

CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DI ALCUNE TIPOLOGIE DI ACQUE PRESENTI IN VALLE D'AOSTA

BROCCOLATO MASSIMO

Geologo

A.R.P.A. Valle d'Aosta - Agenzia Regionale

per la Protezione dell'Ambiente - Sezione Acqua, Suolo, Rifiuti

L'acqua è da sempre stata oggetto di studio da parte dell'uomo sia per quel che riguarda l'aspetto chimico, sia per l'aspetto fisico sia qualitativo in relazione alle potenzialità di sfruttamento. L'acqua è difatti l'elemento più diffuso in tutta la terra; essa la si ritrova in:

- Crosta rocciosa (litosfera)
- Nei mari, oceani, laghi ecc (idrosfera)
- Nell'atmosfera
- Nella biosfera

In linea generale, le acque a seconda della loro natura possono essere suddivise in vari gruppi di appartenenza secondo quanto indicato in fig. 1.

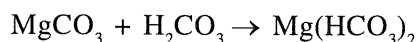
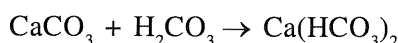
In questa occasione illustrerò alcuni dati relativi a particolari acque profonde, sia fredde che calde, confrontandoli con le caratteristiche di comuni acque superficiali destinate al consumo umano, mettendo in relazione il loro chimismo con la geologia del territorio valdostano in cui sono ubicate le sorgenti.

Poiché nel seguito capiterà di fare riferimento a termini chimici e a usuali classificazioni di acque, conviene premettere alcune semplici spiegazioni.

L'acqua, nel suo stato più elementare ma difficilmente riscontrabile in natura, è costituita da un atomo di O e due atomi di H secondo la nota formula chimica:



In realtà, le acque che si trovano in natura sono caratterizzate dal contenere, chi più e chi meno, sostanze disciolte e talvolta in sospensione, sia minerali che organiche. Nei confronti dell'acqua, durante il suo ciclo naturale ed in particolar modo lungo la penetrazione nel terreno, avvengono due fenomeni opposti dal punto di vista chimico e batteriologico. Chimicamente, l'acqua meteorica è paragonabile all'acqua distillata; essa, durante il suo passaggio attraverso l'atmosfera, si arricchisce dei gas che la compongono (sostanzialmente assorbe CO_2 la quale in acqua diventa acido carbonico H_2CO_3). Durante la penetrazione nel terreno, l'acqua, a causa della sua acidità, aggredisce con azione solvente i componenti mineralogici delle rocce che compongono la crosta terrestre e con i quali viene a contatto; l'aggressività è direttamente proporzionale al contenuto di acido carbonico. Non tutte le rocce però sono egualmente aggredibili dall'acqua e quindi non tutte le acque hanno lo stesso contenuto qualitativo e quantitativo di sali. Le rocce che più facilmente subiscono l'azione dissolvente sono le rocce carbonatiche (calcari, marmi e dolomie) costituite per lo più da Carbonati di Calcio o Magnesio (CaCO_3 e MgCO_3) che, per effetto dell'acido carbonico, diventano Bicarbonati solubili di Calcio e Magnesio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ secondo le seguenti formule



E' per questa ragione che i principali costituenti un' acqua naturale sono appunto il Calcio, il Magnesio e il Bicarbonato. Relativamente meno presenti sono altri minerali in quanto o meno diffusi o meno solubili in acqua.

Inoltre, nell'acqua sono presenti molti altri sali, in quantità più o meno variabili come il ferro, il rame, il fluoro ecc., che esplicano un'azione benefica all'organismo, la cui presenza può essere più o meno gradita o desiderata. Altri elementi sono invece sicuramente dannosi come Ammoniaca, Nitriti, metalli pesanti, ecc.

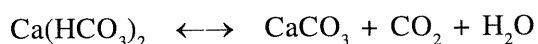
Dal punto di vista batteriologico, occorre dire che l'acqua meteorica al contatto con il terreno subisce un'immediata contaminazione iniziale da parte dei batteri presenti nell'ambiente. Tuttavia, allo stesso tempo, durante l'infiltrazione, il suolo funge anche da filtro e da depuratore abbattendo la carica microbica.

Il termine di "*acqua dura*" è messa in relazione al contenuto di sali di Calcio e Magnesio che sono definiti *DURI*. Mediante analisi chimica si può determinare il contenuto di questi elementi, ma più spesso, convenzionalmente, si indica con il termine *DUREZZA* la quantità complessiva di Calcio e Magnesio, la quale viene espressa in milligrammi per litro di CaCO_3 o in *GRADI FRANCESI*.

$$1^\circ F = 10 \text{ mg / l } \text{CaCO}_3$$

$$1^\circ F = 4,008 \text{ mg / l } \text{Ca}$$

Con il termine *ALCALINITA'*, si definisce la concentrazione totale di bicarbonati in un'acqua naturale. La parte di durezza equivalente alla alcalinità viene chiamata *DUREZZA TEMPORANEA* e tale aggettivo ne sta ad indicare l'instabilità dovuta al fatto che i bicarbonati di Calcio possono facilmente trasformarsi (ad esempio per effetto della temperatura), in carbonato di calcio insolubile liberando Anidride Carbonica (CO_2) secondo la seguente formula:



(questo è lo stesso processo che si riscontra in ambienti carsici)

La rimanente durezza (cioè la differenza tra la durezza totale e quella temporanea), viene chiamata *PERMANENTE*, volendone in questo modo evidenziare la sua maggiore stabilità, cioè la minore tendenza a riformare composti insolubili.

Il *RESIDUO FISSO* è l'insieme di sostanze prevalentemente inorganiche che restano dopo l'evaporazione completa dell'acqua a 180°C .

• **Definizione e caratteristiche di un'acqua minerale**

Dal punto di vista giuridico, la classificazione di un'acqua minerale è normata dal **Decreto Legge 25 gennaio 1992 n° 105** che recita:

“Sono considerate acque minerali naturali le acque che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute. Le acque minerali naturali si distinguono dalle ordinarie acque potabili per la purezza originaria e sua conservazione, per il tenore di minerali, oligoelementi e/o altri costituenti e per i loro effetti.”

