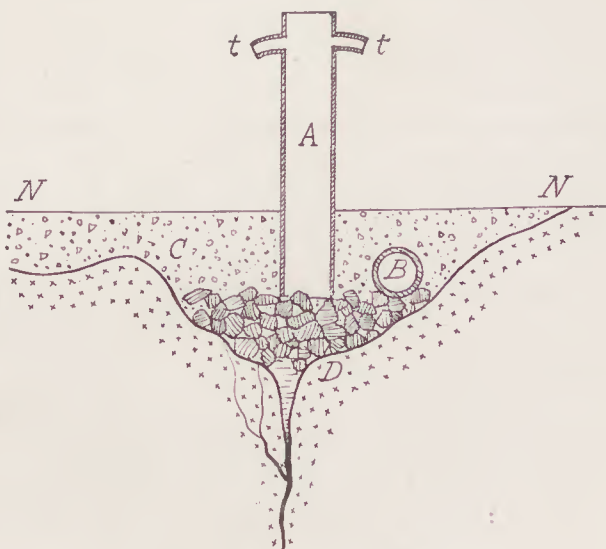


FIG. 8 — DÉTAIL DU CAPTAGE DE LA SOURCE N.º 3

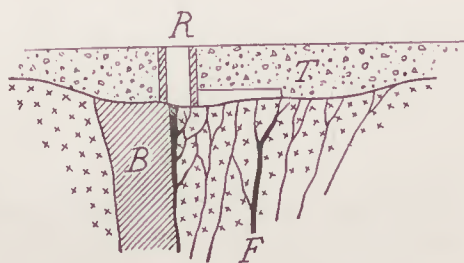


FIG. 9 — DÉTAIL DU CAPTAGE DES SOURCES N.ºS 7 E 10  
 R — RÉSERVOIR CONSTRUIT SUR LE FILON. — T — CAPTAGES SUR  
 LES DIACLASES TRANSVERSALES. — F — FILON THERMAL ET SES DERIVATIONS  
 B — BANDE ARGILEUSE



La température des eaux de Caldellas les place dans la catégorie des eaux tièdes. Ayant une origine interne et remontant à la surface le long d'un filon dans les roches granitiques, leur minéralisation doit être due, en partie, à la dissolution des éléments chimiques rencontrés dans leur passage pendant leur circuit souterrain. Nous n'avons pas remarqué, soit sur les parois du filon thermal, soit sur celles des diaclases, aucun minéral provenant de dépôts des eaux thermales; l'enduit d'oxyde de fer que l'on voit, surtout dans les diaclases, doit être attribué, au moins en grande partie, à l'altération du mica noir.

*Débits:* — Les débits ont été mesurés en 1914 par l'ingénieur Corrêa de Mello; ils étaient de:

	Par 24 heures en metres cubiques
Débit de la source N.º 1 .....	25.272
» » » » N.º 2 .....	97.416
» » » » N.º 3 .....	13.565
» » » » N.º 4 .....	20.800
» » » » N.º 5 .....	12.000
» » » » N.º 6 à 10 .....	209.000

En 1918 le débit de la source N.º 3, était de 5 litres par minute, soient 7.200 litres par 24 heures. En 1922 après le captage, le débit a varié de 10.080 jusqu'à 12900 litres par 24 heures.

*Anciens Captages:* — Nous avons déjà indiqué la façon très rudimentaire dont les captages des puits et celle de la source N.º 3, avaient été faits.

Les travaux réalisés par le vicomte de Semelhe pour capter les sources N.º 6 et N.ºs 7 à 10 ont rendu très difficiles les nouveaux travaux.

D'abord il a fait dévier le ruisseau d'Albito, mais en laissant le nouveau lit à un niveau d'à peu près deux mètres plus élevé (Fig. 4 et 5). Ensuite, après avoir mis à nu le granit le long des principales sources, il a construit sur celles-ci un long réservoir R d'où partaient des tubes que amenaient l'eau aux baignoires B (Fig. 6); et il a remblayé la vallée, tout en laissant dans les remblais des aqueducs très rudimentaires A, construits en pierre sèche. Ces aqueducs donnaient passage non seulement aux eaux de vidange des baignoires, mais aussi à celles provenant des cabines,

très nombreuses, où se faisait le traitement des malades par lavements, de même que celles des cabinets d'aisance.

On peut prévoir les inconvénients de cette façon de procéder. D'abord quelques baignoires se trouvaient à un niveau un peu plus élevé que celui du réservoir, de telle façon qu'elles ne pouvaient jamais être entièrement remplies. Et dès que, après les premiers bains, le réservoir se vidait, le niveau d'eau dans les baignoires ne montait que très lentement, accompagnant celui de l'eau du réservoir. Très souvent les eaux des sources s'échappaient par les dérivations du filon thermal, et à travers les remblais. Mais l'inconvénient le plus dangereux de ce système de captage, était celui qui résultait des infiltrations des eaux de vidange, dont les detritus étaient, en grande partie, retenus par les remblais où ils se depositaient, mettant en danger les sources par des possibles contaminations de leurs eaux.

