

SOS Loire Vivante
European Rivers Network (ERN)



Caractéristiques géologiques et hydrologiques de la source minérale de Bonnefont (Haute Loire)



Photo : SOS Loire Vivante

Eléna TATOLI et Peter JAMSEM

*Traduction : Dominique BOUCHER (Velay Traduction), Francis SOUMAIRE et
Thierry LEONCE*

SOS Loire Vivante / ERN

8 rue Crozatier - 43000 LE PUY EN VELAY

Tél. 04.71.05.57.88 Fax. 04.71.02.60.99

Tél. ERN. 04.71.02.08.14

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
I. VUE D'ENSEMBLE SUR L'ASPECT GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ..	2
I.1. GRANIT DU VELAY	2
I.2. VOLCANISME	3
I.3. SÉDIMENTS.....	3
II. ENVIRONNEMENT HYDRO-GÉOLOGIQUE DE BONNEFONT	4
III. ORIGINE DES EAUX MINÉRALES.....	4
IV. SITUATION GÉOLOGIQUE DE LA SOURCE MINÉRALE DE BONNEFONT.....	5
V. COMPOSITION DE L'EAU MINÉRALE.....	7
VI. ASPECT PHYSIOLOGIQUE ET NUTRITIONNEL DES EAUX MINÉRALES NATURELLES.....	8
VII. BIBLIOGRAPHIE.....	8

I. VUE D'ENSEMBLE SUR L'ASPECT GEOLOGIQUE REGIONAL

Le Velay est situé au sud-ouest du Massif Central en bordure extrême de la province de l'auvergne. Du point de vue géologique et également morphologique, le Velay se situe en dehors des 3 unités d'ensemble, soit en allant d'ouest en est : le plateau du Devès, le bassin du Puy, jusqu'à la chaîne volcanique du Mézenc-Meygal, où, au Mt Gerbier de Jonc, la Loire prend sa source. Celle-ci se développe par rapport à un axe nord-ouest en quittant la profonde vallée découpée du petit plateau d'Alleyrac, au plateau du Devès (80km de long sur 15 de large). Elle rentre dans le bassin du Puy après avoir fait une entaille dans le bassin tertiaire sédimentaire.

Sur le plateau basaltique, d'une hauteur moyenne de 1100m, se dresse une grande quantité de cônes volcaniques (environ 150) provenant des roches volcaniques locales, que l'on nomme « gardes ». le Mont du Devès constitue, avec ses 1421m d'altitude, le plus haut sommet. En outre, on trouve plusieurs dizaines de cratères éteints d'origine phréato-magmatique. Le plateau du Devès est délimité par la vallée de la Loire à l'est et par celle de l'Allier à l'ouest. Plus loin, à l'ouest, il se termine par la montagne de la Margeride.

I.1. GRANIT DU VELAY

Le granit mis à nu dans les vallées de la Loire et de l'Allier constitue la base montagneuse du Velay, associée à un soubassement batolithique complexe. En ce qui concerne le granit du Velay, il s'agit du point de vue pétrographique, d'un granit-biotite formé de façon hétérogène contenant par endroit des aiguilles de "Cordiérite" et de "Muscovite". Son hétérogénéité est également due à la dimension des grains de minéraux isolés qui varie de 1 à 6 mm.

On remarque de nombreuses inclusions de gneiss et de schiste (micaschiste) de toutes dimensions qui constituent des résidus réfractaires. Le passage progressif local aux migmatites révèle une provenance autochtone par des anatexies partielles de schistes cristallins.

L'âge des inclusions est estimé à environ 300 Millions d'années. dans la masse granitique se développe des failles orthogonales lors du refroidissement et après ralentissement de la pression. Ce socle granitique fut enfin nivelé et aplani jusqu'à l'éocène.

La tectonique de rupture survenue lors du plissement de l'orogénèse alpine a eu pour effet l'effondrement du bassin du Puy et la mise en place d'un système de perturbations parallèles direction Nord Nord/Ouest – Sud Sud/Est jusqu'au début du Tertiaire. A la suite de ces mouvements tectoniques se sont ouvertes par endroits des rainures de séparation qui ont été comblées par des veines métallifères pegmatitiques.



