

CARLO DE STEFANI

---

# LE ACQUE TERMALI

DI TORRITE IN GARFAGNANA



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA PACE DI F. CUGGIANI

*Via della Pace num. 35.*

1904

---

Estratto dal *Bollettino della Società Geologica Italiana*  
Vol. XXIII (1904). Fasc. I.

---

## LE ACQUE TERMALI DI TORRITE IN GARFAGNANA

---

Memoria di CARLO DE STEFANI

Il terremoto, che ebbe suo epicentro in Barga, del 4 marzo 1902, fece ricomparire presso Torrite, non lungi da Castelnuovo Garfagnana in provincia di Massa, una sorgente termale che era già stata nota in antichi tempi, e che, dicevasi, un terremoto del 6 marzo 1740 aveva fatto scomparire.

Trovasi questa sorgente nella valle della Torrite Secca fluente al Serchio, nelle ultime pendici delle Alpi Apuane, circa 600 m. a monte del paesello di Torrite, e 100 m. sopra il ponte del mulino del Campedello, sulla destra del torrente, circa 2 m. sopra il livello di questo e sotto lo stradello che porta da Castelnuovo a Rontano a piè del monte detto anticamente la Grotta de' Bagni.

La sponda è a picco e le bocche della sorgente si aprono a livello del torrente o dentro una grotta in parte naturale ma amplificata artificialmente, che s'interna per m. 8.

La roccia è costituita dai calcari infraliassici, fossiliferi, che formano lungo il torrente una cupola distinta fra Deccio e Torrite, e le acque vengono fuori dall'estremo settentrionale della cupola, a pochissima distanza, anzi quasi a contatto coi residui di calcari e schisti del lias inferiore che formano un brevissimo scoscendimento a sinistra del torrente subito sotto il Mulino del Campedello e coi calcari nummulitici eocenici che si trovano a valle sulla ripa destra. La presenza degli strati impermeabili soprastanti ai calcari permeabilissimi dell'infralias e l'interruzione, conseguente a locali spostamenti, che passa, almeno superficialmente e parzialmente, tra infralias ed eocene, sono causa alla comparsa delle acque in quel luogo. Nello stesso modo, al contatto superiore con le rocce impermeabili, hanno

uscita le grosse sorgenti non minerali della Pollaccia, dei Gangheri ed altre, nella stessa regione.

La roccia calcarea attorno alla sorgente presenta varie faglie, ed è molto screpolata pei movimenti cui fu soggetta, ma le fratture sono risaldate da carbonato calcico, per la qual cosa essa è abbastanza unita e compatta e la circolazione delle acque vi ha luogo internamente per le solite cavità amplificate da cause chimiche e meccaniche proprie dei calcari, precipuamente di quelli non intersecati da schisti e da selci, e moltiplicate all'infinito, sebbene più ristrette, nei calcari più o meno magnesiaci come il nostro.

Per l'appunto uno dei rari strati di schisto calcareo nero, pieno di materia carboniosa e di cristalletti di pirite, traversa in quel luogo il calcare con direzione circa da N.-O. a S.-E. e con pendenza a valle, a N.-E., e la grotta segue presso a poco la direzione di esso tenendosi sotto il medesimo nella parte interna dell'anticlinale. Le acque termali sorgono di sotto a questo strato schistoso impermeabile che, evidentemente, segna loro per uscita la strada, saliente a mo' di sifone, da qualche profondità. Nella volta della grotta lo strato schistoso è presentemente tutto coperto da sottili incrostazioni di solfato calcico, verosimilmente accompagnato da tracce di altri sali, prodotte dall'umidità salina e da gemitivi di acque le quali, come ritengo più probabile, depositano materiali da esse disciolti e decomposti o ricostituiti nel mezzo dello schisto stesso, oppure sono ultima filtrazione della stessa acqua termo-salina che scaturisce nella grotta.

La parte più interna della grotta è parzialmente occupata da frane scese dalla volta, mentre il suolo è riempito da fango nero derivante dallo sfacimento degli schisti argillosi sopra detti; fino a 1 m. dal piano della grotta vendonsi ancora tracce e residui delle alluvioni abbandonate dal fiume nelle piene più straordinarie.

In questo strato fangoso però è un bozzo donde tuttora esce la sorgente, come ne' secoli passati.

Essa è limpida, ha sapore leggermente salato ed appena acidulo: infatti bollicine gassose, secondo ogni verosimiglianza di acido carbonico, vengono dal fondo in parecchi punti.

Esternamente alla grotta e sul brevissimo pendio che la separa dal torrente sono residui massicci di bagni costruiti senza risparmio, in tempi assai antichi: vi si vedono tuttora tubi in terra cotta destinati a portar l'acqua da un camerino all'altro. Nel 1903 una parte di queste costruzioni venne atterrata e sgomberata per sostituirvi nuovi stanzini meno massicci.

### Cenni storici.

È probabile che queste terme fossero note anche in tempi antichi.

Il Vallisneri, interrogando i paesani, chi avesse fatto costruire i bagni a' suoi tempi esistenti, aveva ricevuto risposta che lo fossero stati dalla contessa Matilde <sup>(1)</sup>, e ciò prova per lo meno la tradizione dell'antica loro notorietà.

Per lo meno dal secolo XVI, e non già dal secolo successivo, come il Lavelli credeva, vi erano cisternini e fabbriche in parte rovinate. Nel 1580 il duca d'Este, Alfonso II, vi spese inutilmente molto denaro per ristabilire i bagni e tenerli separati dalle acque del torrente <sup>(2)</sup>. Certamente si riferiva a queste acque, sebbene con improprietà, il medico Jacopo Lavelli di Castelnuovo, quando nel 1609 scriveva: « mille passus procul a Thermis (di Pieve Fosciana), sed in opposita parte alterius montis quaedam aquae thermales nuper inventae sunt » <sup>(3)</sup>. Alcuni hanno ritenuto che il Lavelli accennasse ad altre diverse sorgenti, ricordando che le acque di Torrite sono lontane non un miglio ma due (in realtà 4200 m.) da quelle della Pieve. Però con dire - nella parte opposta di altro monte - il luogo di Torrite è abbastanza specificato; nè, escludendo questo luogo ch'egli dice essere sul fiume e sotto un alto monte si saprebbe a quale altro riferire le parole del Lavelli. Il Pac-

(1) Vallisneri A., *Opere*, t. II, Venezia, 1733, p. 443.

(2) Vandelli D., *Analisi d'alcune acque medicinali del Modenese*, Padova, Conzatti, 1760, p. 101.

L'Aldrovandi non parlò mai di queste acque.

(3) Paolucci P., *La Garfagnana illustrata*, Modena, 1720, p. 78.

chi <sup>(1)</sup> scrive: « Ne' libri della Comunità di Castelnuovo si trova che quel pubblico ha fatto più volte risarcire questi bagni, e segnatamente del 1648, del 1669 e del 1670 spese a quest' effetto non piccola somma; anzi in vista delle rilevanti spese fatte da quel Comune intorno al bagno di Torrite, in quell'anno stesso 1670 la Serenissima Duchessa ordinò che si facesse un Deputato stipendiato, il quale invigilasse all' istesso bagno, e fors' anche alla direzione delle bagnature ».

Nell'estate del 1708 il celebre Antonio Vallisneri da Trasilico, allora professore a Padova, visitava quei luoghi <sup>(2)</sup>. Egli osservava « nobilissime fabbriche, delle quali compiansse le ruinate vestigia. Un bagno di bellissima struttura era pieno di sassi, di fango, d'immondizie e di spezzati avanzi d'una caduta casa, e le acque calde per altra via nel vicino fiume non considerate e neglette cadevano. L'altro bagno è con qualche diligenza conservato e può ancora servire al sollevamento degli infermi. È di figura quadra con le sue sedie di marmo all'intorno e un'altra nel mezzo con una volta di mattoni cotti lavorata, coperto. L'acqua ferventissima per un sotterraneo acquidotto dal piede del monte, viene guidata dentro il Bagno... Contiguo all'acquidotto dell'acqua calda ve n'è un altro d'acqua limpidissima e freschissima, che segue il medesimo corso, e va a scaricarsi anch' essa nel detto bagno... Così temperano o temperar possono ora il troppo caldo dell'una, ora il troppo freddo dell'altra... È annessa una camera assai comoda per ritirarsi dopo presi i bagni, e v'erano altre fabbriche, ma diroccate e neglette. Il calore di quest'acqua, il sapore, l'odore e le virtù sono le stesse delle acque d'Abano, o de' Colli Euganei... Nell'opposto dosso del monte di là dal fiume sono molte di queste scaturigini calde, le quali non sono nè punto nè poco considerate, onde discendono e calano nel fiume ».

Gli abitanti attribuirono la deviazione delle sorgenti al terremoto del 6 marzo 1740. Ciò riferiva il Vandelli <sup>(3)</sup>; e così

<sup>(1)</sup> Pacchi D., *Ricerche istoriche sulla Provincia della Garfagnana*, Modena, 1785, p. 199.

<sup>(2)</sup> Vallisneri, *Opere*, t. II, p. 406, 442.