Relativamente al tenore in sali minerali, calcolato come residuo fisso (RF) le acque minerali vengono distinte in:

Minimamente mineralizzata se $RF < 50$ mg/l

Oligominerale se $50 < RF < 500$ mg/l

Minerale se $500 < RF < 1500$ mg/l

Ricca di sali minerali se $RF > 1500$ mg/l

• **Definizione e caratteristiche di un'acqua destinata al consumo umano**

La normativa vigente in materia di classificazione di acque destinate al consumo umano è rappresentata dal **D.P.R. 24 maggio 1988 n° 236** nel quale viene indicato che:

“Per le acque destinate al consumo umano si intendono tutte le acque, qualunque ne sia l'origine, allo stato in cui si trovano o dopo trattamento, che siano:

- *fornite al consumo;*
- *utilizzate da imprese alimentari mediante incorporazione o contatto per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione, l'immissione sul mercato di prodotti e sostanze destinate al consumo umano e che possano avere conseguenze per la salubrità del prodotto alimentare finale.*

Tra i molteplici parametri chimico-fisici che questo D.P.R. prende in considerazione per valutare i requisiti di qualità delle acque, ve ne sono alcuni che vale la pena ricordare:

Temperatura alla fonte: $< 25^{\circ} \text{C}$
 Concentrazione di ioni idrogeno (pH): $6,0 < \text{pH} < 9,5$
 Residuo fisso: $< 1500 \text{ mg/l}$
 Durezza totale: valore consigliato da 15 a 50°F
 Conducibilità elettrica: valore consigliato 400 uS/cm
 Nitriti: $< 0.1 \text{ mg/l}$

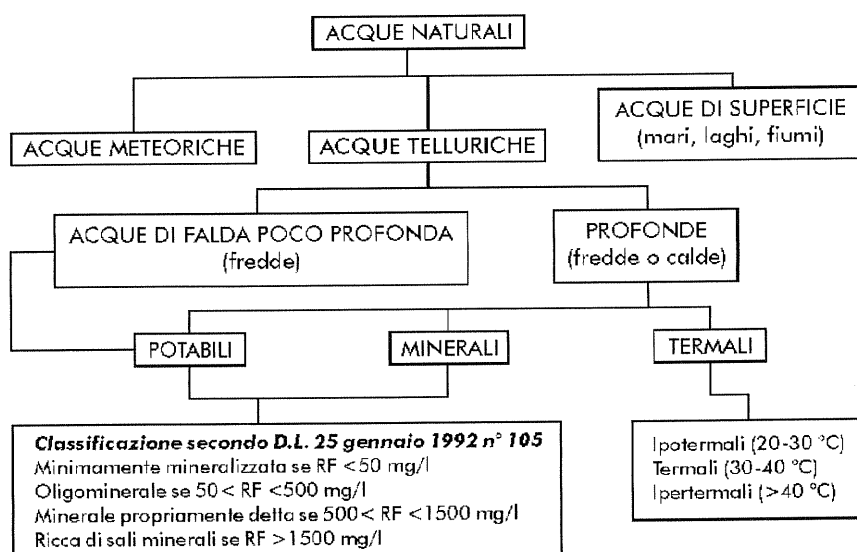


Fig. 1

ELENCO DELLE SORGENTI OGGETTO DI STUDIO

Acque naturali minerali:

- Sorgente La Saxe
- Sorgente Faussemagne
- Sorgente St. Vincent Fons Salutis – terme
- Sorgente Orrido - Calda - Pré-St.-Didier
- Sorgente Orrido - Fredda - Pré-St.Didier
- Sorgente Fonte Vittoria – Dolonne

- Sorgente Fonte Youla – Dolonne
- Sorgente Gran Paradiso (analisi richiesta per classificazione di acqua minerale)

Acque naturali di falda destinate ad uso umano relativamente al comprensorio dell'alta Valle di Cogne:

- Sorgente Rifugio Sella
- Sorgente Valmiana – Valnontey
- Fontanile Valnontey
- Fontanile Fraz. Lillaz
- Fontanile Piazza Municipio Cogne
- Fontanile Fraz. Gimillan
- Sorgente Alpeggio Grauson
- Fontanile Fraz. Epinel

Tutti i dati delle analisi chimiche qui esposte, sono stati ricavati dall'archivio dell'A.R.P.A. Valle d'Aosta e si riferiscono a prelievi eseguiti nell'arco dell'ultimo decennio. La toponomastica delle sorgenti si riferisce generalmente alla località di emersione della falda. A differenza delle analisi condotte per le acque minerali, quelle relative alle acque per uso umano prendono in considerazione solo i parametri chimico-fisici strettamente necessari alla definizione di potabilità .

UBICAZIONE DELLE SORGENTI

Acque naturali minerali

Ad eccezione della sorgente Fons Salutis di St. Vincent, la restante parte del gruppo delle acque minerali è concentrata ai piedi del massiccio del Monte Bianco tra le località di Pré-St.-Didier e Entrèves, come riportato nelle cartine di fig. 2 e 4.

Acque naturali potabili

L'ubicazione delle acque potabili è espressamente indicata dal nome della sorgente. Si tratta praticamente di acque prelevate da fontanili situati per lo più al centro dell'abitato come quella di Lillaz, di Cogne, di Gimillan, di Epinel, di Valnontey, oppure a servizio

degli alpeggi come quella di Grauson, di Valmiana, o impiegate presso rifugi, come al rifugio Vittorio Sella in Valnontey (vedi fig. 3).

ASPETTI GEOLITOLOGICI, E CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

ACQUE MINERALI NATURALI

Sorgente La Saxe

Questa sorgente si trova ai piedi del Monte La Saxe, da cui il nome, in sinistra orografica pochi chilometri a nord di Courmayeur, al di sotto della strada statale che conduce al traforo del Monte Bianco (vedi fig. 2).

La geologia del sito in cui affiora la sorgente e il probabile bacino di alimentazione, è caratterizzata dall'insieme Mont Chétif - Mont La Saxe. Questi due monti sono inglobati all'interno dell'insieme delle falde elvetica e ultraelvetica e sono costituiti da graniti simili a quello del Monte Bianco (la facies di questo granito comprende in ordine di abbondanza i seguenti minerali: quarzo, oligoclasio, feldspato potassico e biotite. Il Kfeldspato presenta dei cristalli rettangolari, ben sviluppati di dimensioni pluricentriche), associati a porfidi riolitici con intercalazioni di graniti aplitici. A nord dell'abitato di Le Pre si incontrano dei calcari a patina chiara e degli scisti argillosi neri ricchi in noduli e aggregati di pirite.

Dal punto di vista chimico-fisico, l'acqua della sorgente La Saxe può essere definita **sulfurea** (odore di uova marcio dovuto all'idrogeno solforato H_2S). Essa presenta infatti un'elevata concentrazione in solfuri e solfati e possiede un discreto contenuto in ioni Calcio (vedi tab. 1). La presenza di questi ioni in elevate quantità, potrebbe essere legata all'esistenza dei calcari e degli scisti argillosi nel potenziale bacino alimentatore della sorgente. Gli ioni solfuro e solfato potrebbero derivare dall'alterazione della pirite FeS_2 la cui più tipica genesi è quella idrotermale. Difatti, in corrispondenza degli affioramenti dei giacimenti a solfuri si hanno spesso fenomeni di alterazione, dissoluzione e riprecipitazione piuttosto vistosi. Le acque

superficiali percolano, circolano e vengono a contatto con il giacimento e disciolgono i solfuri ossidandoli parzialmente con formazione di solfati che rendono acide le acque (l'acido solforico è un acido forte). Da queste soluzioni potranno successivamente ridepositarsi ancora dei solfuri, anche diversi da quelli primari.