Illustration 1 : Formation typique du granit du Velay, avec le système de failles

I.2. VOLCANISME

Au cours du Villafranchien s'installe dans le Devès un volcanisme basaltique qui donne au fil du temps son empreinte à la région : un grand plateau volcanique sur lequel se dressent des cônes coalescents stromboliens ou des cratères éteints érodés du type "Maar", souvent orientés Nord Nord/Ouest – Sud Sud/Ouest, en chaînes successives, le long d'importantes fractures.

Les amoncellements caractéristiques des cônes stromboliens se composent dans la plupart des cas de scories basaltiques agglomérées, parmi lesquelles des lapilli, mais aussi des bombes en forme de fuseau et des bombes en croûte de pain.

Dans les coulées basaltiques issues des points d'éruption, on reconnaît le plus souvent des olivines porphyriques, des clinopyroxènes et des titanomagnétites disséminés, logés dans une pâte composée de plagioclases, de clinopyroxènes et de titanomagnétite.

Les coulées de lave isolées ne rejoignent et font monter la masse du couvercle basaltique à plus de 200m.

I.3. SEDIMENTS

Il est bien connu qu'il y a d'importantes accumulations de sédiments tertiaires dans le bassin du Puy.

Dans le secteur de Bonnefont, seules les couches inférieures de sable rouge sont mises à jour. Celles-ci s'étendent à même le socle granitique et sont protégées de l'érosion par la couche supérieure de basalte (voir illustration 2). Ces sables de feldspath argileux sont parsemés de concrétions calcaires. Il s'agit de sédimentations lacustres du "Sannoisien" qui n'ont été que peu déplacées.

Des sédimentations récentes apparaissent dans la vallée de la Loire, causées par l'érosion des éléments (de surface), rocheux, en particulier du granit moins résistant et par le déplacement et la transformation des alluvions existantes.

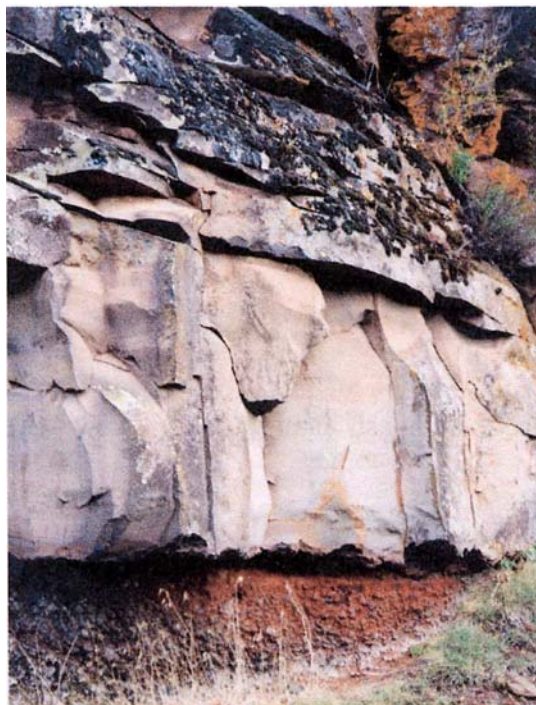


Illustration 2 : Formation des "Sables rouges inférieurs" avec la couche supérieure de basalte

II. ENVIRONNEMENT HYDRO-GEOLOGIQUE DE BONNEFONT

La Loire prend sa source dans le département de l'Ardèche, au Mont Gerbier de Jonc, à une altitude de 1551 mètres. A Les Sables, elle se jette dans la zone de sondage. A cet endroit elle parcourt 2km en direction Nord/Ouest – Sud/Ouest.

Plusieurs petits ruisseaux (sans nom) se forment et alimentent la Loire, particulièrement durant les mois pluvieux en période hivernale.