<sup>(3)</sup> Vandelli D., *An. d'alc. acque*, p. 100.

narrava il Pacchi pochi anni dopo <sup>(1)</sup>: « La disgrazia d'aver perduto quest'acque non sembra che debba attribuirsi, come pensa il Vallisneri, a colpa, o trascuratezza degli uomini di quei tempi; ma piuttosto a smarrimento, e deviazione dell'antico lor corso, seguita in occasione di qualche orribile terremoto, e in specie di quello che accadde il 6 marzo 1740. E che sia il vero, persone degne di fede, e terrazzane di Torrite attestano, che qualche ora dopo di quel terremoto osservarono una sorgente d'acqua torbida, che scaturiva nel letto della Torrita un tiro di sasso al di sotto de' bagni verso levante, la quale intorbidava anche le acque stesse della Torrita, e da lì in poi mancarono le acque ne' condotti de' bagni. Argomento evidente che nello scuotimento della terra si aprì una qualche via sotterranea onde le acque termali deviarono dall'antico suo corso ».

Ora la rovina di una parte delle costruzioni era anteriore al Vallisneri e forse intorno al 1740 rovinò anche l'altra parte; ma non è a ritenere che le acque si perdessero del tutto a causa del terremoto; poichè 19 anni dopo, a tempo della visita del Vandelli, come diremo or ora, esse si conservavano ancora; soltanto apparivano alla superficie, come fanno oggi, in tempo di piena d'acque. È piuttosto a ritenere che con l'andare del tempo, specie durante il secolo XIX, le acque si sieno perdute per l'accumulazione delle altissime sabbie nell'interno della grotta fatta dalle maggiori, eccezionali, piene della Torrite.

Il Vandelli, che per ordine di Francesco III percorse tutto il Ducato di Modena, ne scrisse pure la Storia Naturale <sup>(2)</sup>; ma, trasferitosi in Portogallo, portò seco il suo scritto, del quale non si ebbe più notizia. Però egli pubblicò qualche cenno di queste acque, quali le avea viste nel primo suo viaggio del 1759 <sup>(3)</sup>. Egli vide le due camere fatte a volta piene di fango o di rovine e la caverna scavata nel monte: « L'acqua scaturiva nell'inverno solamente o dopo grandi piogge... Ai 19 d'Agosto » asciuttissimi ritrovò i bagni ».

<sup>(1)</sup> Pacchi D., l. c.

<sup>(2)</sup> Vandelli D., *Historia naturalis agri Mutinensis*, t. 2, cum chartis geographicis, et variis iconibus.

<sup>(3)</sup> Vandelli D., *Analisi d'alcune acque medicinali del modenese*. Padova, Conzatti, 1760, p. 96.

Escivano ancora sulla sinistra del torrente e più a valle le sorgive termali notate dal Vallisneri, e il Vandelli le giudicava simili a quelle, non lontane, di Pieve Fosciana. La polla calda nascente dalla fenditura della grotta aveva 24° Reaumur; altre polle vicine, a tre braccia, eran fredde.

Dal 1768 al 1773, mentre era governatore della Garfagnana, il conte Camillo Munarini, essendo scomparse le sorgenti, come racconta il Pacchi: « fece fare alcuni piccoli tentativi per riconoscere se si erano molto allontanate da' primieri condotti, e con poca spesa ebbe il piacere di ritrovare le acque più basse, ma nel piano, e dentro la fabbrica istessa de' bagni. Erano queste bensì poco calde, perchè si vede che nell'interno del monte veniva rimescolata l'acqua fredda con la calda » (1).

Nel 1785 il Pacchi ne scriveva più a lungo. In quel tempo esistevano ancora le rovine come le avea viste il Vandelli, ma: « non si scorge peraltro più acqua di sorta alcuna dentro de' bagni in estate; e rarissime volte nell'inverno, cioè solo in tempo delle grandi escrescenze, dalle fenditure d'un sasso, dove probabilmente era la sorgente de' bagni, si vede sortire poca quantità d'acqua fredda. In distanza di pochi passi da queste rovine verso ponente, al pelo dell'acqua della Torrita, scaturiscono grosse sorgenti d'acqua limpidissima fredda, di sapore alquanto salso... Al presente... queste acque... sono state usate in bevanda anche ai nostri dì, e finchè si è potuto averle pure e sincere... Tuttavia esistono sempre le sotterranee sorgenti, e non sarebbe un'impresa affatto difficile, sebben dispendiosa, il cimentarsi a ricercarle nelle viscere del monte ».

Le sorgenti calde osservate dal Vallisneri e dal Vandelli nella sinistra opposta, parte della Torrite sorgevano ancora alla distanza di 20 passi dai bagni, verso levante, a valle, dalle fenditure di una grotta naturalmente incavata all'altezza di un braccio (m. 0,523) sopra il livello delle acque correnti, quando queste nell'estate erano alquanto basse. Secondo il Pacchi: « il sasso da cui scaturivano, avendo varie fenditure, quali più alte, quali più basse, le scaturigini a poco a poco si sono abbassate in modo, che al presente escono le acque dai più bassi

(1) Pacchi D., l. c., p. 200.

perugi del sasso sotto le acque stesse della Torrita, e questo tramandano continuamente gallozzole d'aria a fior d'acqua, ora in un luogo, ora in un altro; altre rasenti la Torrita dall'una e dall'altra sponda, ma basse in guisa da non poterle avere pure e sincere » (1). E lo stesso Pacchi soggiunge: « i pescatori assicurano che ivi trovano l'acqua della Torrita meno fredda che altrove, ed in alcuni luoghi incontrano sorgenti d'acqua ben calda » (2).

Forse anche le scaturigini cessarono dallo sgorgare libere, non tanto per essersi abbassate, quanto perchè la Torrite a valle s'ingorga e si rialza in amplissimo bozzo.

### Portata, temperatura, composizione.

Negli ultimi 30 anni del secolo XIX, avendo io visitato talora quei luoghi, le circostanze non erano cambiate rispetto a quelle notate da Vallisneri, Vandelli e Pacchi nel secolo precedente. Sulla destra del torrente, presso le rovine dei bagni, una grossa polla limpida, fredda, alquanto salsa, quella che chiamerò *B*, indicata dal Pacchi, come l'altra, che chiamerò *C*, non perfettamente fredda, un poco salata, sgorgavano quasi a livello del fiume; più sopra, nelle cavità del monte, il bozzo *D* e talora l'interno della grotta *E* ricettavano acque stagnanti e fredde o quasi.

Le sorgenti calde subacquee ricordate dal Vallisneri, dal Vandelli, dal Pacchi sulla sinistra della Torrite esistono tuttora sotto il ponte e a valle del Mulino, per lunghezza di molti metri, rasente la ripa del torrente, proprio dove il calcare infraliassico permeabile cede il posto ad un tritume di rocce liassiche impermeabili.

Una ventina d'anni fa, essendosi temporaneamente abbassato in quel luogo il livello del fiume, presso quelle sorgenti calde fu costruito un capannotto di paglia che serviva per bagni. Di queste sorgenti tiepide, come ai tempi del Pacchi si accorgono i fanciulli che vanno nuotando ed i pescatori; in tutto il

(1) Pacchi D., l. c.

(2) Pacchi D., p. 199.

tratto sopra detto, per più che la metà sinistra del fiume, sorgono dalle acque, in una quantità di punti, abbondanti e quasi continue bollicine gasose. Il 2 ottobre 1902 misurai la temperatura di quei tratti della Torrite ove dicesi che sorgano le acque. Ad ore 15, mentre la temperatura dell'aria era  $15^{\circ},5$  c. e quella della Torrite  $16^{\circ},5$ , sotto il Ponte del Mulino del Campedello, a profondità di m. 1,30, entro acqua sufficientemente smossa trovai  $17^{\circ},5$ . Il grado superiore alla temperatura misurata altrove nel fiume poteva derivare da miscela con minima quantità d'acqua calda ma anche da quella leggera variabilità di temperatura che ho sempre constatato avere da un punto all'altro le acque di un fiume. Però a valle del Mulino la temperatura della grande massa d'acqua, presso la ripa calcarea, era  $21^{\circ},5$  c., dovuta certo alla commistione d'un'acqua ben più calda, con quella tra  $16^{\circ}$  a  $17^{\circ}$  del fiume, confermandosi così l'asserzione popolare. È possibile che la sorgente più calda sia alcuni metri a valle, all'immediato contatto con le rocce impermeabili, dove non potei arrivare, e dove nell'estate 1903 si era fatto temporaneamente un tale interrimento che si sarebbero potuti fare dei casotti per bagno come venti anni prima.

Io mi recavo ad esaminare la sorgente principale sulla destra del fiume per una prima volta il 9 aprile 1902, cioè 36 giorni dopo che essa era ricomparsa.

L'acqua del torrente era limpida ed abbastanza alta. A ore 17,30 la temperatura del torrente era  $15^{\circ},2$  c.; quella dell'aria all'ombra  $15^{\circ}$ .

Cominciando le indicazioni da monte, sempre sulla destra del torrente, a livello di questo, anzi, con acque un poco più alte, sotto il livello, era una bocca *B* donde esce costantemente una quantità d'acqua fredda ma leggermente salina, per commistione, cred'io, di una piccola quantità di acque termali con quelle del fiume scorrenti internamente e risorgenti in quella bocca *B*, come, lo vedremo, in parecchie altre più a monte. Circa m. 2 a valle, pure a livello del torrente, di sotto un masso franato, vidi una piccola polla d'acqua leggermente salina, che chiamai *C*; la temperatura era  $28^{\circ}$  c. La portata, siccome usciva di sotto il masso e si perdeva, non la potei misurare.