On faisait remarquer à Caldellas que, quand les eaux des aqueducs arrivaient au ruisseau, deux cent mètres, à peu près, en aval de l'établissement balnéaire, elles ne charriaient presque pas d'ordures; cela était vrai, vu que leur plus grande partie était restée en route.

*Nouveaux captages.* Les travaux pour les nouveaux captages devaient être faits pendant l'intervalle entre les époques du traitement thermal, qui commencent le premier juin et finissent le quinze septembre. D'ailleurs, l'hiver étant rigoureux dans le Nord du Portugal, et le ruisseau d'Albito ayant un caractère franchement torrentiel, il en résultait qu'on n'avait, tout au plus, que six mois pendant l'année, pour un travail suivi.

Aussi, on décida de faire marcher les nouveaux travaux par étapes successives.

On a commencé par le captage de la source la plus importante, la source N.<sup>o</sup> 3, en même temps que l'on déblayait une partie du terrain, pour commencer la construction de l'aile orientale de l'établissement balnéaire et le bâtiment des douches.

Dès que l'aile orientale fut assez avancée pour pouvoir être utilisée, on demolit l'ancien établissement, sur l'emplacement duquel on devait bâtir le corps central et l'aile occidentale du nouveau balnéaire.

Ensuite, on a complété les captages, en même temps que l'on finissait l'établissement thermal, le bâtiment des douches, les bâtiments des machines, réservoirs, etc.

*Écoulement des eaux.* Avant de commencer les travaux, il fal-



lait songer à trouver un écoulement facile pour les eaux des sources. Mais le lit artificiel de l'Albito étant plus élevé que les griffons et que l'établissement balnéaire, les eaux ne pouvaient se déverser dans le ruisseau qu'en aval, là où il reprenait son lit naturel.

Malheureusement, il y a, à une petite distance en aval des sources, un barrage (Fig.<sup>e</sup> 1), qui retient toutes les eaux du ruisseau, qui sont ensuite employées à irriguer les terres sur une longueur de plusieurs kilomètres. Les paysans du pays sont très jaloux de l'usage de ces eaux, et si l'on touchait au barrage, il y aurait certainement des troubles, et tous les travaux faits seraient assurément détruits.

On a donc pris comme niveau d'écoulement des eaux, le niveau de la partie supérieure du barrage, d'où l'on a fait partir une galerie d'écoulement de 0,<sup>m</sup>80 de largeur par 1,<sup>m</sup>80 de hauteur.

Pour empêcher les fuites possibles des eaux thermales par cette galerie, on l'a fait passer au Nord de la bande de granit argileux dont nous avons déjà parlé. Et, en effet, quoique nous ayons forcé l'eau minérale à monter à plus de deux mètres au dessus du niveau des griffons, qui sont eux-mêmes à quelques décimètres au dessus du fond de la galerie, aucune fuite ou infiltration d'eau thermale ne s'est produite. Les fuites d'eau thermale se reconnaissent facilement, surtout pendant l'hiver, par la vapeur d'eau qui s'en dégage.

Pendant l'hiver, et surtout pendant les forts orages d'été, d'ailleurs très rares, il se produit des crues soudaines dans la rivière d'Albito, dont les eaux remontent dans la galerie d'écoulement. Comme tous les captages des différentes sources thermales, excepté ceux de la source N.<sup>o</sup> 3, sont situés à des niveaux supérieures à celui des plus fortes crues du ruisseau, celles-ci ne causent aucune difficulté à l'établissement balnéaire. Il n'en est pas de même pour la source N.<sup>o</sup> 3, qui a été déjà noyée deux fois pendant les trois dernières années.

Cela n'a aucun inconvénient, d'autant plus que les eaux baissent toujours très rapidement, de telle façon que la source ne s'est trouvée noyée chaque fois que pendant une ou deux heures. Mais l'effet sur les malades, qui ne connaissent pas le principe des pressions hydrostatiques reciproques, était déplorable. Ils croyaient que les eaux de la rivière se melaient avec l'eau thermale, qu'elles pénétraient par les fissures du granit, et enfin on arri-

très nombreuses, où se faisait le traitement des malades par lavements, de même que celles des cabinets d'aisance.

On peut prévoir les inconvénients de cette façon de procéder. D'abord quelques baignoires se trouvaient à un niveau un peu plus élevé que celui du réservoir, de telle façon qu'elles ne pouvaient jamais être entièrement remplies. Et dès que, après les premiers bains, le réservoir se vidait, le niveau d'eau dans les baignoires ne montait que très lentement, accompagnant celui de l'eau du réservoir. Très souvent les eaux des sources s'échappaient par les dérivations du filon thermal, et à travers les remblais. Mais l'inconvénient le plus dangereux de ce système de captage, était celui qui résultait des infiltrations des eaux de vidange, dont les detritus étaient, en grande partie, retenus par les remblais où ils se depositaient, mettant en danger les sources par des possibles contaminations de leurs eaux.

On faisait remarquer à Caldellas que, quand les eaux des aqueducs arrivaient au ruisseau, deux cent mètres, à peu près, en aval de l'établissement balnéaire, elles ne charriaient presque pas d'ordures; cela était vrai, vu que leur plus grande partie était restée en route.