Il rapporto Na/K molto sbilanciato verso il sodio è dovuto alla maggiore presenza dell'oligoclasio (è un membro dei plagioclasii ricco in albite - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - e molto povero in ortoclasio, - KAlSi_3O_8) rispetto al feldspato potassico, nella composizione mineralogica del Mont Chétif.

Sorgente Faussemagne

La sorgente Faussemagne è ubicata in destra orografica, poco a nord dell'abitato di Pré-St.-Didier. Per giungervi, occorre imboccare la strada che si diparte dal lato esterno del tornante della statale per Courmayeur, subito dopo il bivio per La Thuile. Una volta imboccata la strada, si procede costeggiando sulla destra la Dora Baltea fino a

Legenda semplificata della fig. 2

g: granito del Monte Bianco; **rmg**: microgranito porfirico dei monti La Saxe e Chétif; **tmD**: dolomie grigie a patina gialla del Trias medio; **ts**: gessi e cargnole del Trias Sup.; **I**: calcari; **I_{1,5}**: calcari silicei e scisti marnosi; **I₉**: scisti argillosi neri; **J_{1,2}**: calcari silicei zonati; **J_{3,4}**: calcari argillosi satinati; **J₅**: calcari argillosi a placche; **J₆**: calcari grigio-blauastri; **p(g-mg)**: graniti e micrograniti porfirici; **Ic**: calcari spatici; **Is**: Scisti argillosi neri; **ts**: scisti argillosi, gessi, cargnole, dolomie; **js**: scisti argillosi neri; **Sf**: scisti di Ferret a facies flyschioide; **h**: scisti neri del carbonifero; **r-t**: quarziti del permo-trias; **tiQ**: quarziti del trias inferiore; **tmD**: dolomie e calcari del trias medio; **tk**, **tg**: cargnole e gessi del trias superiore; **cF**: flysch indifferenziato del cretaceo; **cFB**: formazione basale del flysch di Tarantasia; **cFQ**: scisti neri e quarziti verdi; **cFT**: flysch di Tarantasia s.str.; **tK**: dolomie e cargnole; **h**: scisti neri del carbonifero; **h₄**: scisti e vene carboniose; **h_{4,5}**: conglomerati poligenici; **Gw**: depositi glaciali wurmiani; **Gy**: depositi glaciali post wurmiani; **Gz**: depositi glaciali attuali; **Fy**: alluvioni relativamente antiche (post-wurm); **Fz**: alluvioni attuali; **Jy**: conii di deiezione antichi e stabilizzati; **Jz**: conii di deiezione attuali; **Ey**: frane stabilizzate; **Ez**: frane attive; **E-G**: frane e depositi glaciali misti; **E-J**: conii misti.

UBICAZIONE SORGENTI
E INQUADRAMENTO GEOLOGICO
(tratto dalla carta geologica della Francia - foglio Monte Bianco)

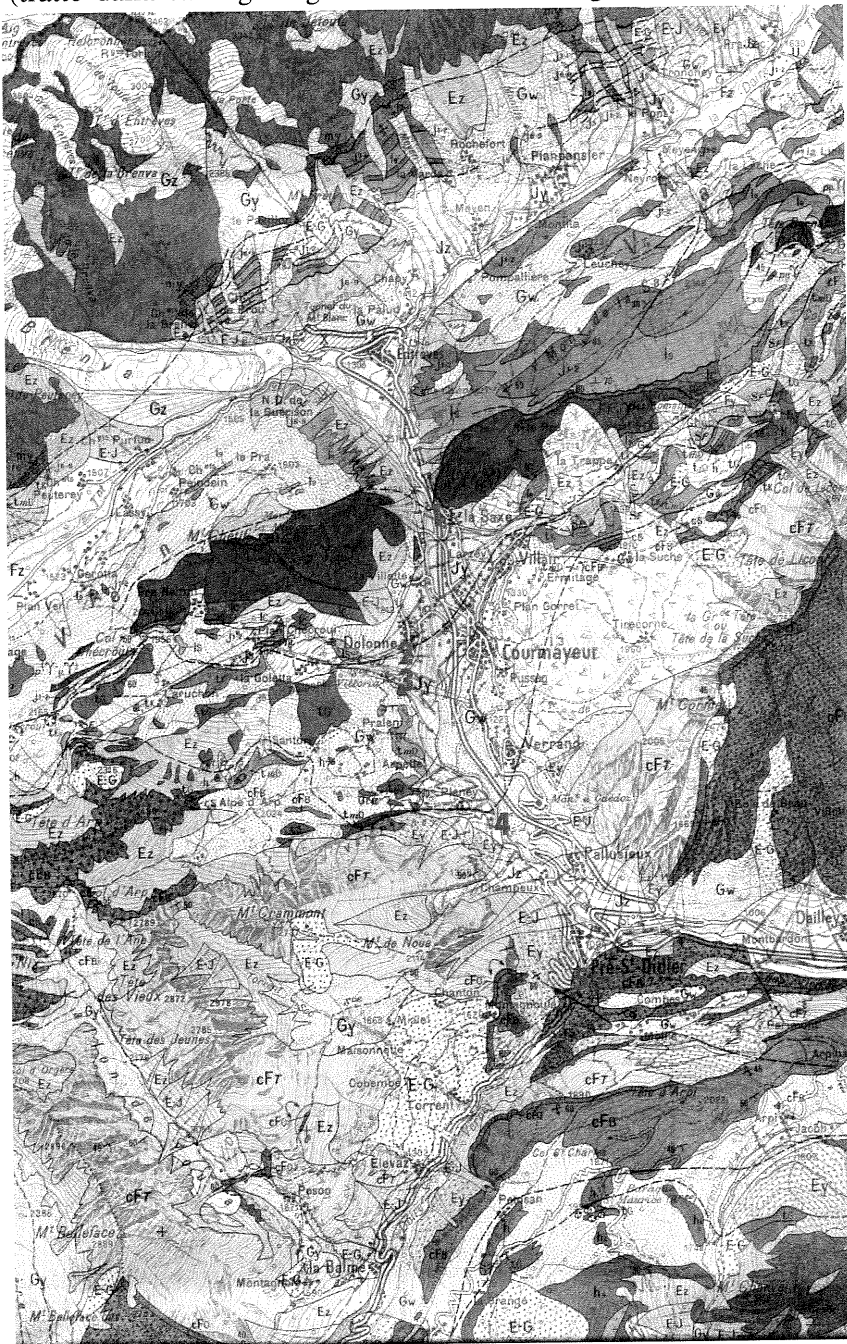


Fig. 2

- 1: Sorgente La Saxe; 2: Sorgente Youla; 3: Sorgente Vittoria;
4: Sorgente Faussemagne; 5: Sorgente Orrido - calda e fredda

a giungere nei pressi di un ponte con carreggiata in legno, passato il quale si prosegue sulla destra fino alla sorgente. Quest'ultima affiora in prossimità del letto della Dora (vedi fig. 2).