Pochi metri più a valle e circa 3 m. più alto è una cavità nel calcare, quasi parte della grotta principale ma separata da questa da un gran masso, e più bassa, nella quale era un bozzo interno *D*, con acqua quasi fredda, appena salina, e presso che ferma. Circa 1 m. sopra è la grotta donde esce la sorgente principale *E*.

La portata del bozzetto interno *D* misurata come sempre di poi con un recipiente di litri 6 e con un contasecondi, con una media di 5 misure, era, con leggerissime perdite, di L. 6 ogni 36",4; pari a L. 0,166 per 1".

La portata complessiva di tutte le acque uscenti nella sorgente principale *E* misurata all'esterno era di L. 6 in 4",1 pari a L. 1,42 per 1": la temperatura dell'acqua, all'imboccatura della grotta era 33°,5 c., al greto del fiume 33°.

Il 12 aprile, dopo 37 ore di leggere piogge continue l'acqua del fiume era ancora quasi egualmente alta, e limpida come sempre di poi ad ogni mia osservazione; ad ore 11 la sua temperatura era 12° c.; quella dell'aria 15°.

L'acqua del bozzo *D* aveva temperatura di 25° mostrandosi con ciò che vi era mescolanza di acqua calda e fredda.

L'acqua termale *E* aveva complessivamente la portata di L. 6 ogni 3",4, cioè L. 1,58 ogni 1", temperatura, all'imboccatura della grotta 33°,5. Esaminando partitamente le acque di questa terma si vede che esse provenivano da un certo numero di piccole polle, di temperatura diversa, alcune anche fredde, traversanti le fessure del calcare.

La più calda proveniva e proviene quasi dal mezzo del bozzetto situato nella parte più interna della grotta, ed aveva temperatura di 34°,7. M. 1 a S.-O. era altra piccola polla che si univa ad altre polle minori più fredde; mentre dalla parete S.-E. e più interna proveniva dell'acqua fredda evidentemente di filtrazione superficiale. Intanto risultava che l'ultima pioggia non aveva contribuito ad abbassare la temperatura dell'acqua termale e che la portata era di poco aumentata.

Nel maggio, per effetto delle piccole scosse di terremoto che seguitavano, o per cause indipendenti, il bozzo *D* e la sorgente *E* cominciavano a disseccarsi poco a poco, ed alla fine del mese i bozzo *D* era disseccato del tutto: la sorgente principale *E*

era ridotta ad una pozza stagnante nella parte più interna della grotta. La polletta *C* buttava ancora e l'8 giugno ad ore 11 la sua temperatura non superava 28° c.

Successivamente, nel giugno, al sopravvenire di alcune piogge, la sorgente *E* rimesceva, come accadde verso la fine del mese: ma poi ricessò e il dì 5 luglio vidi le cose come l'8 giugno. Il torrente era assai basso e scarso di acque: ad ore 18,35 la temperatura sua era 20°; quella dell'aria 24°.

La bocca appena salmastra *B* avea 21°,5 comprovando cioè la mescolanza di alcune acque termali a quelle del fiume fornite di temperatura più bassa.

La sorgente *C* era a 30° ed abbastanza abbondante: dopo cessate le sorgenti più alte vi era perciò un aumento di temperatura. Le sorgenti *D* ed *E* erano rappresentate da bozzi stagnanti; il bozzo *D* aveva 26°; il bozzo *E* diventato semplice ricettacolo di acque superficiali non termali avea 23°.

I giorni dipoi, dietro mio consiglio, si cominciarono a fare fruttuosamente nella grotta alcuni lavori che infatti rimisero a giorno le sorgenti *E* come prima. Io rivisitai i luoghi il 10 luglio. Il torrente avea seguitato a calare. Ad ore 17,15 la temperatura del fiume era 21°, quella dell'aria 26°.

La bocca *B* aveva 20°,7 (cioè meno dell'8 giugno); la sua portata, che potei misurare, però con molte perdite, essendo il fiume assai basso, in una media di 7 misure, assai uniformi, era di L. 6 per 2,"04, pari a L. 3 per 1". Nella polla *G* sotto il sasso franato erano stati fatti alcuni lavori per togliere il masso e mettere allo scoperto le acque. La temperatura, dopo i lavori fatti qui e nella sorgente maggiore *E*, era alquanto abbassata. Nel posto dove prima sgorgava esternamente l'acqua era una scarsa polla *C'* con temperatura di 28°,5. La massima quantità dell'acqua sgorgava, sempre a livello del fiume, 1 m. più a valle, e verso il poggio, e sembrava uscire verticalmente dal terreno, con abbondante gorgoglio di acido carbonico. Aveva 28°, e nel punto ove il gorgoglio era più abbondante, 28°,3.

Nella grotta *E* erano stati fatti varii lavori, amplificandola, asportando le materie che riempivano il fondo, e rintracciando la sorgente ad un livello molto basso. Erano così state messe allo scoperto varie pollette e gemitivi provenienti dal

suolo in diversi punti della grotta, sempre sotto il livello degli schisti accennati a principio.

Presso l'entrata, dal lato S. era una prima polletta a 28°,5 uscente direttamente da una fessura del suolo; poco più interna era altra polla con bolle gassose avente 32°; sempre a S. altre ne erano poi di piccolissima importanza. Queste pollette del lato S. insieme unite in un fossetto che le deviava, davano, in una media di 5 misure, L. 6 per 19",1, pari a L. 0,31 per 1". Dopo 4 m. di percorso superficiale l'acqua del fossetto serbava temperatura di 30°.

Nel lato N. era qualche altra simile polletta con bollicine gassose e, presso il fondo, nel solito posto dell'aprile, la polla più abbondante, alquanto più salina e più calda, con la stessa temperatura di 34°,7 che aveva nell'aprile. La sua portata, media di 7 misure, era di L. 6 ogni 4",5 pari a L. 1,30 il 1".

Nella parte più interna era un bozzetto, in posizione diversa da quelle più o meno variabili dei bozzetti precedenti, e l'acqua, in parte di filtrazione superficiale, fermata sulle argille, aveva 23°, come aveva avuto l'intero bozzo interno, nella misura precedente, il 5 luglio.

Le acque uscenti dalla grotta, dopo 6 o 7 m. di corso superficiale, serbavano temperatura di 33°,5.

Il giorno 5 agosto, ad ore 11, le acque della Torrite erano straordinariamente basse. Poco a monte della bocca *B* si scorge il calcare lungo la sponda destra, tutto crivellato, con una quantità di fessure che danno uscita all'acqua del fiume stesso, scorrente sotterra, e penetrante nel suolo circa 1 Km. più a monte. L'acqua che esce da queste fessure è completamente fredda, mentre, come dicevo, non è tale quella della bocca *B*, nel cui interno accade una commistione con certa quantità di acqua termale mineralizzata; tant'è vero che a Castelnuovo, per quanto essa sia leggerissima, la usano, in grande numero di bicchieri, come bevanda alquanto purgativa. Le sorgenti *C* erano alquanto diminuite, ma serbavano temperatura di 28°. Nella grotta *E* erano già stati costruiti tre casotti nuovi per uso di bagno, a livello più basso di quelli antichi, e distruggendo in piccola parte questi. Però, pel servizio dei bagni l'incile delle sorgenti dell'interno della grotta era stato artifi-

ciosamente rialzato, e ciò aveva avuto per effetto di diminuire la portata dell'acqua, che aveva trovato sfogo altrove per fessure interne, e di diminuirne la temperatura. Nell'interno la seconda sorgente a S. aveva ancora  $32^{\circ}$  come il 10 luglio, ma anche la sorgente interna, già più calda, era discesa a  $32^{\circ},3$ ; solo in un punto v'era  $32^{\circ},4$ , ed una delle pollette più vicine all'uscita, a N., aveva  $32^{\circ},8$ . Nel condotto esterno alla grotta la temperatura era  $31^{\circ},9$ ; la portata di tutte le acque era di L. 6 in  $10''$ , pari a L. 0,60 il  $1''$ . Nel giorno seguente fu ribassato l'incile, acquistando maggior provvista di acque. Ma seguitando poi le magre nel settembre, ed essendosi pure il fondo della grotta empito di fango, la sorgente termale diminuì sempre più. Alla fine del mese, in rispondenza alla medesima fu fatto nel torrente, con argine di pochi centimetri, un ingorgo, che rialzò alquanto l'incile: nello stesso tempo fu chiusa con fango e pietre la sorgente C; ma l'acqua calda trovò sfogo più di m. 1,50 sopra, da fessure de' calcari, all'uscita della grotta E.

In tale stato trovai le cose il 2 ottobre. Ad ore 15 la temperatura dell'aria all'ombra era  $15^{\circ},5$ , quella della Torrita  $16,5$ . La Bocca B aveva  $19^{\circ}$ .