*Nouveaux captages.* Les travaux pour les nouveaux captages devaient être faits pendant l'intervalle entre les époques du traitement thermal, qui commencent le premier juin et finissent le quinze septembre. D'ailleurs, l'hiver étant rigoureux dans le Nord du Portugal, et le ruisseau d'Albito ayant un caractère franchement torrentiel, il en résultait qu'on n'avait, tout au plus, que six mois pendant l'année, pour un travail suivi.

Aussi, on décida de faire marcher les nouveaux travaux par étapes successives.

On a commencé par le captage de la source la plus importante, la source N.º 3, en même temps que l'on déblayait une partie du terrain, pour commencer la construction de l'aile orientale de l'établissement balnéaire et le bâtiment des douches.

Dès que l'aile orientale fut assez avancée pour pouvoir être utilisée, on demolit l'ancien établissement, sur l'emplacement duquel on devait bâtir le corps central et l'aile occidentale du nouveau balnéaire.

Ensuite, on a complété les captages, en même temps que l'on finissait l'établissement thermal, le bâtiment des douches, les bâtiments des machines, réservoirs, etc.

*Écoulement des eaux.* Avant de commencer les travaux, il fal-

lait songer à trouver un écoulement facile pour les eaux des sources. Mais le lit artificiel de l'Albito étant plus élevé que les griffons et que l'établissement balnéaire, les eaux ne pouvaient se déverser dans le ruisseau qu'en aval, là où il reprenait son lit naturel.

Malheureusement, il y a, à une petite distance en aval des sources, un barrage (Fig.<sup>e</sup> 1), qui retient toutes les eaux du ruisseau, qui sont ensuite employées à irriguer les terres sur une longueur de plusieurs kilomètres. Les paysans du pays sont très jaloux de l'usage de ces eaux, et si l'on touchait au barrage, il y aurait certainement des troubles, et tous les travaux faits seraient assurément détruits.

On a donc pris comme niveau d'écoulement des eaux, le niveau de la partie supérieure du barrage, d'où l'on a fait partir une galerie d'écoulement de 0,<sup>m</sup>80 de largeur par 1,<sup>m</sup>80 de hauteur.

Pour empêcher les fuites possibles des eaux thermales par cette galerie, on l'a fait passer au Nord de la bande de granit argileux dont nous avons déjà parlé. Et, en effet, quoique nous ayons forcé l'eau minérale à monter à plus de deux mètres au dessus du niveau des griffons, qui sont eux-mêmes à quelques décimètres au dessus du fond de la galerie, aucune fuite ou infiltration d'eau thermale ne s'est produite. Les fuites d'eau thermale se reconnaissent facilement, surtout pendant l'hiver, par la vapeur d'eau qui s'en dégage.

Pendant l'hiver, et surtout pendant les forts orages d'été, d'ailleurs très rares, il se produit des crues soudaines dans la rivière d'Albito, dont les eaux remontent dans la galerie d'écoulement. Comme tous les captages des différentes sources thermales, excepté ceux de la source N.<sup>o</sup> 3, sont situés à des niveaux supérieures à celui des plus fortes crues du ruisseau, celles-ci ne causent aucune difficulté à l'établissement balnéaire. Il n'en est pas de même pour la source N.<sup>o</sup> 3, qui a été déjà noyée deux fois pendant les trois dernières années.

Cela n'a aucun inconvénient, d'autant plus que les eaux baignent toujours très rapidement, de telle façon que la source ne s'est trouvée noyée chaque fois que pendant une ou deux heures. Mais l'effet sur les malades, qui ne connaissent pas le principe des pressions hydrostatiques reciproques, était déplorable. Ils croyaient que les eaux de la rivière se melaient avec l'eau thermale, qu'elles pénétraient par les fissures du granit, et enfin on arri-

vait à toute espèce de conclusions absurdes, mais que risquaient l'avenir des sources de Caldellas.

On a alors obtenu des habitants du pays, qui gagnent beaucoup avec le séjour à Caldellas, chaque année, de quelques milliers de malades et de leurs familles, la permission de déverser les eaux de la source N.º 3 en aval du barrage de l'Albito, en installant, pour cela, un tuyau spécial, à un niveau plus bas que celui de la galerie d'écoulement.

*Captage de la source N.º 3*:— Les habitants du pays et les malades avaient, et ils ont encore aujourd'hui, une foi absolument fétichiste dans cette source et ils ne voyaient pas sans des craintes très sérieuses, qu'on osât y toucher. Ainsi les travaux ont toujours été ouverts à tout le monde et ils ne manquaient pas de visiteurs, qui surveillaient soigneusement tout ce que l'on faisait.

Aussi a-t-on décidé de laisser la source à l'endroit même où elle se trouvait, c'est à dire, à peu près sur le griffon.

Pour réaliser les travaux d'une façon absolument sûre, il aurait fallu enlever tous les remblais dont les travaux anciens avaient comblé la vallée et qui faisaient que les griffons se trouvaient tous entre 3 et 4 mètres, au dessous de la surface du sol.

Cela était pratiquement irréalisable. Non seulement ils représentaient un volume de 10.000 à 12.000 mètres cubes, c'est à dire, à peu près 25.000 tonnes, qu'on mettrait un très long temps à être enlever avec les ressources locales, mais aussi il aurait été très difficile de trouver un emplacement pour les déposer.