La sorgente è ubicata alla base di un conoide misto di depositi di frana e torrentizi, interdigitati con depositi fluviali. Il substrato è rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione del flysch di Tarantasia s.s.. La facies media è rappresentata da una monotona alternanza di letti decimetrici di calcari, di calcescisti e di scisti filladici neri o grigi. In affioramento, soprattutto là dove vi sono diffusi stillicidi, la roccia appare alterata e spesso presenta patine e/o incrostazioni di carbonato di calcio e di ferro di colore bruno.

Dal punto di vista chimico-fisico, l'acqua della sorgente Faussemagne può essere classificata come **bicarbonato-solfato-calcica** (vedi tab. 1).

L'abbondante concentrazione di ioni bicarbonato, ioni calcio e ioni magnesio è dovuta alla presenza, nel bacino di alimentazione, dei calcescisti i quali, tramite il già citato processo di dissoluzione chimica, cedono il Calcio e il Magnesio che sono presenti sotto forma di carbonati e, vista la presenza dello ione solfato, anche in forma di solfati di calcio e magnesio ($\text{CaMg}(\text{SO}_4)$) (gessi). Alla sorgente, a causa delle mutate condizioni di pressione e temperatura, i carbonati precipitano nuovamente dando origine alle incrostazioni e liberando CO_2 . E' per questo motivo che l'acqua possiede una effervescenza naturale.

Sorgente Orrido - calda e fredda - in Pré-St.-Didier.

Le due sorgenti in questione, sono localizzate all'interno della gola, denominata "orrido", che la Dora di Verney ha inciso nel gradino di valle alla confluenza con la Dora Baltea. A tali sorgenti, vi si accede dalle vecchie terme di Pré-St.-Didier tramite un sentiero che si sviluppa in destra idrografica e che conduce sino al portale di accesso dei cunicoli realizzati per la captazione di tali acque (vedi fig. 2).

1: Sorgente Rifugio Sella; 2: Sorgente Alpeggio Grausson; 3: Sorgente Valmiana;
4: Fontanile Valnontey; 5: Fontanile Lillaz; 6: Fontanile P.zza Munic. Cogne;
7: Fontanile Gimillan; 8: Fontanile Epinel

40: dioriti e metadioriti quarzifere (massiccio di Valsavarenche); **43**: gneiss e micascisti amphibici, quarziti e scisti grafitici; **44**: calcescisti; **48**: calcescisti e brecce; **49**: trias indifferenziato; **51**: prasiniti e metagabbri; **53**: serpentiniti; **54**: serpentiniti e metasedimenti associati in differenziabili; **55**: metaconglomerati e micascisti grafitici; **56**: metagraniti e gneiss granitici a grana generalmente grossa; **57**: gneiss a grana fine, micascisti e metabasiti del massiccio del Gran Paradiso; **a**: alluvioni, coni di deiezione, depositi lacustri e glaciali; **m**: depositi glaciali indifferenziati; **E**: frane.

Il contesto geo-litologico nel quale si trovano queste sorgenti è caratterizzato dal flysch cretaceo in facies calcareo-scistoso, con conglomerati e microbreccie, appartenenti alla sequenza basale delle Breccie di Tarantasia rientranti nella Zona Sion-Courmayeur o Vallesana.

Dal punto di vista chimico, le due acque, i cui punti di emergenza distano tra loro circa 20 m, presentano caratteristiche simili e possono essere classificate come acque **bicarbonato-solfato-calciche** (vedi tab. 1).

UBICAZIONE SORGENTE "FONS SALUTIS" E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

(tratto dalla carta geologica della Francia - foglio Monte Bianco)



○ Sorgente Fons Salutis

Fig 4

Legenda semplificata della fig. 4

44: calcescisti; 50: trias indifferenziato; 51: prasiniti e metagabbri; 53: serpentiniti; 56: metagraniti e gneiss granitici a grana generalmente grossa; 61: gneiss generalmente a grana fine (gneiss di arolla); a: alluvioni, coni di deiezione, depositi lacustri e glaciali; m: depositi glaciali indifferenziati; E: frane.

L'elevato contenuto di ioni bicarbonato, solfato e calcio può essere giustificato sulla base della consueta reazione chimica di dissoluzione e precipitazione dei carbonati. Un'attenzione particolare va invece riposta alla temperatura delle due sorgenti. L'acqua denominata calda, rientrando nelle **acque termali**, possiede una temperatura variabile tra i 31°C e i 35°C, mentre la fredda varia tra i 23°C e i 25°C. Questa caratteristica fisica può essere spiegata prendendo a giustificazione il *Gradiente Geotermico*. Nel sottosuolo, la temperatura aumenta in media di circa 1°C ogni 33 m, quindi si può ipotizzare che, a partire dal bacino alimentatore, l'acqua penetri nel sottosuolo per circa 1 o 2 Km nel caso della sorgente calda, seguendo un circuito ipogeo tale da garantire un tempo di ritenzione sufficiente al suo riscaldamento. Successivamente, tale acqua risale, e quindi emerge, sia a seguito di sistemi di tipo "vasi comunicanti", sia grazie a processi di convezione dovuti al contrasto di temperatura.

L'acqua denominata fredda, possiede comunque una temperatura tale da essere classificata come **ipotermale**, ciò vuol dire che il suo circuito ipogeo è meno esteso in senso verticale, portandola a profondità massima di circa 0.5 - 1 Km.

Sorgenti Fonte Vittoria e Fonte Youla - Dolonne

Per raggiungere le sorgenti Vittoria e Youla, che distano tra loro circa 50 m, occorre percorrere la strada che risale l'abitato di Dolonne in direzione Nord-Ovest, fino in prossimità di una curva dalla quale si diparte una breve strada sterrata che conduce al vecchio stabilimento termale che sfruttava queste acque (vedi fig. 2).