Nella grotta E l'ingorgo che aveva il fondo fangoso, poco permeabile, imbozzava acque poco calde, a  $26^{\circ},5$ , e al massimo, in un punto, a  $28^{\circ},6$ , che erano portate alle vasche da bagno. Presso l'imboccatura, dal lato S., la polletta, già notata il 10 luglio, aveva  $26^{\circ},2$ . Immediatamente all'uscita della grotta si trovava la polla più calda, a  $32^{\circ}$ , che però non era portata ai bagni, e poco sotto, da una fessura nel calcare escivano un gemitivo a  $26^{\circ},7$ , ed altro a  $29^{\circ},7$ . Una polletta sotto la vasca più alta ha  $30^{\circ},5$ .

La portata delle acque condotte alle vasche con temperatura complessiva di  $28^{\circ},5$  era L. 6 in  $88''$  pari L. 0,068 per  $1''$ ; quella della sorgente calda più esterna L. 6 in  $195''$ , cioè L. 0,03 per  $1''$  e fanno un totale di L. 0,098 il  $1''$ : però tutte le piccole sorgenti esterne e l'acqua che si perde non sono contate in questa portata che, abbassando l'incile, sarebbe stata molto maggiore.

Nel novembre successivo una grossa piena alzando alluvioni anche nella grotta, chiuse per alcune settimane la sorgente.

Il 4 aprile 1903, ad ore 15,45, la temperatura dell'aria, all'ombra, era 12° c.; quella della Torrita 11°,7. Quel giorno misurai la temperatura di varie sorgenti lungo l'alveo del torrente fino sopra il Ponte di Rontano, ed avevano tutte 11°,7. Ciò prova che era la stessa acqua del torrente la quale ricompariva dopo un percorso breve e superficialissimo.

La bocca *B* aveva 18°,7 c.

Entrando nella grotta, dal lato S. e direttamente dal calcare uscivano le due pollette principali notate il 10 luglio 1902: la prima aveva 30° c.; la seconda 32°,6, e 32°,6 aveva nel bozzo interno la polla più calda, cinta all'intorno da pollette più fredde. La miscela delle acque, all'uscita della grotta, aveva 31°,8. Non misurai la portata, ma era alquanto maggiore dell'ottobre 1902.

Nell'agosto e nel settembre 1903, essendo il torrente quasi all'asciutto, la sorgente pure si era grandemente abbassata.

Do qui in riassunto le variazioni di portata e di temperatura osservate nelle sorgenti dal 6 marzo al 4 aprile 1903.

Sorgente.	Portata in L. per l''	Temperatura in C.	Salsedine.
<b>Sorgente principale E</b>	Comparsa il 6 marzo 1902.		Salina.
9 aprile 1902	1,42 . . . . .	33°,5 all'imboccatura della grotta.	Analisi del 6 aprile 1902 ad ore 9. (Frassi).
12 aprile	1,58, dopo leggere piogge.	34°,7, la parte più calda.	
fine di maggio	Scomparsa.		
fine di giugno	Ricomparsa dopo piogge.		
primi di luglio	Scomparsa.		
5 luglio	Bozzo stagnante	23°.	
6-9 luglio	Ricomparsa per lavori fatti.		
10 luglio	0,31 la parte S. + 1,30 la parte N.	28°,5 — 32 — 34,7. 23° il bozzo più interno quasi stagnante.	
5 agosto	0,60 . . . . .	32° — 32,4 — 32,8.	
6 agosto	Leggero aumento per abbassamento dell'incile.		

Sorgente.	Portata in L. per l''	Temperatura in C.	Salsedine.
settembre	Diminuzione conseguente alla siccità.		
2 ottobre	0,03 + 0,068 + x	26°,2 — 26°,5 — 28°,6 26,7, 29,7 — 30,5 — 32. 30° — 32°,6.	
4 aprile 1903			
<b>Bozzo D:</b> 9 aprile	0,166 . . . . .	. . . . .	Appena salmastro.
12 aprile	. . . . .	25°.	
fine di maggio	Scomparso.		
5 luglio	Bozzo stagnante.	26°.	
<b>Sorgente C:</b> 9 aprile	Comparsa il 6 marzo?	28°.	Leggermente salina.
fine di maggio	Non disseccata.		
8 giugno ore 11	Non disseccata.	28°.	
5 luglio	Aumenta di portata.	30°.	
10 luglio	0,39, il getto principale.	28°,3 — 28°,5.	
5 agosto, ore 11	Alquanto diminuita.	28°.	
fine di settembre	Otturata.		
<b>Bocca B:</b> 5 luglio	. . . . .	21°,5 . . . . .	Appena salmastra.
10 luglio	3 . . . . .	20°7.	
2 ottobre	. . . . .	19°.	
4 aprile 1903	. . . . .	18°,7.	
<b>Acqua della Torrite</b>	. . . . .		
9 aprile	. . . . .	15°,2.	
12 aprile	. . . . .	12°.	
5 luglio	. . . . .	20°.	
10 luglio	. . . . .	21°.	
2 ottobre	. . . . .	16°,5.	
4 aprile 1903	. . . . .	11°,7.	
<b>Aria, all'ombra</b> 9	. . . . .		
aprile 1902, ore 17,30		15°.	
12 aprile, ore 11	. . . . .	15°.	
5 Luglio, ore 18,35	. . . . .	24°.	
10 luglio, ore 17,15	. . . . .	26°.	
2 ottobre, ore 15	. . . . .	15°,5.	
4 aprile 1903, ore 15,45.		12°.	

Nel 1760 fu fatta dal Vandelli un'analisi della sorgente principale allora quasi perduta; egli vi trovò solfato calcico e cloruro sodico.

Nel luglio 1785, narra il Pacchi, furono dal perito chimico Giovanni Giannotti, assistito dal dott. Rocco Coli, ambedue di

Castelnuovo, raccolti i gas e l'acqua di tre sorgenti, due sulla sinistra, e sono quelle oggi subacquee, ed una sulla destra della Torrite. Dalle analisi fatte si vede che il gas è acido carbonico e che nelle acque sono dei solfati e cloruro sodico.

Analisi chimiche e batteriologiche esatte furono fatte dal dott. A. Frassi <sup>(1)</sup> con acqua presa il 6 aprile 1902 ad ore 9 ant.

Ecco l'analisi chimica dei costituenti il residuo di 1000 grammi d'acqua:

Ossido di sodio . . . . .	1, 8015
» potassio . . . . .	0, 1431
» calcio . . . . .	1, 0525
» magnesio . . . . .	0, 2153
» alluminio . . . . .	0, 0068
» ferrico . . . . .	0, 0004
Anidride silicica . . . . .	0, 2717
Cloro . . . . .	1, 3363
Anidride solforica . . . . .	1, 3305
Anidride carbonica fissa . . . . .	0, 0825
Anidride nitrica . . . . .	0, 0030
	Totale
	6, 2436
Anidride carbonica libera e semicom-	
binata. . . . .	0, 8526

Ecco l'analisi batteriologica:

« La presa di campioni fu effettuata il giorno 22 agosto 1902 alle ore 17. I campioni furono tenuti in ghiaccio per circa due ore finchè non fu possibile eseguire la seminazione. Furono quindi fatte numerose culture in gelatina ordinaria distribuendo nelle scatole di Petri quantità frazionate di acqua ( $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{5}{10}$ , 1 cc.) dei varî campioni presi. Fu fatta col brodo di Abba la ricerca del *b. coli*.

Le scatole furono tenute alla temperatura di 23° - 25° C.

Fu poscia fatto l'isolamento dei varî germi per la diagnosi specifica.

(<sup>1</sup>) Frassi A., *Analisi chimica e batteriologica delle acque termali di Torrite presso Castelnuovo di Garfagnana* (L'Idrologia e Climatologia, anno XIV, n. 1).

## RESULTATI DELL'ANALISI.

	Sorgente calda posteriore.	Sorgente calda anteriore.	Sorgente fredda.
Numero totale dei germi per cc. (conteggio al 7° giorno).	139	32	33
Numero dei germi fondenti per cc.	11	6	3
Numero dei cromogeni per cc.	1	0	0
Numero degli ifomiceti per cc.	3	2	3
Numero delle specie riscontrate e loro designazione.	3	3	3
	Micrococcus flavus liquefaciens (Flügge).	Mic. flavus liquefaciens.	M. flavus liquefaciens.
	Microc. ureae (Pasteur Leube),	M. candicans.	Sarcina alba.
	Mic. candicans (Flügge Adametz).	M. ureae.	M. candicans.

Nè dalle placche ordinarie, nè dalle culture col metodo di Abbe (usando 50 cc. di acqua) si ebbe sviluppo di colonie di *b. coli* o di *b. colisimili*... Nella sorgente posteriore, la attività dei germi fondenti e il numero dei germi per cc. si è dimostrato alquanto maggiore che nelle altre. Ciò, data la qualità delle specie, non costituisce affatto un pericolo, ed è da ritenersi che quando le tre polle sieno captate con un sistema più razionale, anche questa cifra potrà scendere a quella presentata dalle altre sorgenti » (Frassi). Infatti, presentemente, come si disse, la sorgente posteriore esce in un bozzo melmoso.

Sono notevoli le variazioni di portata e di temperatura, cui certamente risponderrebbero, se le analisi potessero ripetersi facilmente, le variazioni di salsedine. Tali variazioni, del resto, sono comuni a qualunque siasi sorgente termo-minerale, oppostamente al canone medico che stabilisce come invariabile la mineralizzazione di un'acqua secondo lo schema chimico di un'analisi qualsiasi fatta in un tempo determinato.