La vallée est très resserrée, et les terrains libres sont tous cultivés par les habitants qui ne s'en désaïssissent pas facilement.

On s'est donc borné à creuser un puits (Fig.7) ABCD pour atteindre la roche, puits qu'on n'a pas perforé au dessous du niveau D par crainte que la dépression ainsi créée ne derivât, vers le griffon de la source N.º 3, les eaux des sources N.ºs 1 et 2, d'un plus large débit et qui, à 5 mètres de distance seulement, avaient leurs griffons à un niveau un peu plus élevé; si cette dérivation se produisait elle aurait été un vrai désastre; les habitants du pays et les malades ne pourraient jamais se convaincre que la source N.º 3, qu'ils disent être la *richesse du pays*, n'aurait pas été perdue.

Le griffon de la source se trouve sur le granit à quatre mètres de profondeur. On a commencé par enlever les déblais que le recouvraient, et on a mis la roche à nu.

L'eau sortait par des fissures de la roche, au dessous d'un bloc

arrondi de granit très dur, pesant une tonne et demie à peu près, et très abondant en mica noir et quartz. Ce bloc ayant été déplacé, on a vérifié que la roche sous-jacente était un granit jaunâtre compact, très feldspathique, avec mica noir. À côté et vers le Nord, on voyait un autre granit gris noirâtre, avec mica noir très abondant et quartz rare. Ce granit, très fortement décomposé, et dont nous avons déjà parlé, formait une bande compacte, argileuse, avec une puissance de deux à quatre mètres; plus au nord il finissait par se fondre dans le granit normal du pays.

Tandis que le granit compact était très brisé et fissuré, les fissures longitudinales et transversales le divisant en tout petits blocs, le granit argileux ne présentait pas des fissures.

La pression hydrostatique de l'eau thermale était très faible et l'eau ne montait qu'à 0,70 au dessous des griffons; à ce niveau elle s'arrêtait et ne coulait plus.

Avant de procéder aux travaux de captage on a recherché avec soin les conditions d'émergence de la source, qui sont celles indiquées dans la fig. 7.

On ne pouvait pas, par les raisons ci dessus indiquées, enlever tous les remblais couvrant le fond de la vallée. Aussi, sans porter l'épuisement par les pompes, au dessous du niveau D, on a coulé un bloc de béton DEG, qui a été fortement battu pour boucher les fissures F, par lesquelles l'eau minérale s'échappait largement à travers les remblais.

Après plusieurs tentatives, on est arrivé à empêcher presque entièrement toutes les fuites et l'on a alors procédé au captage de la source, en installant sur le griffon un tube vertical pour la sortie de l'eau aujourd'hui utilisée à la buvette. (Fig.<sup>e</sup> 8)

Pour prévenir le cas où des fuites importantes puissent se produire à travers les remblais, malgré les soins qui avaient été pris, on a disposé l'écoulement de l'eau des sources N.<sup>os</sup> 1 et 2 de telle façon à pouvoir exercer une pression autour du griffon de la source N.<sup>o</sup> 3, défendu par un puit G K M N, à parois imperméables. On mettrait ainsi en jeu, si cela devenait nécessaire, les pressions hydrostatiques réciproques, procédé d'abord indiqué par François et qui a été souvent employé après lui. Comme on pouvait s'y attendre, il ne se produit, entre des eaux différentes, ni communication, ni mélange.

On n'a pas, cependant, eu besoin d'utiliser ce procédé, parce que le captage adopté a donné les meilleurs résultats. L'analyse

sommaire de l'eau, faite immédiatement après le captage par l'éminent professeur Ch. Lepierre, a montré que l'alcalinité et la température de l'eau n'avaient pas changé et qu'elles continuaient à être d'une extrême pureté. Depuis trois ans il n'y a pas eu d'altération dans le régime de la source que l'on peut considérer, avec raison, avoir acquis le régime permanent.

La Fig.<sup>e</sup> 8 indique les détails du captage de la source N.<sup>o</sup> 3.

Sur la fissure d'amenée d'eau on a creusé une dépression qui a été à moitié remplie de granit concassé. Au dessus, ont été disposés les tubes H et B, en grés. Le premier est destiné à la montée de l'eau et le deuxième sert à conduire l'eau de la source directement à la galerie d'écoulement, dans le cas où l'on désirerait faire des réparations ou des altérations au captage.

Quand le captage a été complété, l'eau thermale a monté à 0,<sup>m</sup>50 au dessus du niveau N N, et elle s'y est arrêtée. On a alors coupé le tube à 0,<sup>m</sup>12 au dessous du niveau hydrostatique atteint et on a disposé les deux tubes en verre t t, donc le débit est égal à celui de la source, de tel façon que l'eau ne se déborde pas par dessus le tube H, si ce n'est parfois pendant les grandes pluies d'hiver. Quand cela arrive, le niveau d'eau souterrain s'élève, et les eaux n'ayant pas une sortie facile par la galerie d'écoulement, s'accumulent autour des puits GKMN, exerçant aussi une pression hydrostatique que refoule les quelques fuites d'eau thermale qui peuvent encore se produire à travers les remblais, et le débit augmente légèrement dans la source N.<sup>o</sup> 3. La température de l'eau thermale ne varie cependant pas, comme cela a été vérifié par des essais répétés, ce qui confirme absolument ce que la théorie nous indiquait.