Le due emergenze della falda sono ubicate in corrispondenza di un conoide alluvionale formatosi per le divagazioni del torrente Dolonne durante gli episodi di esondazione. Il potenziale bacino alimentatore delle sorgenti, si estende in senso Est-Ovest da Dolonne al monte Tête d'Arp, e in senso Nord-Sud dal Mont Chétif al Monte Brise. Molteplici sono le litofacies che costituiscono il substrato roccioso: il Mont Chétif è costituito da graniti associati a porfidi riolitici con vene di apliti, i quali sono a contatto verso sud con dei calcari e scisti argillosi neri; a Plan Chécrouit si incontrano dei cal-

cari silicei a contatto con gli scisti argillosi neri dell'Unità di Ferret. Proseguendo ancora verso Sud-Ovest, in direzione di Laruchon, si incontrano delle lenti di carnirole, talora accompagnate da argilliti, associate a gessi (trias sup.), i quali si estendono fino al monte Brise. Infine, in corrispondenza di Tête d'Arp affiora la formazione basale delle Breccie di Tarantasia.

Dal punto di vista chimico-fisico, ad eccezione dello ione carbonato e dello ione calcio, le due acque sono nel complesso simili. La sorgente Vittoria può essere definita come acqua **bicarbonato-solfato-calcica-magnesiaca**, mentre la sorgente Youla è un'acqua **bicarbonato-solfato-magnesiaca**. Il contenuto in bicarbonati risulta essere più elevato nella sorgente Vittoria rispetto alla Youla, con un rapporto di 3:1, e allo stesso modo, anche gli ioni Ca^+ sono molto più abbondanti nella Vittoria, con un rapporto di circa 50:1 (vedi tab. 1).

Sulla base delle analisi chimiche, si può dire che, in linea di massima, le acque che sgorgano dalla sorgente Vittoria, percorrono un circuito ipogeo articolato in particolar modo all'interno delle facies carbonatiche, interessando anche la formazione gessosa. Infatti, l'elevato contenuto in bicarbonati e in solfati è testimone di processi di dissoluzione di carbonati di calcio o di calcio e magnesio che in questa porzione di regione sono piuttosto abbondanti. Per ciò che riguarda la fonte Youla, come già accennato, dalle analisi condotte emerge come, in confronto alla Vittoria, il contenuto in ione calcio e in bicarbonati sia nettamente inferiore. Probabilmente, l'acqua che alimenta questa sorgente, pur effettuando un percorso ipogeo simile alla precedente, viene a contatto con un substrato per lo più gessoso, arricchendosi soprattutto in solfati piuttosto che in carbonati.

Sorgente St. Vincent Fons Salutis

La sorgente in questione rappresenta la fonte delle rinomate Terme di St. Vincent. Il complesso termale è stato costruito al di sopra di un substrato roccioso caratterizzato in questa zona dalla presenza di una lente di gneiss a grana fine e da scisti gneissici appartenenti alla Falda della Dent Blanche (gneiss d'Arolla), inglobati da serpentiniti e subordinatamente da prasiniti appartenenti alla falda Piemontese dei Calcescisti a Pietre Verdi (vedi fig. 4). Difatti, l'emer-

genza della falda, che si manifesta con la presenza di due sorgenti, sgorga a quota 670 m, in corrispondenza di una fessura presente su un affioramento roccioso posto lungo il vallone di Vagnod. Sulla base delle analisi chimico-fisiche effettuate in più periodi, è emerso che questo tipo di acqua ha un contenuto particolarmente elevato in cloruri e in sodio, in calcio e magnesio, in potassio e in solfati. Una tale composizione rispecchia grosso modo nei contenuti la composizione media dell'acqua di mare, ed infatti, si tratta sostanzialmente di un'acqua salata anche se leggermente frizzante a causa dei bicarbonati. Sulla base di tali caratteristiche quest'acqua si può definire **Bicarbonato-solfato-alcalina** (vedi tab. 1).

Dal punto di vista idrologico, dato il tipo di roccia dalla quale sgorga la sorgente, si può ipotizzare che il circuito ipogeo di questa acqua sia condizionato dalla presenza della faglia Aosta-Colle di Joux-Colle Ranzola, una struttura profonda a carattere regionale che si estende in senso est-ovest interessando gran parte del fondovalle valdostano e che mette a contatto formazioni litologiche completamente diverse, sia per natura che per provenienza. Tuttavia, essendo un'acqua fredda (temperatura media di 7.5°C) è probabile che il percorso sotterraneo sia esteso più in senso orizzontale che verticale, risentendo solo in parte del gradiente geotermico. La portata della sorgente attualmente è nell'ordine di 0.3 - 0.4 l/min.

L'elevata concentrazione di cloruro di sodio può essere motivata sulla base di due ipotesi:

- 1) Presenza in profondità di Pliocene fossile (circa 5 m.a.), ovvero di antichi depositi di materiale sedimentato in ambiente marino. A causa dell'evaporazione dell'acqua, il cloruro di sodio sarebbe precipitato concentrandosi in tali depositi. Successivamente, l'acqua infiltrandosi nel terreno viene a contatto con tali sali, sciogliendoli e portandoli in soluzione.
- 2) Acqua di origine metasomatica derivante dai processi di metamorfismo con liberazione di ioni cloruro e ioni sodio.

Caratteristiche chimiche e fisiche di alcune tipologie di acque presenti in Valle d'Aosta