La scomparsa e la ricomparsa di questa sorgente, come le variazioni di portata e di temperatura, per causa di terremoti, son fatti frequentissimi nella storia delle sorgenti. Almeno nella massima parte dei casi, essi non derivano da sommovimenti prodotti nelle regioni più profonde dalle vibrazioni del suolo; bensì provengono dalla trasformazione delle vibrazioni in moto di massa, quale può avvenire soltanto nei tratti più superficiali del suolo, in rispondenza ad interstizi ed a massi franati od a rocce staccate fra loro. Ciò dev'essere avvenuto appunto nella sorgente nostra, della quale devesi ritenere che mai sia assolutamente scomparsa, ma che i terremoti soltanto ne deviarono il cammino esteriore, facendola sgorgare in punti più bassi, e mescolandola ad acque dolci, come del rimanente attestano la costante tradizione e l'esame dei luoghi fatto anche da me. Che le deviazioni sieno state soltanto superficiali, è attestato anche dai lavori, del resto semplicissimi, ordinati dal governatore Munarini circa nel 1770 e da quelli fatti nel 1902, lavori che hanno sempre ricondotto la sorgente alla superficie.

L'esistenza e l'ampiezza delle fessure e delle comunicazioni superficiali è comprovata anche dalla miscela delle acque mineralizzate calde, non solo con quelle superficiali, ma con quelle del fiume Torrite. La miscela colle acque superficiali è provata dai gemitivi freddi che a traverso le fessure esterne dei calcari penetrano nella grotta *E*, specialmente nell'estremo più interno sud, dove le predette acque talora imbozzano mescolandosi con gemitivi caldi sorgenti dal suolo e formando una pozzetta quasi stagnante, a 23° c. Lo stesso avviene nel bozzo *D*. La miscela, almeno parziale, con le acque del fiume è comprovata dalla variabilità di temperatura delle sorgenti *C*, *E*, derivante in parte, verosimilmente, anche dalla mescolanza delle acque superficiali; ma specialmente è rivelata dalla abbondantissima bocca *B*, appena salina ed appena tiepida, che è, si può dire, l'ultima delle tante bocche locali che dal calcare, crivellato come uno staccio, rimettono a giorno le acque del fiume entrate sotterra poco più a monte. Nelle vie sotterranee più prossime alla sorgente termale le acque del fiume incontrano una parte di questa, con essa si mescolano, e ne abbassano la temperatura.

Dal vedere che la temperatura della sorgente termale non supera  $34^{\circ},7$  c., e ritorna costantemente a questo massimo, si può arguire che la sua temperatura normale, a meno di scendere a qualche profondità, non sia gran che superiore a questa, e che la sorgente stessa, per sorgere normalmente e con caratteri di termicità e mineralizzazione sufficientemente costanti, qualche metro sopra il livello del fiume, deve avere un carico suo proprio abbastanza ragguardevole e deve avere una origine prima, sua propria, abbastanza interna, indipendente dalle mescolanze che più esternamente si verificano. Ciò è pure in armonia con la relativa costanza di portata almeno della sorgente principale *E*, la quale rivela la sua relativa indipendenza dalle vicissitudini atmosferiche. L'esistenza d'un carico abbastanza ragguardevole è provata anche dalla chiusura artificiale della polla *C* avvenuta nel settembre 1902, dopo la quale l'acqua, serbandosi calda, ha seguito almeno in gran parte a sgorgare, serbandosi calda, all'uscita della grotta *E*. Il fatto stesso della sorgente che esce calda e salmastra sulla sinistra della Torrite all'ultimo confine del calcare infraliassico con rocce impermeabili, mostra che quella acquista temperatura e mineralizzazione a profondità sufficientemente ragguardevoli, donde, sempre lungo il confine di quelle rocce diverse, è guidata alla superficie.

È notevole l'alzarsi e l'abbassarsi dell'incile della sorgente *E* secondo le variazioni di livello del fiume adiacente, fino a scomparire quasi in apparenza quando il fiume è bassissimo, tanto è vero che gli utenti delle terme, per rialzare queste, quando il fiume è basso, come nel settembre 1902, lo ingorgano alquanto in rispondenza alla sorgente. Ciò dipende, verosimilmente, pur sempre dalle fessure e dalle comunicazioni superficiali della roccia calcarea: le acque della Torrite rincollano e rialzano la sorgente, formando contro l'uscita di essa un ostacolo che il carico suo è sempre sufficiente a vincere, facendola sgorgare sopra il livello del fiume nell'interno della grotta: lo stesso avviene in tante sorgenti situate poco sopra il livello di un contiguo mare, il cui incile si alza e si abbassa secondo i movimenti del mare stesso, e in proporzione alle differenze di densità che sono nelle due colonne acquee, l'esterna e la mi-

nerale, nel caso nostro più calda e più leggera ad onta della sua alquanto maggiore densità, perciò più alta.

Dalle cose dette resultano ammaestramenti atti a conservare la sorgente. È necessario anzitutto tener libera l'uscita, cioè il fondo della grotta *E*, rimuovendo le frane e sopra tutto il fango che facilmente vi si forma per lo sfacimento degli schisti e che forma barriera impermeabile allo sgorgo, deviando le acque verso le più basse fessure laterali del calcare. Quantunque poi il lavorare in mezzo a calcari così crivellati non sia facile, cominciando il lavoro circa a due terzi dall'imboccatura della grotta, dove l'acqua sgorga più calda, occorrerebbe seguire le vie verticali di questa, perforando il calcare, sempre con la guida del termometro, e chiudere via via le fessure adducenti le filtrazioni fredde. Così si arriverebbe probabilmente ad assicurare l'uscita perenne e forse anche a rialzare la sorgente tenendone alta la temperatura e maggiore la salsedine. L'estrazione mediante una pompa applicata a profondità aumenterebbe probabilmente anche la portata. Naturalmente per rendere più sicuro l'esito del lavoro occorrerebbe la guida incessante di persone pratiche.

Anzitutto però è necessario con un forte muraglione difendere i bagni dalle piene del fiume e dalle conseguenti sommerzioni e possibili rovine.

Credo poi che a tenere alta la sorgente gioverebbe il ricollo dell'acqua della Torrite, praticato istintivamente dagli utenti, mediante una serra a valle; cioè in altre parole la cattura idrostatica che François, ispettore generale delle miniere in Francia, applicò fin dal 1838 in condizioni quasi identiche alle terme di Ussat sull'Ariège, e che fu poi applicata a Bagnères-de-Luchon, a Teplitz e altrove. Secondo De Launay ciò si spiega con l'osservazione che riempiendo due vasi comunicanti uno di acqua dolce, l'altro di acqua minerale, queste si mescolano punto o pochissimo, bensì l'una fa da carico all'altra <sup>(1)</sup>.

(1) De Launay L., *Les principes du captage des sources minérales* (Bull. trim. de la Soc. de l'industrie minière, s. IV, livre III, 1902). Saint-Etienne, p. 749.

## Origine delle acque e paragone con altre acque minerali.

La classificazione delle acque minerali è fatta fin qui in modo assolutamente empirico, tenendo conto quasi soltanto delle esigenze mediche locali. Sarebbe necessario applicare alle medesime una parte almeno di quei criterî scientifici che recentemente si sono andati applicando nella classificazione delle rocce. Prescindendo dalle acque metallifere, cioè ferruginose, arsenicali, cuprifere, ecc., da quelle acidule, solfuree, da quelle iodo-bromiche, ecc., le acque saline più comuni andrebbero distinte secondo il predominio o secondo la diversa proporzione degli agenti mineralizzatori più potenti, del Cloro, dello Solfo, dell'Acido carbonico: anche tenendo conto delle basi si avrebbe luogo, credo, di riscontrare quella frequente antinomia che si trova nelle rocce, fra il sodio e il calcio, e fra altri elementi. Ma non è questo il luogo d'intaccare simile importante questione.

Volendo studiare scientificamente le origini della temperatura e della mineralizzazione di queste acque è utile compararle con quelle aventi simili caratteri ed origine, delle regioni vicine.

Simili paragoni sono peraltro assai difficili, anzi sovente impossibili, perchè le analisi mancano, o sono imperfette per aver determinato i varî elementi nelle acque raccolte in tempi diversi o per certo altre differenti e più gravi ragioni; talora perfino furono accomodate ad arte per fare apparire taluni elementi creduti utili e farne scomparire o diminuire altri supposti dannosi o inutili. Prescindendo da ciò ognuno sa che la determinazione di certi elementi, ad esempio degli alcali, nelle analisi non recenti e non fatte con metodi precisi, è sempre imperfetta.

Si aggiunga un'altra contrarietà che il più delle volte si presenta, ed è quella di sceverare i singoli elementi dalle composizioni attribuite dai singoli analizzatori, che talora giunsero pure a conclusioni stridenti e ad ammettere componenti incompatibili fra loro. Noi ignoriamo ancora troppo in quale stato si

trovino nelle acque i singoli componenti, e sarebbe desiderabile si dismettesse l'uso d'indicare le combinazioni limitando le risultanze dell'analisi alla enumerazione, come ha fatto pure il Frassi, degli ioni metallici positivi e degli ioni acidi negativi.