*Captage des N.<sup>os</sup> 7, 8, 9, 10.* :— C'est en mettant à découvert la roche le long de ces sources que l'on vérifie l'existence d'un filon bien caractérisé sur une longueur de 15 mètres; c'est une faille très bien marquée avec glissement, dont les parois se sont écartées l'une bien de l'autre sur la longueur AC (Fig.<sup>e</sup> 2).

On a reconnu facilement que toutes les sources 5, 7, 9, et 10 étaient inter-dépendantes, la pression hydrostatique de la source N.<sup>o</sup> 5, étant légèrement supérieure à celle des autres sources. L'eau venait à la surface non seulement le long de la faille, mais aussi par des fissures transversales très nombreuses, mais dont trois étaient plus marquées et par lesquelles l'eau montait en gros bouillons.



FIG. 10 — D D — DIACLASES TRANSVERSALES  
 tt — TUBAGE EN GRÈS AMENANT L'EAU CAPTÉE DANS LES DIACLASES  
 TRANSVERSALES VERS LE RÉSERVOIR DES CAPTAGE DE SOURCES N.<sup>OS</sup> 7 À 10



FIG. 11 — CONSTRUCTION DU RÉSERVOIR SUR LES SOURCES N.<sup>OS</sup> 7 À 10  
 P P P — TROIS POMPES D'ÉPUISEMENT. — R R — RÉSERVOIR SUR LE FILON  
 THERMAL ON VOIT LA CAGE EN PLANCHES QUI A ÉTÉ DISPOSÉE SUR LE  
 FILON, TANDIS QUE L'ON BATAIT-LE BÉTON. — B B — CETTE CAGE A ÉTÉ  
 ENSUITE ENLEVÉE. — T T — TUBES EN GRÈS AMENANT L'EAU DES DIA-  
 CLASES TRANSVERSALES.





Dès que l'on créait une dépression assez forte sur un point quelconque du filon, l'eau y affluait et le débit des autres griffons diminuait beaucoup, ou disparaissait entièrement.

Après avoir enlevé tous les remblais, on a vu que l'ancien thalweg de la rivière se trouvait 0,50 m plus bas que le niveau de la galerie d'écoulement et qu'il faudrait employer des pompes, pour l'épuisement de l'eau; d'après le travail de ces pompes on a calculé que le débit des cinq sources au niveau de leurs griffons devait être de 518 mètres cubes par 24 heures.

La constitution géologique du sol était la même que celle observée à la source N.º 3. On y retrouvait la bande de granit argileux passant peu à peu au granit de la région. Le granit compact et jaunâtre s'y montrait aussi très fissuré, surtout vers l'est du point B, et la faille ou filon thermal, était surtout très bien marqué entre les points A et B.

On a adopté, pour le captage, le système d'attirer l'eau de toutes les sources vers le filon entre les points B et C, tout en exerçant partout ailleurs une pression obtenue par un radier de béton.

En effet le granit, entre la source N.º 5 et la source N.º 11, était tellement brisé et fissuré qu'il n'y avait, sans ce radier, aucun moyen d'obliger les eaux thermales à monter dans les tubes disposés pour les amener à l'établissement thermal. Dès que l'on exerçait une pression sur un griffon, l'eau s'échappait immédiatement par certaines fissures du granit, qui, à cause de ces fissures, était devenu aussi perméable que les terrains d'alluvion.

Ainsi on a établi sur le filon thermal, entre les puits A et B, un réservoir ménagé dans le béton qu'on a pilonné dans l'ancien lit du ruisseau jusqu'à ce que sa surface ait atteint le niveau de l'aqueduc d'écoulement (Fig.º 9). Les fissures transverses principales, par où les eaux thermales sortaient plus abondamment, ont été largement ouvertes et remplies de granit concassé, leurs eaux étant conduites par des tubes en grès T, jusqu'au réservoir central ménagé sur le filon (Fig.º 10). On a ensuite placé des tubages en grès D, le premier conduisant l'eau au grand réservoir; le deuxième, devant servir à décharger le griffon, va déboucher au fond de la galerie d'écoulement; le troisième et le quatrième conduisent les eaux thermales aux baignoires des ailes occidentales et orientales de l'établissement balnéaire.

De cette façon l'eau thermale va directement des sources aux baignoires et le surplus s'emmagasine dans un réservoir pour

être utilisé quand le débit des sources ne suffit pas dans les occasions de grande affluence de malades.

Après que les tubes eurent été mis en place on recouvrit le tout d'une couche de béton d'épaisseur variant entre 0<sup>m</sup>,20 et 0<sup>m</sup>,80 (Fig. 11 et 12).