Tabella n° 1 - Parametri chimico-fisici delle acque minerali

ACQUE MINERALI		S. La Saxe	P.G. Paradis	S. Faussemagne	St. Vincent Fons Salutis vasca n. 2	Orrido Calda sorgente n 1	Orrido Fredda sorgente n 2	F. Vittoria	F. Youla
residuo fisso a 105° C	mg/l	793	40	1213	8153	755	689		
residuo fisso a 180° C	mg/l	781	37	1179	8071	742	669	1446	1170
residuo fisso al rosso scuro	mg/l	727	35	1028		667	505		
temperatura dell'acqua	°C	12,0	3,0	11,0	7,5	31,0	23,0	10,0	5,0
temperatura dell'aria	°C	3,0	-3,0	13,0	9,0	31,0	26,0	9,8	9,8
conducibilità elettrica	uS/cm	1156	57	1700	10200	950	910	2225	1800
ph		5,97	7,48	5,43	7,46	6,86	7,76	6,32	7,26
sostanze organiche	mg/l	0,25	0,66	0,23	2,35	0,23	0,18	0,18	0,00
durezza totale	°franc	44,58	2,92	83,14	184,40	44,52	40,75	187,00	167,00
durezza temporanea	°franc	37,48	0,06	18,40	28,92	27,12	24,94	149,00	161,00
durezza permanente	°franc	7,10	2,86	64,50	155,48	17,40	15,81	9,80	6,00
alcalinità	mEq/l	4,82	0,28	10,20	51,42	6,69	5,93	88,40	30,00
anidride carbonica libera TPS	ml	19,40	0,58	122,00		35,60	12,10	166,30	4,03
anidride carbonica combinata	ml	107,60	0,76	224,00		105,00	112,10	1980,00	672,00
anidride carbonica totale	ml	127,00	1,34	346,00		141,00	124,20	2146,30	676,03
ossigeno	ml	1,65		6,83		0,41	6,71	2,84	5,56
ione ammonio NH4+	mg/l	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
ione cadmio Cd++	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione calcio Ca++	mg/l	115,00	10,10	299,60	701,76	156,48	141,64	646,25	13,23
ione cromo Cr+++	mg/l	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
ione cromo Cr+++++	mg/l	0,01			0,00	0,00	0,01		0,00
ione ferroso Fe++	mg/l	0,00	0,35			0,00	0,00		
ione ferrico Fe+++	mg/l	0,37		0,10	0,04	0,30	0,08	0,67	0,00
ione litio Li+	mg/l	0,34	0,00	0,65	3,05	0,07	0,06	0,00	0,00
ione magnesio Mg++	mg/l	7,30	0,81	73,20	280,00	22,00	23,00	87,65	70,50
ione manganese Mn++	mg/l	0,14	0,00	0,06	0,14	0,06	0,01	0,18	0,00
ione nichelio Ni++	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
ione piombo Pb++	mg/l	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione potassio K+	mg/l	4,70	0,77	6,21	65,14	3,26	2,97	5,36	1,64
ione rame Cu++	mg/l	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione sodio Na+	mg/l	75,80	0,54	51,70	2300,00	69,47	60,75	27,90	0,97
ione stronzio Sr++	mg/l	1,20	0,02	1,00	2,20	2,00	1,80	3,66	2,99
ione zinco Zn++	mg/l	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00
ione bromuro Br-	mg/l	0,40	0,00	0,19	7,60	0,14	0,09	0,00	0,00
ione cloruro Cl-	mg/l	71,20	0,12	74,70	1114,00	51,78	43,42	22,06	1,31
ione fluoruro F-	mg/l	0,09	0,23	0,92	1,48	0,04	0,09	1,22	1,07
ione nitrito NO2-	mg/l	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
ione nitrato NO3-	mg/l	0,07	1,03	2,90	2,87	0,04	0,33	0,73	1,42
ione solfuro S--	mg/l	456,50		0,00	0,00			0,00	
ione solfato SO4--	mg/l	111,00	10,55	356,00	2770,00	209,43	189,64	1650,00	1485,00
ione fosfato PO4---	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione bicarbonato HCO3-	mg/l	294,00	16,50	662,00	2828,00	384,40	338,10	5390,00	1830,00
ione carbonato CO3-	mg/l	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,50

Caratteristiche chimiche e fisiche di alcune tipologie di acque presenti in Valle d'Aosta

Tabella n° 2 - Parametri chimico-fisici delle acque superficiali

ACQUE MINERALI comprendorio di Cogne		Rif. Sella	Alp. Grauson Sup.	S. Valmiana - Valmontey	Font Valmontey	Font Lillaz	P.zza Munic. Cogne	Font Gimillan	Font Epinel - Cogne
residuo fisso a 105° C	mg/l								
residuo fisso a 180° C	mg/l	78	85						
residuo fisso al rosso scuro	mg/l								
temperatura dell' acqua	°C	8,0	2,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	6,0
temperatura dell' aria	°C	11,0	6,0	2,0	14,0	11,0	-6,0	6,0	17,0
conducibilità elettrica	uS/cm	120,0	130,0	96,0	32,0	36,0	170,0	249,0	160,0
ph		8,15	8,19	7,34	7,63	7,11	8,10	8,04	8,16
sostanze organiche	mg/l								
durezza totale	°franc	8,07	8,82	3,86	0,86	1,36	8,28	11,02	7,85
durezza temporanea	°franc								
durezza permanente	°franc								
alcalinità	mEq/l								
anidride carbonica libera TPS	ml								
anidride carbonica combinata	ml								
anidride carbonica totale	ml								
ossigeno	ml								
ione ammonio NH4+	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione cadmio Cd++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione calcio Ca++	mg/l	25,44	31,18	12,48	3,46	5,46	33,19	44,20	31,50
ione cromo Cr+++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione cromo Cr+++++	mg/l		0,00	0,00					
ione ferroso Fe++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione ferrico Fe+++	mg/l	0,00	0,00	0,00					
ione litio Li+	mg/l								
ione magnesio Mg++	mg/l								
ione manganese Mn++	mg/l								
ione nichelio Ni++	mg/l								
ione piombo Pb++	mg/l	0,0000		0,0000					
ione potassio K+	mg/l								
ione rame Cu++	mg/l								
ione sodio Na+	mg/l								
ione stronzio Sr++	mg/l								
ione zinco Zn++	mg/l								
ione bromuro Br-	mg/l								
ione cloruro Cl-	mg/l	0,12	0,25	0,17	1,22	0,19	0,42	0,36	0,10
ione fluoruro F-	mg/l								
ione nitrito NO2-	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ione nitrato NO3-	mg/l	0,89	1,74	0,96	1,08	1,45	2,22	0,53	1,02
ione solfuro S--	mg/l								
ione solfato SO4--	mg/l	9,33	27,63	19,19					
ione fosfato PO4---	mg/l	0,00							
ione bicarbonato HCO3-	mg/l								
ione carbonato CO3-	mg/l								

Sorgente Gran Paradiso

Questa sorgente è stata localizzata, ai piedi del massiccio del Gran Paradiso, lungo la strada sterrata che da Valnontey conduce in località Valmiana e al sentiero per il “ghiacciaio della tribolazione” (vedi fig. 3).

Le analisi chimico-fisiche effettuate sono state eseguite su esplicita richiesta di una Ditta, la quale voleva verificare se le caratteristiche di quest'acqua erano tali da poterla classificare come “minerale” e quindi sfruttabile commercialmente. Tuttavia, come ben evidenziato dai dati chimico-fisici ricavati (vedi tab. 1), risulta che si tratta di un'acqua fredda, minimamente mineralizzata, con circuito ipogeo molto superficiale. L'emergenza della falda è situata al piede di un conoide costituito da un accumulo di frana post glaciale a grossi blocchi, ad elevata permeabilità, staccatosi dalle pendici della parete rocciosa che culmina con la punta Fenilliaz. Inoltre, la coltre vegetale che si è imposta su tali depositi risulta piuttosto scarsa e, di conseguenza, anche la naturale azione filtrante esercitata dal terreno nei confronti dei batteri viene meno, pregiudicando talvolta anche la potabilità dell'acqua.