Inoltre la composizione delle acque allorquando giungono all'esterno varia con la temperatura, poichè con la temperatura variano la solubilità e la conseguente quantità di certi sali; ad esempio il solfato calcico ha la massima solubilità a 38° c., temperatura alquanto maggiore di quella delle sorgenti di Torrite; la solubilità del solfato sodico va rapidamente aumentando fino a 33° c., per poi lentamente diminuire; i carbonati di calcio e di magnesio nell'acqua contenente Anidride carbonica sono molto più solubili a freddo che a caldo. Così la presenza e la maggiore o minore quantità di certi sali ostacola la soluzione di altri sali che abbiano un'ione comune, la facilita se non vi è comunanza di ioni; lo stesso solfato calcico varia notevolmente col variare della quantità di sali alcalini (solfati e cloruri) coi quali può trovarsi a contatto, e conforme alle reazioni che esso può contrarre con altre specie chimiche, principalmente coi carbonati. Naturalmente le variazioni nella quantità di un componente, conseguenti a variazioni di temperatura o di pressione, inducono spostamenti in tutte le altre materie disciolte.

Per tali ragioni acque aventi una origine ed un percorso identici possono all'analisi chimica mostrare certe differenze che rendano meno facile scoprire le affinità loro.

Nel comparare poi fra loro le quantità dei residui fissi non deve ritenersi che questi sieno invariabili, poichè, quand'anche, come universalmente accade, non sieno stabiliti i limiti della variabilità questa deve esistere corrispondentemente alle variazioni di portata che qualsivoglia sorgente subisce nel percorso dei tempi, in grado maggiore o minore, corrispondentemente alle vicissitudini atmosferiche ed alle variazioni dei serbatoi interni. È probabile che assai più ristrettamente varino le proporzioni reciproche dei singoli sali costituenti il residuo fisso. Ritenendo queste proporzioni come invariabili, per rendere più sollecitamente comparabili i residui fissi d'una sorgente con quelli di un'altra, possiamo supporli ridotti tutti ad un comune quo-

ziente, a 100 grammi, prescindendo dalla variabilissima quantità di acqua che li può diluire.

Prima di procedere intendo fare un paragone, per quanto sia poco conclusivo, fra l'acqua termale di Torrite ed un'acqua non termale che esce dagli stessi calcari infraliassici in una regione contigua, nella parte opposta della Pania; voglio dire la sorgente dei Gangheri o Angari. Esce questa lungo la valle della Torrite di Gallicano, con portata grandissima non minore a 20000 m. c. il giorno, con temperatura di 9° a 10° c. Mi prevalgo della seguente recentissima analisi fatta dal prof. Nasini per il Comune di Firenze, che intendeva condurre quelle acque alla città. L'analisi fu fatta sopra il residuo di 100000 parti d'acqua, il 17 settembre 1901

CaO	—	5, 135
MgO	—	1, 063
K <sup>2</sup> O	—	0, 081
Na <sup>2</sup> O	—	0, 404
. Cl	—	0, 587
N <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	—	0, 064
CO <sup>2</sup>	—	6, 076
SO <sup>3</sup>	—	0, 391
SiO <sup>2</sup>	—	0, 422, con tracce di P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , I, L.
		<u>14, 223</u>

Le proporzioni dei componenti in ogni 100 parti di residuo solido si troveranno fra qualche pagina.

Le analogie con le acque di Torrite, pur prescindendo dalla gran differenza nella quantità dei residui solidi, non sono ragguardevoli, causa il grande eccesso nei Gangheri dei carbonati di calcio e di magnesio, che sono disciolti ai calcari cavernosi infraliassici. Pur eliminando nei Gangheri l'eccesso dei Carbonati, si noterebbe che il Cloro è  $\frac{1}{3}$  più, invece che pari all'Anidride solforica, ed in altrettale proporzione, invece di essere alquanto inferiore, è col Sodio: non vi ha dunque predominio dei Solfati sui Cloruri, nè di Sodio sopra altre basi.

Queste differenze derivano dalla superficiale origine delle relative acque raccolte in ampi cunicoli sotterranei coi pochi

materiali disciolti al suolo vegetale, benchè assai poco coltivato; ma sono pure correlativi alla assai più bassa temperatura dei Gangheri rispetto alle terme di Torrite. Infatti i Carbonati di Calcio e di Magnesio dei calcari infraliassici, possono essere disciolti a freddo in grandi quantità dalle acque dei Gangheri, di origine superficiale, a bassa temperatura (9° c.) trascinanti variabili quantità di Anidride carbonica, mentre a temperature più elevate la solubilità dei detti Carbonati rapidamente decresce, come mostrarono gli studî di Engel e Ville. Viceversa il solfato sodico incluso nelle rocce, o piuttosto formatosi per reazione di solfuri sopra schisti sodiferi, pochissimo solubile a bassa temperatura, aumenta di solubilità fino a 33° c. per poi di nuovo diminuire, e ciò può spiegare la scarsa proporzione di ioni di Sodio e di Solfo nei Gangheri ed in altre acque fredde rispetto a Torrite che ha la temperatura più atta per la solubilità di quel sale.

Perciò le due acque, quand' anche abbiano in parte le medesime origini ed escano dalla medesima roccia, hanno natura differente.

Passiamo a fare il paragone con le vicine sorgenti più o meno calde di Equi, Pieve Fosciana, Galliciano, Colombaia, Bagni di Lucca, Monsummano, San Giuliano, Uliveto, Casciana. Altre sorgenti clorurate, ferruginose, solforose, acidule o d'altro genere, non trovansi intercalate o concomitanti alle prime cinque pertinenti alla nostra regione apuano-appenninica.

Le sorgenti di Equi nel Fivizzanese, nella parte più settentrionale delle Alpi apuane escono dai calcari triassici e secondo il Repetti sono leggermente solfuree, perciò non sono paragonabili alle nostre.

Le nostre di Torrite vedemmo che escono dal calcare infra-liassico, dopo avere traversato una estensione grandissima dei suoi strati. L'altezza appariscente di questi, a giudicare dall'andamento loro lungo il torrente, è superiore a 300 m.; se non che le acque non li traversano normalmente, ma se provengono da terreni più antichi e più profondi, possono traversarli per grandissimo tratto con lievissimo angolo sulla stratificazione, poco meno che seguendo questa che è molto inclinata, e secondando il confine coi già notati sovrastanti strati impermeabili.

Perciò il contatto coi calcari infraliassici, principiante a notevole profondità, può essere lunghissimo e può risultare nelle acque una sufficiente mineralizzazione, se questa non è cominciata già prima.

Le acque termo-minerali di Pieve Fosciana <sup>(1)</sup> escono superficialmente dal pliocene lacustre, dopo avere traversato altissima serie di arenaria eocenica non atta a mineralizzare. È a ritenere che esse provengano precedentemente dai calcari infraliassici i quali con grande altezza costituiscono la non lontana Pania di Corfino, le cui propaggini probabilmente si avvicinano di nuovo assai alla superficie nel territorio di Pieve Fosciana. Non si conoscono buone analisi di tali acque, le quali sono ricche di cloruro sodico, molto più delle nostre.

A Gallicano lungo la Torrite omonima si hanno delle sorgive che riproducono esattamente le circostanze di quelle da noi descritte lungo la Torrite di Castelnuovo. Soltanto sono anche meno saline e meno calde per la maggior quantità di acque superficiali e fluviali che con esse si mescolano. Escono esse dai calcari infraliassici identici ai nostri; ma non nelle parti interne della valle; bensì, come sulla Torrite-secca, al loro confine superiore e più esterno cogli strati impermeabili del lias superiore.

Ne dette appena qualche cenno il Perrone <sup>(2)</sup>. Una abbondante sorgente appena salmastra, secondo il Perrone a 17° c. e con portata probabile di lit. 60 il 1", esce, con forte carico, quindi talora con piccolo getto verticale, a sinistra dell'alveo, poco sopra il fiume appena a monte del paese: abundantissime bolle gassose, come nella Torrite-secca, escono di sott'acqua, dal fondo dell'alveo, più a valle del viadotto pel canale irrigatorio: altre due piccole sorgive incanalate vengono fuori nella fabbrica di carta sulla destra del fiume e nella fabbrica Gilles sulla sinistra, secondo il Perrone con portata di 1 lit. il 1" e con temperatura di 22°,5 c.

(1) De Stefani C., *Le acque termali di Pieve Fosciana* (Atti Soc. tosc. sc. nat., Vol. IV, 1879, Pisa).

(2) Perrone E., *Carta idrografica d'Italia Arno, Val di Chiana e Serchio*. Roma, 1902, p. 292.

L'acqua salina, lassativa, tiepida, della portata di circa 50 L. per minuto primo, di Bologna, esce al casolare detto la Colombaia, sotto la strada nazionale alla sinistra del Serchio, a circa 3 km. dal ponte della Corsonna ed altrettanto dalle Fornaci. Vien fuori dal pliocene e dall'arenaria eocenica. Sotto le arenarie, poco lontano, dalla parte dell'Appennino, sono molto alti i calcari nummulitici eocenici; dalla parte delle Alpi Apuane sulla destra sono invece altissimi i calcari con selce neocomiani e giuresi. I calcari infraliassici, pure altissimi, stanno al di sotto; è possibile che da essi pure rimontino le acque della Colombaia.