*Source N.º 5*: — Écartée de 8 mètres, vers l'ouest, de la source N.º 7, et tout à fait à la base du versant sud de la vallée se trouve la source N.º 5 (*Poço Frio*). Dès que l'on a démolì le puits, et mis la roche à découvert, on a recontré le granit compact jaunâtre, assez fissuré et la bande de granit argileux. Les diaclases et fissures étaient ici bien moins nombreuses qu'entre les sources N.ºs 7 et 11. Quand on creusait le granit sur le griffon de la source N.º 5, les débits des sources 7 à 10 commençaient à diminuer et finalement disparaissait. L'inverse ne se produisait pas; en diminuant la pression sur les sources 7 à 10, le débit de la source N.º 5 diminuait, mais il ne s'arrêtait pas. La pression hydrostatique sur cette source, c'est à dire, la hauteur à laquelle l'eau s'élevait dans le tube placé sur elle, était toujours de 0<sup>m</sup>,55 plus élevé que la pression hydrostatique de l'ensemble des sources N.ºs 7 à 10.

Pour capter la source N.º 5, on a rempli la cavité creusée sur le griffon avec du granit concassé et on a recouvert le tout de béton, qu'on a étendu jusqu'à la bande de granit argileux, B. Comme l'eau thermique s'échappait le long des fissures *f* et arrivait à la surface mélangée avec les eaux superficielles, et ayant des températures variant avec la proportion de ces eaux, on a disposé un revêtement en béton D, comme c'est indiqué sur la Fig. 13. De la source on a fait partir trois tuyaux; le premier pour les baignoires spécialement destinées aux eaux de cette source; le deuxième est un tube de décharge que s'ouvre dans la galerie d'écoulement; le troisième conduit les eaux en excès à un réservoir spécial permettant de les utiliser en cas de besoin.

Tout le terrain entre le captage de la source N.º 5 et celui des sources N.ºs 7 à 10 a été recouvert d'un radier de béton, pour empêcher les fuites qui se produisaient dès que l'on chargeait les griffons.

*Source N.º II*: — Pendant que l'on procédait aux travaux de captage des sources N.ºs 7 à 10, on a recoupé, comme nous avons déjà dit, une diaclase qui suivait la base du versant de la vallée et dont la direction passait par la source N.º 6. La température de



FIG. 12 — RÉSERVOIR RR CONSTRUIT SUR LES SOURCES 7 À 10, APRÈS QUE LA CAGE EN PLANCHES A ÉTÉ ENLEVÉE ET DÉJÀ COUVERT EN PARTIE. — TT — TUYAUX EN GRÉS PAR LESQUELS L'EAU THERMALE SORTIRA APRÈS LE BATTAGE DU RADIER GÉNÉRALE EN BÉTON. — MM — MURS DE L'ÉTABLISSEMENT BALNÉAIRE.



l'eau thermale sortant par cette diaclase était de 21,05 à 22,05, c'est à dire, la même que celle de la source N.º 6.

On a donc ouvert largement cette diaclase sur une longueur de quelques mètres et on l'a remplie de granit concassé, tout en ménageant la sortie de l'eau par un tuyau en grès, qui la conduit à la buvette de la source N.º 11. Après cela, tout a été recouvert par le radier général de béton, dont nous avons parlé plus haut.

*Source N.º 4* : — La source N.º 4 est celle dont la température est la plus élevée; cependant son débit est très faible. Les travaux sur la source N.º 5, toute proche, n'ont presque pas affecté ce débit. Le *Poço* qui la recouvrait ayant été démoli et la roche mise à nu, on a reconnu que le griffon se trouve dans le granit feldspathique compact et jaunâtre, peu fissuré. L'eau a été captée sur la roche même et on y a établi deux tubages: le premier l'amène directement à deux baignoires, le deuxième la conduisant à un réservoir spécial.

*Sources N.ºs 1 et 2* : — Après la démolition des puits Carvalho et Elefancia, on a reconnu que les deux sources étaient des dérivations très voisines d'un même griffon qui se trouvait tout à fait à la base du versant sud de la vallée. On a baissé graduellement et avec beaucoup de soin le niveau de sortie de l'eau, tout en observant le débit et la température de la source N.º 3, qui se trouve à 5 mètres de distance, séparée par la bande de granit argileux. On n'y a observé aucune altération, ce qui prouve que le canal par lequel se fait la dérivation de la source N.º 3, se sépare du filon thermal à une grande profondeur et justifie en même temps la tradition qui veut que les effets des eaux de cette source soient différents de ceux des autres sources de Caldellas. En effet, il est possible que dans leur long parcours souterrain, fait en grande partie dans une bande de granit de composition différente de celle des autres granits du pays, les eaux de la source N.º 3 aient acquis des propriétés que celles des autres sources n'ont pas. Le filon thermal n'est pas bien marqué sur l'emplacement des sources N.ºs 1 et 2; on y remarque deux fortes diaclases suivant la même direction du même filon. Le granit compacte est assez fissuré, mais pas aussi largement que le long des sources N.ºs 5 à 11.