ACQUE NATURALI DESTINATE AD USO UMANO

Il gruppo delle acque naturali superficiali potabili che è stato scelto per questa conferenza, racchiude una serie di sorgenti ubicate all'interno del comprensorio di Cogne. Questa scelta è stata fatta tenendo conto sia dell'articolata ed eterogenea geologia della vallata, sia del fatto che la valle di Cogne, essendo compresa in parte all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso, è, probabilmente, la località valdostana più conosciuta e frequentata.

Le analisi esposte sono rappresentative di un gruppo di sorgenti distribuito in modo da ricoprire la parte alta della valle di Cogne. In tal modo, si è cercato di raffrontare dei dati relativi ad acque che circolano all'interno di bacini imbriferi geologicamente e morfologicamente eterogenei, nell'intento di evidenziare le eventuali

diverse caratteristiche chimico-fisiche in funzione delle litofacies con le quali l'acqua interagisce.

Sorgente Rifugio Sella

Per raggiungere il rifugio Vittorio Sella si parte dall'abitato di Valnontey e si segue il sentiero che, partendo dal giardino botanico Paradisia, si inerpica sul versante sinistro orografico. Dopo circa due ore di cammino si giunge nella conca della valle glaciale sospesa nella quale si trova il rifugio (Vedi fig. 3).

Questa valle laterale, a sviluppo est-ovest, è impostata in corrispondenza del contatto tra il massiccio del Gran Paradiso, rappresentato da gneiss occhiadini, gneiss minuti e micascisti, a sud, e la Zona Piemontese a calcescisti e pietre verdi a nord. In corrispondenza del contatto tra le due Unità, si ritrova del Trias indifferenziato, costituito sostanzialmente da calcari.

Sorgente Valmiana e Fontanile di Valnontey

Valmiana è una località situata poco a sud di Valnontey ed è costituita da un nucleo di vecchi alpeggi, oggi recuperati ed adibiti a case per villeggianti. Qui, la sorgente è a servizio di questo nucleo abitativo e serve altresì come ristoro per gli escursionisti che, giungendo da Valnontey, intendono proseguire per i sentieri che conducono sul massiccio del Gran Paradiso. Dal punto di vista geologico, l'abitato di Valmiana e la rispettiva sorgente, sono ubicati in corrispondenza della piana alluvionale che caratterizza il fondovalle ed è costituita da ciottoli e blocchi immersi in una matrice sabbioso-limosa mediamente permeabile. Lateralmente, ai piedi dei versanti, sono diffusi gli accumuli di detriti di falda, per lo più a grossi blocchi e quindi molto permeabili, frutto di più eventi franosi. A causa del diverso grado di permeabilità, l'emergenza della falda avviene al contatto tra le due diverse tipologie di depositi quaternari (vedi fig. 3).

Il fontanile di Valnontey si trova alla fine della strada asfaltata

che da Cogne conduce al suddetto abitato, in corrispondenza del ponte oltrepassato il quale si giunge al giardino Paradisia. Questa fontana è collegata all'acquedotto di Valnontey, il quale è alimentato tramite una tubazione che raccoglie le acque che emergono lungo il contatto tra il detrito di falda e i depositi alluvionali, in sinistra orografica, a metà strada tra Valnontey e Valmiana.

Fontanile Frazione Lillaz e Fontanile di ferro Piazza Municipio Cogne

Una situazione del tutto analoga alla precedente è stata riscontrata per gli acquedotti di Lillaz e di Cogne. Essi raccolgono acque di falda che emergono in corrispondenza di depositi alluvionali o di detriti di falda, situati alla base di pareti rocciose costituite dai litotipi del massiccio del Gran Paradiso e dai calcescisti a pietre verdi della Falda Piemontese (vedi fig. 3).

Fontanile Frazione Gimillan e Sorgente Alpeggio Grauson

La frazione di Gimillan è posta a circa 1785 m s.l.m. in destra orografica e sovrasta l'abitato di Cogne. Essa sorge sulla parte distale di un accumulo di frana post glaciale staccatasi dalla punta Arpisson. La litologia dei blocchi costituenti l'accumulo, oggi quasi totalmente ricoperti da una coltre di terreno vegetale, rispecchia quella del versante da cui hanno avuto origine ed è caratterizzata dalla presenza della Falda di scollamento del "Fascio di Cogne" formata da sequenze triassiche (calcari, dolomie e carnirole), e dai calcescisti a pietre verdi della Falda Piemontese. Anche in questo caso, l'acqua che sgorga dal fontanile di Gimillan è distribuita dall'acquedotto, il quale è alimentato da vasche ubicate ai piedi dell'accumulo di frana e che intercettano l'emergenza della falda al contatto con i sottostanti depositi morenici, decisamente meno permeabili (Vedi fig. 3).

Da Gimillan si segue il sentiero che porta all'interno del val-lone di Grauson, passando attraverso pascoli, depositi morenici e

di frana fino a giungere all'alpeggio di Grauson. Questi è ubicato alla base di una parete rocciosa, costituita da serpentiniti, e capta l'acqua di una sorgente posta immediatamente a ridosso dell'alpeggio. Probabilmente si tratta di acqua che si infiltra dai soprastanti pianori impostati su depositi glaciali e, successivamente, emerge al contatto con il substrato impermeabile.

Fontanile Frazione Epinel

L'abitato di Epinel si trova in destra orografica, rispetto alla vallata principale, a quota 1450 m circa s.l.m. Anch'esso è stato realizzato al di sopra di un accumulo di frana post glaciale staccatosi dalle sovrastanti pendici del monte Arpisson. Poco a monte dell'abitato di Epinel, in direzione nord-est, le rocce affioranti sono costituite dalle litologie tipiche del "Fascio di Cogne", ovvero calcari, dolomie e carniole, inseriti all'interno della Falda Piemontese (vedi fig. 3).

L'acqua che alimenta il fontanile, e anche l'acquedotto, sfrutta le emergenze della falda in corrispondenza del contatto tra i depositi quaternari (permeabili), e il substrato, tendenzialmente impermeabile.

Commento ai dati chimico-fisici delle acque potabili

Osservando i dati relativi alle analisi chimico-fisiche condotte con lo scopo di verificare la potabilità delle acque destinate al consumo umano (vedi tab. 2), si può notare come nel complesso queste siano molto simili le une alle altre. Difatti, trattasi di acque superficiali, a circuito ipogeo poco esteso e con tempi di ritenzione molto ridotti, i quali non permettono all'acqua un particolare arricchimento in sali minerali. Infatti, ad eccezione del Fontanile di Valnontey e di Lillaz, le cui acque risultano particolarmente "dolci", negli altri casi il contenuto in ioni calcio e ioni cloruro sono del tutto simili. Là dove la concentrazione in ioni è più elevata, anche la conducibilità elettrica aumenta assumendo valori compresi tra i 32 uS/cm del fontanile di Valnontey e i 249 uS/cm del fontanile di Gimillan.