Le acque termali dei Bagni di Lucca escono direttamente dall'altissima arenaria eocenica apparentemente non mineralizzante; ma è probabile traversino ultime propaggini sotterranee degli altissimi calcari con selce secondari, che la Lima traversa poco lontano sotto Vico e Lucchio, e che il Serchio pure incontra a poca distanza. Quelle acque sono più calde di quelle di Torrite, avendo temperatura di 37° a 54° c.; ma sono assai meno mineralizzate avendo, per ogni 1000 grammi, un residuo fisso che va da 2,90 a 3,30 appena, in proporzione della temperatura. In 100 parti di residuo del Doccione paragonato a quello di Torrite, il calcio è quasi pari (15,0 : 16,8); gli alcali sono meno di metà (12,1 : 31,0); il cloro è un terzo (7,3 : 21,3); l'anidride carbonica fissa è otto volte più (10,0 : 1,3); l'anidride solforica è quasi tre quinti di più (51,4 : 21,3) (1).

Le acque dei Bagni di Lucca, essenzialmente solfato-calceiche, non sono dunque paragonabili alle nostre.

Nemmeno sono paragonabili alle nostre le acque clorurato-sodiche dei Bagni di Montecatini; queste, formano un *aves* sotterraneo nelle ghiaie alternanti con le argille del pliocene vallivo; ma la origine loro prima è certamente più profonda, come lo prova anche la termalità delle Terme Leopoldine. A breve distanza in linea retta, nel monte, è la cupola di calcari liassici ed infraliassici di Maona, i quali calcari però, causa l'inclinazione dei loro strati, e l'alto manto impermeabile di schisti

(1) Tassinari P., *Analisi chimica dell'acqua del Doccione dei Bagni Caldi*. Livorno, Debates, 1895.

liassici, di diaspri giuresi, e di argille plioceniche che li ricopre, debbono trovarsi a grandi profondità sotto il piano di Val di Nievole: infatti, perforazioni di 80 m. non finirono di traversare il pliocene. Per lo meno in quei profondi calcari infra-liassici sono le prime origini delle acque di Montecatini, le quali però probabilmente si arricchiscono maggiormente di sali all'esterno, in strati più alti. Esse hanno temperatura normale, salvo le Terme Leopoldine che arrivano a 31°, sempre meno delle acque di Torrite; sono però assai più di queste ricche in sali solubili a freddo, poichè il residuo solido arriva sopra a 23 grammi per litro, ed è precipuamente di cloruro sodico. Di fronte alla sovrabbondanza di questo sale nelle acque di Montecatini, sta nella nostra un tenore quasi tre volte maggiore di calcio e di solfati; i carbonati son quasi uguali. Perciò la nostra acqua sta quasi di mezzo fra quelle dei Bagni di Lucca e quelle di Montecatini.

Essa ha invece affinità con le acque dei Bagni Parlanti a Monsummano e con le acque di Agnano e di Uliveto nel Monte Pisano, le quali escono da calcari infraliassici, come le sorgenti di Torrite. Ciò risulta chiaramente dal seguente paragone fra i vari componenti 100 parti del residuo solido di ciascuna delle predette sorgenti; riporto nel quadro solo i componenti principali. I residui solidi sono calcolati secondo la somma totale dei componenti discioltivi analizzati:

PRINCIPALI COMPONENTI IL RESIDUO SOLIDO  
PER 100 PARTI, IN GRAMMI.

Gangheri	Componenti principali	Torrite	Agnano	Uliveto calda	Parlanti
2, 8	Ossido di sodio . .	28, 8	18, 7	16, 2	18, 1
0, 005	» potassio .	2, 2	0, 9	. . .	2, 5
36, 1	» calcio. .	16, 8	23, 3	15, 1	20, 0
8, 0	» magnesio	3, 4	5, 9	2, 5	4, 8
4, 1	Cloro . . . . .	21, 3	15, 1	16, 7	11, 3
2, 7	Anidride solforica .	21, 3	13, 6	19, 1	19, 6
43, 7	» carbonica .	1, 3	21, 5	24, 6	31, 6

Le acque dei Bagni Parlanti, che escono in circostanze geologiche, le quali sembrano una ripetizione delle terme di Baden in Aargau (Svizzera), hanno una temperatura di 31,1° c.; quasi pari a quelli di Torrite, e, con una portata di L. 2 il 1", hanno un residuo solido di grammi 1,613 sopra 1000 d'acqua; perciò quasi 4 volte minore del nostro. Essi hanno meno cloro ed assai meno sodio (8,2 : 28,8 di NaO; 11,4 : 21,3 Cl); poco meno solfati (19,7 : 21,3 di SO<sup>3</sup>) e per converso maggior quantità di carbonato calcico (22,1 : 16,8 di CaO; 31,8 : 1,3 di CO<sup>2</sup>) (1).

L'acqua di Agnano, non termale (17° c.) e ricca di anidride carbonica libera, ha un residuo solido di grammi 2,64341 per mille d'acqua, cioè di  $\frac{3}{5}$  minore alle acque di Torrite; la composizione è poco diversa: alquanto meno cloro e sodio (18,7 : 28,8 di NaO; 15,1 : 21,3 di Cl); meno solfati (13,6 : 21,3 di SO<sup>3</sup>); più calcio e assai più anidride carbonica fissa (23,3 : 16,8 di CaO; 21,5 : 1,3 di CO<sup>2</sup>). Rispetto ai Bagni Parlanti ha più sodio, più cloruri, meno solfati e meno carbonati (2), le quali circostanze sono perfettamente in rapporto con la più bassa temperatura.

L'acqua calda di Uliveto ha analogie anche maggiori con la nostra. La sua temperatura è 34° c.: quasi pari alla nostra; il residuo solido gr. 4,28337 per 1000 d'acqua, cioè di  $\frac{1}{3}$  minore della nostra: e rispetto a questa ha alquanto meno cloro, solfo, sodio, calcio, magnesio, ma più anidride carbonica fissa (3).

Le dette acque contengono tutte sali di litina; anzi tracce di Litio incontrò il Nasini pure nell'acqua dei Gangheri; niun dubbio quindi che studiando l'acqua di Torrite col delicato metodo usato da Tassinari e Marchetti per l'acqua di Uliveto si troverà il Litio anche nell'acqua di Torrite.

Le acque solfato-calciche dei Bagni di S. Giuliano pur nel Monte Pisano son diverse, presentando gli stessi caratteri di

(1) Roster G. e Pons E., *Analisi chimica dell'acqua termo-minerale dei fratelli Parlanti a Monsummano*. Firenze, 1890.

(2) Sestini F. e Martelli D., *Acqua acidulo-alcalina ferroso litinica della sorgente di Agnano (Pisa)*. Pisa, Nistri 1894.

(3) Tassinari P. e Marchetti C., *Le acque gassose, acidule, alcaline con litina degli stabilimenti balneari alle antiche terme di Uliveto*. Pisa, Pieraccini, 1883.

quelle dei Bagni di Lucca. Forse queste affinità derivano dall'alta serie de' calcari secondari con selce che esse traversano e dove probabilmente si mineralizzano.

Le grandi affinità che sono fra le sorgenti uscenti tutte da calcari infraliassici, e le differenze dalle altre sorgenti della stessa regione, fanno credere che uguali sieno le cagioni della loro mineralizzazione, e che queste cagioni risiedano nei calcari medesimi e non altrove. È possibile che pur la termalità abbia le medesime cause, non profonde, della mineralizzazione. Determinare queste cause, salvo in pochi casi fra i quali non rientrano i nostri, è cosa estremamente difficile. Il più delle volte i due fatti sono in intimo rapporto fra loro in quanto un'acqua termale è suscettibile di mineralizzarsi molto più di un'acqua a temperatura normale. Che in molti casi la termalità sia conseguenza della stessa mineralizzazione fu ipotesi fatta più volte. Che le sorgenti sopra ricordate, fornite di una temperatura di 20 e più gradi superiore alla media del luogo, acquistino il calore per semplice effetto dell'aumento del grado geotermico nelle profondità del suolo è in parte possibile. Le acque di Torrite che sorgono a circa 33° c., in un luogo nel quale la media è circa 10° c., dovrebbero sorgere dalla non grande profondità di 690 m. supponendo l'aumento di 1° c. ad ogni 30 m. di profondità. Però la regione Apuano-appenninica, dove tali acque nascono, non è vulcanica e l'aumento del grado geotermico nella medesima è molto minore che nella Maremma, regione un tempo vulcanica, dove tuttora molte sorgenti hanno alta temperatura e sono accompagnate da gas variati. Le sorgenti nostre, in massima parte, e forse tutte, escono od almeno traversano calcari pieni di crepe e di fessure.

Le acque che traversano calcari in ampie fessure, anche giungendo a grandi profondità sotto la superficie, non aumentano di temperatura, come si vede nelle regioni carsiche, anzi diminuiscono. La Pollaccia ed i Gangheri nella regione nostra, sorgenti grossissime ed abbastanza profonde, hanno una temperatura (8° e 9°) inferiore alla media dei luoghi ove nascono. Ove poi le fessure che le acque termo-minerali traversano per venire a giorno sieno ristrette e capillari, man mano che queste

salgono debbono perdere calore uniformandosi a quello dell'ambiente, sicchè un'acqua che abbia acquistato calore soltanto per essere scesa a regioni molto profonde deve poi riprenderlo il più delle volte quando lentamente ritorna alla superficie. Per tali ragioni credo che, senza escludere il possibile parziale aumento di temperatura per effetto del calore interno, parte delle sorgenti nostre acquisti calore in regioni poco distanti dalla superficie, per cause chimiche, pei fenomeni stessi che producono la mineralizzazione.