Entre les sources N.ºs 1 et 2, et la source N.º 4, et au niveau des griffons mis à découvert, on a ouvert une galerie de recherche pour vérifier s'il n'y avait pas des venues d'eau minérale le long des fractures transversales et aussi pour dévier les eaux

superficielles; en dehors de ces dernières on a rencontré des dérivations de la source N.º 2. Le captage a été fait sur le rocher d'une façon analogue à celle employée pour la source N.º 5. Les eaux thermales ont été conduites par des tubages en grès vers les baignoires, et vers un réservoir placé tout près du griffon. La pression hydrostatique de la source N.º 2 était un peu plus élevée que celle de la source N.º 1, dont le débit était, au niveau du griffon de 185 metres cubes par 24 heures.

*Choix du niveau de captage.* Sur toutes les sources ont été placés des tubes verticaux pour pouvoir connaître leur pression hydrostatique, pression qui s'est trouvée à peu près la même pour toutes, la source N.º 5 exceptée, comme on l'a dit ci-dessus.

Pour le choix du niveau de captage on n'a pas eu spécialement en considération ni le désir d'obtenir un débit plus large, ni celui d'empêcher les infiltrations d'eaux froides. D'abord, ces infiltrations n'étaient pas dangereuses, les eaux thermales les rejetant facilement par la façon dont l'émergence se réalisait; ensuite le débit des sources est très large; il suffisait d'éviter les fuites qui se produisaient autrefois pour arriver à un résultat suffisant pour les nécessités de l'établissement balnéaire. Ainsi dans tous les travaux de captage et aménagement des eaux, on a cherché surtout à protéger et conserver leur efficacité thérapeutique.

Dans les eaux minérales et surtout dans celles de très faible minéralisation, comme à Caldellas, on ne sait pas encore la cause de leurs remarquables propriétés médicinales. Mais ce qu'on connaît, sans qu'il n'y ait aucun doute possible, c'est que l'effet de ces eaux est plus énergique et plus efficace quand elles sont employées immédiatement après leur sortie des griffons.

Or, à Caldellas les eaux avaient toujours été utilisées sur place, et les anciennes baignoires de même que les piscines, recevaient les eaux immédiatement des griffons; c'est ainsi, que leur efficacité avait été reconnue comme très énergique. On a donc cherché à améliorer, dans le nouvel établissement balnéaire, les conditions dans lesquelles les eaux avaient été utilisées dans l'ancien.

La vallée d'Albito étant très resserrée, on ne disposait pas de l'espace suffisant pour construire un large bâtiment, sans avoir recours à des terrassements et à des escavations très importantes, de même qu'à des murs de soutènement et à d'autres travaux très chers. Il y aurait été bien plus facile et bien plus économique, d'élever les eaux thermales, en les emmagasinant à un niveau assez

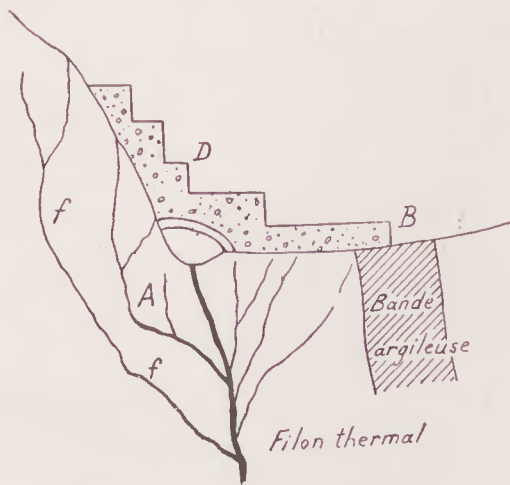


FIG. 13 — CAPTAGE DE LA SOURCE N.º 5





haut pour qu'elles puissent être conduites dans un établissement balneaire, placé dans un endroit convenable, choisi à flanc de coteau, et où l'on aurait l'espace suffisant pour sa construction.

Mais on a adopté comme principe à suivre dans les travaux à réaliser à Caldellas, principe auquel toutes autres considérations ont été sacrifiées, qu'il faudrait que l'emploi des eaux fut fait autant que possible immédiatement après leur sortie des griffons, sans être élevées, ou avoir à faire de longs parcours. Dans ces conditions l'établissement a dû être construit dans le fond de la vallée même de l'Albito et à un niveau tel qu'on pût vider des eaux dans la galerie d'écoulement. Les captages devaient être construits de telle façon que l'eau puisse s'élever d'elle-même à un niveau tel que les baignoires puissent être remplies directement. Le niveau pour le déversement des eaux des bains ne pouvait descendre au dessous du niveau du barrage de la rivière et de cette façon c'est le niveau de ce barrage, qui, comme nous l'avons déjà dit, ne pouvait être changé, qui a fixé, d'une façon indirecte, le niveau de captage.

Le débit des sources était d'ailleurs suffisant pour les usages de l'établissement balneaire. Celui-ci a été construit avec 31 baignoires, pouvant donner 310 bains par jour. Une canalisation spéciale d'eaux froides permet d'utiliser celles-ci pour lavage des baignoires et ainsi on peut calculer que l'on aura besoin de 110 mètres cubes d'eau minérale, pendant huit heures, c'est à dire, cinq heures le matin et trois heures le soir. Or le débit des sources suffit largement pour fournir le double de ce volume d'eau.