Les dépôts sédimentaires volcaniques décrivent l'échelle de mesure dans la zone de sondage, lesquels offrent de bons cheminements pour les précipitations de pluies pénétrantes. De nombreuses nappes phréatiques circulent jusqu'au fond des roches éruptives, où elles sont réchauffées par les couches imperméables sous-facettes et où elles apparaissent au jour contre les pentes des vallées profondément encaissées. Ces eaux sont souvent utilisées par les communes pour l'approvisionnement en eau. Par comparaison, très peu de quantité d'eau pénètre dans les zones granitiques du Velay formant un socle. Les eaux souterraines circulent ici dans les fissures et dépressions de la roche et ne produisent que peu de sources. Les fissures et dépressions rendent toutefois possible la pénétration de l'eau à de grandes profondeurs, où circulant à un niveau suprarégional, elles entrent en contact avec des gaz ascendants en provenance du manteau supérieur de la Terre (voir illustration 2).

III. ORIGINE DES EAUX MINERALES

Dans la zone de sondage apparaît à un endroit de l'eau minérale contenant du CO₂, il s'agit là d'une source nommée Bonnefont, captée grâce à un tuyau. La naissance de telles sources minérales contenant du CO₂ est expliquée de la manière suivante.

Les gaz, contenant du CO₂, qui se dégagent du magma du manteau supérieur de la terre et de la croûte inférieure peuvent atteindre la surface par l'intermédiaire des chemins ascendants atteignant de grandes profondeurs, lesquels peuvent être issus de l'influence des plaques tectoniques. On parle des célèbres mofettes (émanations), qui apparaissent sous forme de gaz.

Si, lors de leur ascension, ces gaz atteignent la nappe phréatique, ils forment alors, en entrant en contact avec elle, du gaz carbonique. Par l'entremise de ce gaz carbonique qui agit de manière agressive sur la roche environnante, de nombreux minéraux sont dissous. Les eaux souterraines subissent alors une plus forte minéralisation. Les processus chimiques suivants peuvent se produire : processus d'échange d'ions, processus de dissolution, nouvelle formation de minéraux, substitution... Plus l'eau stagne dans le passage souterrain, plus importante est la minéralisation. En fin de compte, l'eau minéralisée peut atteindre la surface par les fissures ou les dépressions sous forme de source.