I calcari infraliassici ed i pochi schisti concomitanti sono molto eterogenei, come è provato anche dalla estensione che vi hanno i calcari cavernosi senza restrizioni di luogo e di piano. Si notarono in essi, sovente, cristalli di albite e frequentissimi cristalli anche microscopici di silicati del gruppo della scapolite. Tracce di limonite, un tempo solfuro di ferro, e cristalli di pirite inalterata abbondano negli schisti eventualmente concomitanti, e da questi schisti poco permeabili sovente sgorgano, come nella stessa grotta *E* dei bagni di Torrite, stillicidi di acque cariche di solfato calcico che abbandonano in incrostazioni con tracce di altri sali localmente originati. La formazione del solfato calcico per alterazione dei solfuri è quivi stesso abbastanza evidente, e questa formazione, se ha luogo, è accompagnata da sviluppo di calore: il solfato calcico o magnesiaco è formato a spese del carbonato di calcio o di magnesio il cui acido carbonico si sviluppa libero e può, a sua volta, secondo la temperatura e le pressioni, produrre soluzioni dei circostanti carbonati di calcio e di magnesio. Nelle parti schistose, che principalmente contengono solfuri, ed alla cui composizione prendono parte anche degli alcali, le scomposizioni possono dar luogo a solfati di sodio.

Così pure la presenza di cloruri può spiegarsi non solo con le sicure, ma troppo scarse tracce di cloruro sodico che le stesse acque di pioggia, a sì breve distanza dal mare, portano a circolare nell'interno del suolo, ma perfino col cloro che in minime tracce è diffuso nei calcari infraliassici, come risulta da un'analisi del calcare infraliassico, compatto, di Avane presso

il Serechio in provincia di Pisa, fatta da Sestini e Masoni, ch'io riporto (<sup>1</sup>), in 100 parti:

Acqua igroscopica . . . . .	0, 140
Residuo insolubile in HCl (scapolite, ematite) . . . . .	3, 953
CO <sup>2</sup> . . . . .	41, 533
SO <sup>3</sup> . . . . .	0, 039
SiO <sup>2</sup> . . . . .	0, 080
P <sup>2</sup> OS . . . . .	0, 036
Cl . . . . .	0, 020
CaO . . . . .	52, 260
MgO . . . . .	0, 503
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	0, 372
Mn <sup>3</sup> O <sup>4</sup> . . . . .	0, 402
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	0, 177
H <sup>2</sup> S . . . . .	tracce
	99, 515

L'acido silicico presente nei calcari infraliassici ed in tutte le acque che ne escono, deriva forse dalla soluzione dei residui silicei di radiolarie o di spongieri che si trovano diffusi nella roccia.

Ad ogni modo le quantità di sali portate via annualmente all'interno del suolo dalle predette sorgenti è assai piccola, anche minore di quella che trascinano fuori sorgenti grosse di temperatura e di potabilità normali.

Attribuendo alle sorgenti più saline di Torrite la portata media di L. 1,50 il 1", sono L. 129600 il giorno e metri cubi 47244 l'anno, che è circa la media diurna delle più grosse sorgenti che escono dai calcari nelle Alpi Apuane; la sorgente dei Gangheri infatti oscilla fra L. 238,95 (17 settembre 1900) e L. 750,39 (4 marzo 1901) il 1". Essendo il residuo solido delle dette sorgenti saline di grammi 6,2436 per litro, cioè grammi 6243 per m. cubo d'acqua, in un anno esso residuo sarà pari a grammi 294944292. Il peso specifico dei sali che rispettivamente lo compongono è 2,1 a 2,2 pel cloruro sodico, 2 pel cloruro potassico, 2,3 a 2,33 pel solfato sodico, 2,5 a 2,78 pel carbonato calcico, ecc.; si può

(<sup>1</sup>) Sestini F. e Masoni G., *Ricerche analitiche sul calcare nero di Apuane* (Proc. verb. Soc. tosc. di sc. nat., 8 marzo 1903).

prendere in media la cifra di 2,3. Dividendo il peso specifico pei grammi si ha la cifra 12823664 che dà il volume di meno di 13 m. c. l'anno e di m. c. 1282 per secolo, meno di quello che cape in una stanza avente 11 m. per lato, e m. c. 12823 in un millennio. S'intende che questa materia non è portata via tutta da un luogo, bensì qua e là, per modo da lasciare la roccia cariata e cavernosa come si vede sovente alla superficie e senza che avvengano per quel fatto spostamenti veruni se non dopo lungo ciclo di secoli; nuovo esempio, pei profani, della estrema lentezza delle cause geologiche. Da anni ho sempre sostenuto, e me ne convinsi sempre più che mai, che l'origine de' calcari cavernosi infraliassici ed eocenici nelle Alpi Apuane e nell'Appennino adiacente devesi, non già ad originaria sedimentazione, ma a lenta distruzione per via delle acque fil-tranti.

Dalle cose dette pure si comprende come una piccola quantità di materiali eterogenei, solfuri o solfati, cloruri, alcali, ferro, diffusi nei carbonati calcarei e magnesiasi che costituiscono l'infralias della Torrite Secca, della Pania di Corfino, della Torrite di Gallicano, di Monsummano, del Monte Pisano, per ciclo di secoli, quanto può durare un'epoca geologica, è sufficientissima a produrre con le trasformazioni chimiche le incalcolabilmente minime quantità di calore necessarie giornalmente a fornire una sorgente termale, e le minime quantità di materie atte a mineralizzarla. Con ciò non dico che si possano spiegare il calore e la mineralizzazione di tutte le nostre sorgenti; ma credo assai fondata l'ipotesi che le cause dell'uno e dell'altra siano molto spesso; anzi il più spesso, superficiali ed assai limitate benchè durature per età lunghissime.

Ritenendo la portata della sorgente principale in L. 1,5 per 1" a 33° C., e 10° la temperatura media del luogo, la sorgente salendo da 10° a 33° C cioè a 23° sopra la media locale consuma 34,5 calorie. Prendendo per equivalente meccanico del calore corrispondente a una grande caloria 423,5 chilogrammetri e ammettendo che la combustione di 1 Kg. di carbon fossile svolga 6000 grandi calorie, si ha che 34,5 calorie sono pari a chilogrammetri 0,08 per 1" cioè a chilogrammetri 253388 in un anno, calore sviluppato da 42 Kg. di carbon fossile.

Si comprende da ciò che una causa minima basta ad originare la sorgente.

Anche il Perrone, a proposito delle dette acque termali del Monte Pisano e delle altre che escono dai calcari infraliassici, sostiene che non acquistano la temperatura e la mineralizzazione negli schisti sottostanti; ma nei calcari stessi <sup>(1)</sup>, e solo attribuisce la presenza dei cloruri alle acque di pioggia, causa per verità inadeguata almeno nei non scarsi cloruri delle terme di Torrite.

Le acque di Chianciano, San Casciano dei Bagni, San Filippo, vengono fuori, pur esse, direttamente o indirettamente da calcari infraliassici: ma si distinguono dalle nostre per essere in genere più termali, e per essere sovente accompagnate da solfuro idrico libero; sono nella composizione poi distinte per l'abbondanza dei solfati e dei carbonati e per correlativa scarsità di cloro e di alcali. Quantunque la loro mineralizzazione, come quella delle acque nostre, abbia forse origine negli stessi calcari, pur le indicate differenze nelle dette acque della Toscana meridionale derivano probabilmente dal sorgere esse in una regione fino a poco fa vulcanica, la cui superficie è traversata da emanazioni di gas aventi origine più profonda dei calcari infraliassici, che turbano e modificano le trasformazioni manifestatesi in questi calcari.

Fra le sorgenti straniere hanno le maggiori analogie con la nostra la Sprudel di Carlsbad, come risulta dall'analisi del Göttl che riporto in nota, e che, salvo leggere differenze, pare una copia della nostra <sup>(2)</sup>, le acque di Leamington in Inghilterra col 4,32 p. 100 di Na Cl e 4,28 di Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, di Saint Gervais in Francia, usate per bevanda, che sopra gr. 5,14 per litro di residuo solido hanno 2,03 di solfato sodico, e 1,60 di cloruro sodico.

[ms. pres. 22 febbraio 1904 - ult. bozze 3 marzo 1904].

<sup>(1)</sup> Perrone E.. *Carta idrografica d'Italia. Arno, Val di Chiana e Serchio*. Roma, 1902, p. 192.

<sup>(2)</sup> Carbonato sodico 1,180; Carbonato calcico 0,263; Carbonato di magnesio 0,052; Carbonato di ferro 0,004; Solfato potassico 1,220; Solfato sodico 1,948; Cloruro sodico 1,136; Anidride silicea 0,137; Totale del residuo solido 5,968 (Göttl, Liebig und Kopp, Jahresbericht Chem. f., 1856, p. 772).