*Réservoirs:* — Malgré le large débit des sources, il est évident que si l'on désire remplir toutes les baignoires à la fois, celles-ci ne se remplissent que très lentement. Ainsi il a fallu construire de petits réservoirs dans lesquels l'excès de l'eau débité par les sources s'accumule pour que, même dans les cas où il faut remplir plusieurs baignoires simultanément, leur remplissage se fasse d'une façon rapide.

Ces réservoirs ont des capacités variables. Il peuvent emmagasiner l'eau débitée pendant une demi heure par les sources N.<sup>os</sup> 1, 2 et 4, et pendant une heure pour les sources N.<sup>os</sup> 5 à 10.

Les eaux provenant des captages vont directement aux baignoires. Leur excès est dirigé vers les réservoirs. Dès que ceux-ci sont remplis, l'excès des eaux sort par un syphon et est déversé dans la galerie d'écoulement. Les réservoirs, sont enterrés, et dis-

posés de façon qu'il n'y ait ni infiltrations d'eau superficielle, ni contact des eaux thermales avec l'atmosphère.

Pour la source N.º3, on a adopté une disposition spéciale. Les eaux de cette source sont employées comme boisson et surtout en lavements (clystères). On a toujours adopté le système de boire à la source même et d'y prendre l'eau pour les lavements au moment même où elle doit être employée. Pour cela l'eau était transportée de la source à l'établissement balnéaire en vases de fer émaillé, dûment fermés par un couvercle. Cependant beaucoup de malades trouvaient ce système, souvent le meilleur, comme très défectueux et susceptible de permettre que l'eau soit souillée par les poussières; ils demandaient donc qu'elle soit canalisée vers les cabines dans lesquelles les lavements étaient donnés; on a donc cherché à leur donner satisfaction, mais les cabines étant situées à un niveau plus haut que celui de la source, on a adopté pour cela la disposition qui suit, proposée par Mr. Fuchs.

La source N.º 3 débite 9 litres par minute; une partie de l'eau de la source, cinq litres par minute, est conduite par un tubage spécial, en bronze argenté intérieurement, dans un petit réservoir d'une capacité de 100 litres, avec un trop-plein. Dans ce réservoir il y a une pompe actionnée électriquement pour envoyer l'eau dans un petit réservoir de 100 litres de capacité placé dans le haut de l'établissement balnéaire et ayant un flotteur qui, dès que le niveau baisse au delà d'une certaine limite, établit un contact qui envoie le courant électrique dans la pompe établie dans le réservoir de la source.

Du réservoir de l'établissement thermal partent deux conduites, qui amènent l'eau dans les cabines. Dans une de ces conduites il y a un serpentín avec circulation de vapeur, pour élever la température de l'eau thermale, qui est de 30,09 C. De cette façon il y aura dans les cabines deux robinets pour fournir l'eau de la source N.º 3 à la température ordinaire ou chauffée à 50<sup>0</sup> C.

De cette façon on obtient que l'eau thermale circule constamment dans les tuyaux et comme sa consommation est, à peu près, de deux cents litres par heure, l'eau employée dans le traitement des malades sort de la source une demi-heure, tout au plus avant son emploi.

*Transport des eaux des sources aux baignoires* : — Ce transport est fait par des tubes en grès, qui sont imperméables, inaltérables sous l'action des eaux thermales et ont aussi l'avantage de ne pas laisser perdre la chaleur de l'eau. Les conduites sont éle-

vées au dessus du sol pour éviter le contact avec les eaux froides d'infiltration, qui, à cause des variations de température, pourraient fendiller le grès, en produisant des fuites.

Toutes les conduites d'eau ont été placées dans de telles conditions qu'on peut les surveiller facilement et les remplacer par parties, s'il y a lieu de le faire.

Les transports à réaliser sont très courts; l'eau thermale n'a à parcourir tout au plus, que 20 ou 30 mètres, si ce n'ait pour les sources N.º 1, 2 et 3, dont le parcours va presque à 80 mètres.

Le chauffage de l'eau thermale est réalisé par un serpentín à vapeur, pour élever la température de 5 à 6<sup>0</sup> C, l'eau thermale ayant, à la sortie des griffons, de 30 à 31<sup>0</sup>.

---

*Note.* — Les analyses du tableau pag. 16 sont celles indiquées par Delaunay dans son *Traité des eaux minérales*.

L'analyse des professeurs Ludwys et D.<sup>r</sup> Panzers indique, pour Gastein, la température de 49<sup>0</sup>,1C et en 10:000 parts en poids: Kaliumoxyd 0,036 — Natriumoxyd 0,061 — Lithiumoxyd 0,004 — Kalziumoxyd 0,299 — Strontium-oxyd 0,006 — Magnesiumoxyd 0,007 — Eisenoxyd 0,020 — Manganoxydu 0,002 — Schwefelsäureanhydrid 1,078 — Borsäureanhydrid 0,041 — Kiesel-säureanhydrid 0,410 — Kohlensäureanhydrid 0,507 — Phosphorsäureanhydrid 0,001 — Chlor 0,252 — Fluor 0,025 — Substances organiques 0,008 — Sels de titane, organiques, de Caesium, Rubidium, Aluminium et d'arsénique. Traces. — Sulfates rencontrés 3,312 — Sulfates calculés 3,291.