Illustration 3 : Bulles de gaz carbonique sortant dans la Loire

IV. SITUATION GEOLOGIQUE DE LA SOURCE MINERALE DE BONNEFONT

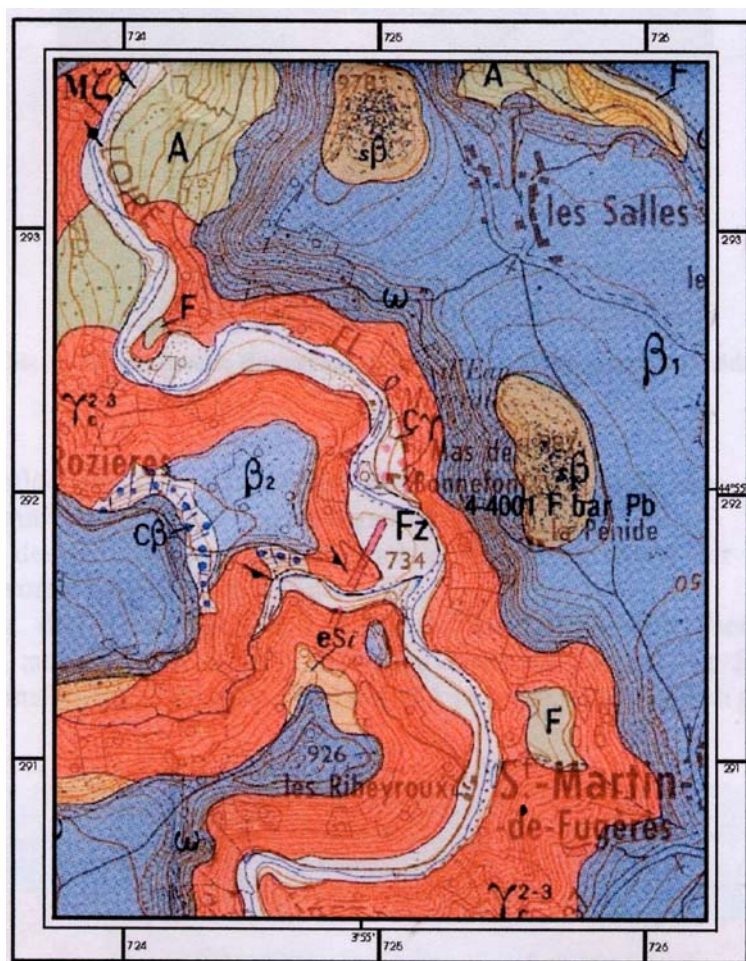


Illustration 4 : Carte géologique des environs de Bonnefont

Légende : rouge : granit du Velay ; bleu : basalte ; marron : scories ; vert : comblements des roches basaltiques, sables et argiles

La position d'une deuxième source minérale sur le côté opposé du fleuve repose également sur la prolongation Sud-Ouest de la dépression. Concernant la première source, les fissures dominantes situées dans son proche environnement sont formées de manière parallèle à la dépression. Au dessus de ces fissures, les eaux montantes se meuvent près de la surface pour émerger dans les deux sources (captées ou sous forme de départ d'eau minérale dans la Loire, sur la ligne de liaison entre les deux sources). On peut reconnaître ces départs d'eau minérale non captée aux bulles de gaz de CO₂ dans l'eau et à la couleur rouge le long des fissures et crevasses dans le granit qui se réfèrent au dépôt de limonite (illustration 5).



Illustration 5 : Source minérale de Bonnefont avec dépôt ferrugineux caractéristiques

Dans cette zone proche de la surface, il se produit vraisemblablement un mélange de l'eau minérale avec l'eau filtrées provenant des rives de la Loire.

Dans la zone étudiée, la formation de ce type de fissures est, en plus de la situation de la dépression, responsable du cours de la Loire

On peut également constater un remplissage des lignes de séparation par des minéraux en cours de cristallisation comme par exemple le long de la ligne parallèle à la fracture, qui justement à cause de ses dimensions (environ 750m de long et jusqu'à 1m de large) a été utilisée sur le plan économique.

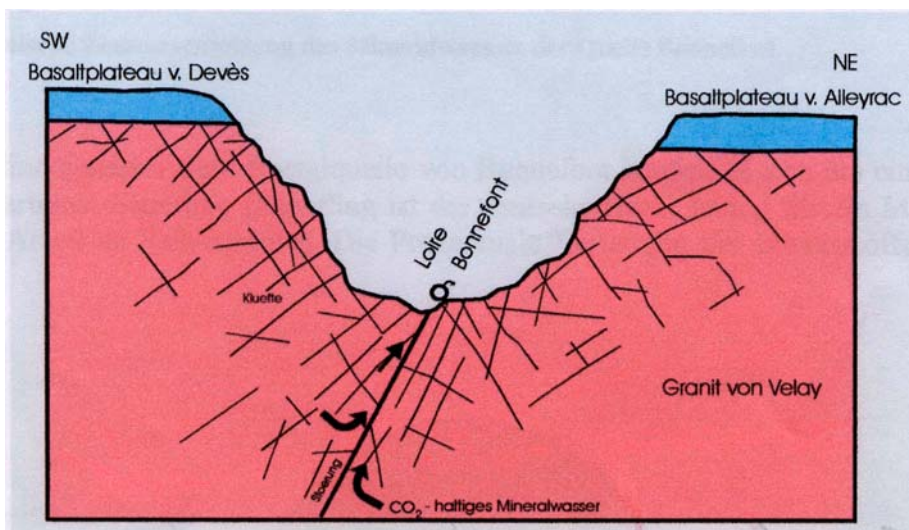


Illustration 6 : Schéma du profil de la source minérale de Bonnefont dans la vallée de la Loire