Infine, sulla base del contenuto in ioni calcio, si può tuttavia evidenziare come questi sia maggiore nelle acque dei fontanili di

Gimillan, di Epinel, e della sorgente Alpeggio Grauson, ovvero in quelle località che sorgono su terreni a litologie prevalentemente carbonatiche, come i calcescisti della Falda Piemontese e i calcari e le dolomie del Fascio di Cogne.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai dati fin qui esposti, e dal raffronto tra le caratteristiche delle acque minerali e quelle destinate al consumo umano, si può evidenziare quanto segue:

- 1) Le acque minerali, anche quelle fredde, possiedono un circuito ipogeo con tempi di ritenzione tali da permettere all'acqua di espletare la sua azione aggressiva nei confronti delle rocce con cui viene a contatto, arricchendosi in quei sali minerali che le attribuiscono delle proprietà talora curative.
- 2) Le caratteristiche chimiche delle acque minerali rispettano, in linea di massima, la composizione mineralogica delle rocce con le quali vengono a contatto; quindi a rocce diverse corrispondono acque diverse. Al contrario, le acque più superficiali, a prescindere dalla geologia del bacino imbrifero, tendono ad uniformarsi avendo il medesimo contenuto in sali minerali, sia in qualità che in quantità, a causa dell'elevata velocità di deflusso che ostacola l'azione di dissoluzione dell'acqua. Tuttavia, nelle Sorgenti del Rifugio Sella e dell'alpeggio Grauson si riscontra la presenza di solfati dovuti all'affioramento di carniole e gessi Triassici all'interno del bacino imbrifero, rocce facilmente solubili.
- 3) In entrambe le tipologie di acque, sia minerali che potabili, il componente maggiormente diffuso è lo ione calcio (Ca^+). Esso deve la sua abbondanza alla elevata solubilità in acido carbonico, e alla presenza come componente mineralogico di rocce molto diffuse in Valle d'Aosta.
- 4) La durezza totale media delle acque potabili oscilla tra $0,86^\circ \text{F}$ e $11,02^\circ \text{F}$. In particolare, le acque del Fontanile di Valnontey

e di Lillaz sono ascrivibili alle acque “dolcissime” (durezza totale fino a 7° F), le restanti acque sono classificabili come “dolci” (durezza totale da 7 a 15° F). Tutte le acque minerali esaminate, ad eccezione della sorgente Gran Paradiso che rientra nelle acque “dolcissime”, risultano del tipo “durissime” (oltre i 35° F).

- 5) Mentre le acque potabili sono mediamente neutre ($\text{pH} \cong 7$), alcune acque minerali risultano leggermente acide (Sorgente La Saxe, Sorgente Faussemagne, Sorgente Orrido Calda, Sorgente Vittoria) a causa della presenza in soluzione di bicarbonati e di solfati.

APPENDICE

Alcune notizie sull'impiego delle acque minerali della Valle d'Aosta

Sulla base delle notizie ricavabili dal trattato del medico chirurgo Auguste Argentier nel suo “Courmayeur e Pré-St-Didier: leurs bains, leurs eaux et leurs environs” del 1864, si riporta quanto segue:

Le acque minerali di Pré-St-Didier

Nello stabilimento di Pré-St-Didier le acque venivano sia bevute, sia impiegate per fare dei bagni sia delle docce. In generale gli effetti delle acque sullo stato fisico sono:

- 1) Tonifica l'apparato digestivo; eccita l'appetito e attiva l'assimilazione. Tuttavia, l'acqua bevuta in grandi quantità causa dolori a l'epigastro e cefalee
- 2) L'apparato circolatorio migliora sensibilmente. Il cuore batte con più forza e frequenza, la pressione aumenta e il sistema muscolare guadagna più forza ed elasticità;
- 3) L'apparato respiratorio diventa più eccitabile, la dilatazione dei

- 3) L'apparato respiratorio diventa più eccitabile, la dilatazione dei polmoni è più ampia e l'aria è più facilmente assimilata;
- 4) Migliora l'apparato genito urinario e stimola la diuresi;
- 5) A seguito dei bagni, la pelle diventa ruvida al tatto, probabilmente a causa dell'azione dei minerali mangano-ferruginosi e al solfato di calcio contenuti nell'acqua.

Malattie trattate con successo

- 1) Reumatismi cronici;
- 2) Paralisi con o senza atrofie muscolari;
- 3) Lunghe convalescenze nelle malattie gravi;
- 4) Le ulcere;
- 5) Recupero della mobilità di arti dopo fratture;
- 6) Lo scorbuto;
- 7) Favorisce la formazione di cicatrici e un rinforzo di quelle esistenti.

Le acque minerali di La Saxe

Anche le acque minerali di La Saxe venivano impiegate in uno stabilimento termale risultando curative nei casi di:

- 1) Infezioni vie respiratorie;
- 2) Difficoltà digestive e problemi genito-urinari;
- 3) Pellagra;
- 4) Effluorescenze cutanee;
- 5) Artrite;
- 6) Sciatica;
- 7) Reumatismi acuti;
- 8) Aumenta la secrezione delle mucose e dei bronchi;
- 9) Laringiti, bronchiti e tracheiti;
- 10) Asma.

L'acqua minerale Vittoria

“...dandogli questo nome, si è voluto senza dubbio rendere giustizia alle numerose guarigioni che opera ogni giorno...”

Risulta efficace nei casi di:

- 1) Debolezza di stomaco con o senza irritazione;
- 2) Infiammazioni delle viscere del basso ventre;
- 3) Scorbuto;
- 4) Certi casi di sterilità;
- 5) Amenorrea
- 6) Catarro
- 7) Problemi genito-urinari.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

TALENTI MARIO - *Idrologia generale e crenologia* -1970

ARGENTIER AUGUSTE – *Courmayeur et Pré-St-Didier: leurs bains, leurs eaux & leurs environs* - 1864

CASTELLINO GIORGIO - *Ricerche sui parametri fisico-chimici di alcune acque sorgive dell'alta valle di Cogne (Aosta)* – Société de la Flore Valdôtaine

ELTER GIULIO – *Carte Géologique de la Vallée d'Aoste* – 1987

Carte géologique de la France à 1/50000 – Mont Blanc

Caratteristiche chimiche e fisiche di alcune tipologie di acque presenti in Valle d'Aosta

i