V. COMPOSITION DE L'EAU MINERALE

La composition de l'eau minérale dépend de la nature des roches traversées avec lesquelles elle entre en contact durant son séjour dans le sous-sol. C'est ainsi qu'on trouve par exemple :

- des eaux sulfatées provenant du gypse
- des eaux chlorées provenant des roches salines
- des eaux hydro-carbonatées provenant des roches calcaires

D'après une analyse effectuée à Lyon le 19 mai 1881, l'eau de la source de Bonnefont se compose comme suit :

Tableau I : Composition chimique de l'eau minérale de la source de Bonnefont

		Concentration (mol/l)	Concentration (mg/l)
SODIUM	Na	37,9358872	872,53
CALCIUM	Ca	4,07407407	162,96
MAGNESIUM	Mg	4,04109589	98,2
POTASSIUM	K	0,69798658	27,22
FER	Fe	0,12696629	7,08
CHLORE	Cl	3,21080709	113,98
SULFATE	SO ₄	0,30985915	29,75
BICARBONATE	HCO ₃	43,4499384	2650,45
ENSEMBLE DES SOLUTIONS CONTENUES			3962,17

Pour l'eau minérale de la source de Bonnefont, il s'agit d'un mélange de solution de carbonate et d'hydrogène : Sauerling (Sauerling est le mot allemand pour désigner une eau minérale riche en acide carbonique).

La répartition en pourcentage des éléments contenus dans l'eau est représentée ci-dessous.

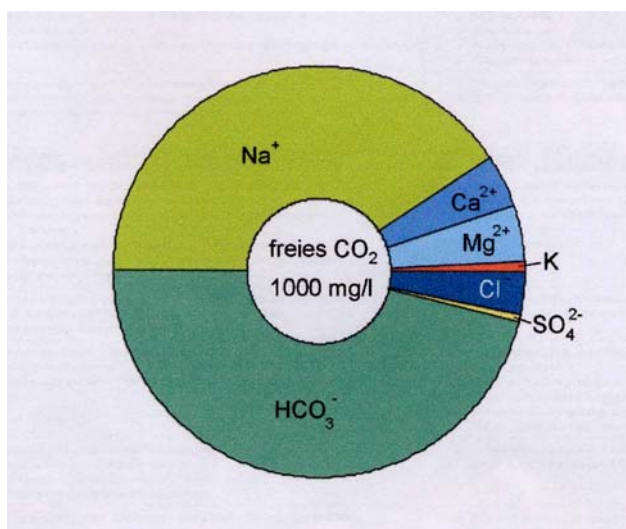


Illustration 7 : Représentation des éléments contenus dans l'eau de la source de Bonnefont – diagramme circulaire

VI. ASPECT PHYSIOLOGIQUE ET NUTRITIONNEL DES EAUX MINÉRALES NATURELLES

L'eau est d'une très grande importance pour le corps humain. Celui-ci est composé de 50 à 80% d'eau. L'élément eau représente les 2/3 du corps cellulaire et favorise dans aucun doute l'élimination des substances impures par le sang. Par jour, plus de 140l d'eau circulent dans le cerveau humain. Dans le même laps de temps, environ 170 litres irriguent les reins. Dans le corps humain, la perte de liquide, dont la principale cause est l'élimination par l'urine, s'élève à 2 litres à 2 litres et demi par jour. Il est cependant prudent de ne pas prendre ces critères à la lettre : le corps humain n'étant pas seulement régulé à travers ses réserves en eau.

Les substances minérales sont des combinaisons organiques dont le corps a besoin pour toutes ses fonctions. Elles constituent les éléments des hormones, des vitamines, de l'hémoglobine, de la substance osseuse et de l'émail des dents. Une personne adulte porte environ 4kg de substances minérales qu'il acquiert à travers sa nourriture. Aussi l'utilisation des eaux minérales est une condition sans réserve pour la prévention des carences et pour le bien-être des personnes.

D'une manière générale, les oligo-éléments proviennent en grande partie des substances minérales.

Sur le tableau II, sont indiquées quelques substances minérales ainsi que leur fonction pour l'organisme humain.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- Bay, J. (1986) – Au temps où la source de Bonnefont a connu une grande renommée – La journal des Jeunes
- Borret, J.N. (1992) – La structure de la vallée de la Loire entre la ferme de Lavalette et Goudet – SOS Loire Vivante
- Carte géologique de la France
- Carte Géologique du Velay et commentaires
- IDM (2000) – Mineralwesser - Bonn
- Tatoli, E. (2002) – Hydrochemische Charakterisierung der Mineral – und Quellwässer im Bereich des Birresborner Sattels – Unveröffentlichte Diplomarbeit, Bonn
- www.brgm.fr/volcan/levelay1.htm
- www.massifcentral.de

Tableau II : Tableau physiologique et nutritionnel concernant les effets des substances contenues dans les eaux minérales

ELEMENT	FONCTION	EFFET
SODIUM	Régulation de la pression osmotique Régulation des liquides Participation à l'excitation des cellules nerveuses et des cellules musculaires	Faiblesse physique Malaise Crampes musculaires
POTASSIUM	Régulation des liquides Participation à l'excitation des cellules nerveuses et des cellules musculaires Maintenance de l'équilibre des acides basiques Activation des différentes enzymes	Faiblesse musculaire Abaissement de la tension artérielle Troubles de la fonction cardiaque Manque d'appétit (anorexie) Constipation
CHLORE	Régulation de la balance en sodium Intervention dans la digestion (acidité gastrique)	Troubles de la production de l'acidité gastrique et de la digestion Diarrhée Troubles de la croissance
CALCIUM	Participation à la construction des os et des dents Important facteur de la coagulation sanguine Transmetteur de l'impulsion nerveuse dans les muscles Participation à la sensibilité des muscles et à leur contraction Régulation de l'activité cardiaque	Décalcification des os (ostéoporose) Détérioration des dents, des cheveux et des ongles) Crampes Troubles des rythmes cardiaques
MAGNESIUM	Participation à de nombreux processus métaboliques Participation à l'excitation des muscles et des nerfs Activation d'enzymes pour la production d'énergie	Maux de tête Vertiges Accélération cardiaque Prédisposition aux crampes Troubles de la circulation sanguine
PHOSPHORE	Élément de la substance osseuse Participation à l'édification d'enzymes Important pour la production d'énergie	Détérioration du squelette et des dents

Tableau II (suite) : Tableau physiologique et nutritionnel concernant les effets des substances contenues dans les eaux minérales

OLIGO-ELEMENTS	FONCTION	EFFET
FLUORE	Edification des os et de la structure des dents Durcissement de l'émail dentaire Reminéralisation de la micro décalcification dentaire Prévention contre l'ostéoporose chez les femmes après la ménopause	Troubles de la croissance Os cassants, dents cassantes Augmente le risque de caries
FER	Élément de l'hémoglobine responsable de la fixation et de la distribution de la substance acide Elément d'enzymes important	Anémie Fatigue - Pâleur
ZINC	Renforcement pour division cellulaire, cicatrisation, guérison et croissance Élément d'au moins 15 enzymes	Ralentissement de la guérison des blessures Chute des cheveux Inflammation de la peau (dermatite) Troubles de la croissance Préjudice de l'acide nucléique, protéine, graisse, hydrate de carbone, métabolisme
MANGANESE	Participation à l'élaboration du tissu conjonctif et des os Régulation de l'albumine, de la graisse et de l'hydrate de carbone – Métabolisme	Peut être troubles de la fécondité et de l'édification du squelette
SILICIUM	Demande du squelette et du tissu conjonctif Dureté des os	Retard de la croissance Troubles de la constitution du squelette Processus du vieillissement des articulations, des artères et du tissu conjonctif