



**HAL**  
open science

## Tectonics and thermalism; conditions for the emergence of thermomineral waters in Allevard and Uriage

Jean Sarrot-Reynauld

► **To cite this version:**

Jean Sarrot-Reynauld. Tectonics and thermalism; conditions for the emergence of thermomineral waters in Allevard and Uriage. 112e congrès national des Sociétés Savantes. Lyon, France, Jun 1987, Lyon - France, France. 12 p. 151-162. insu-01113339

**HAL Id: insu-01113339**

**<https://insu.hal.science/insu-01113339>**

Submitted on 5 Feb 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# TECTONIQUE ET THERMALISME. CONDITIONS D'ÉMERGENCE DES EAUX THERMOMINÉRALES D'ALLEVARD ET URIAGE (ISÈRE) ET DE CHALLES-LES-EAUX (SAVOIE)

par Jean SARROT-REYNAULD

Professeur de Géologie  
Institut Dolomieu, Université Scientifique, Technologique et Médicale de Grenoble  
rue Maruice Gignoux — 38000 Grenoble

## RESUME

La localisation des sources thermominérales d'Allevard et d'Uriage (Isère) est en relation étroite avec l'intersection de plusieurs familles de fractures de direction N 35°E, N 75°E, N 140°E qui recoupent aussi bien le socle cristallin de la chaîne de Belledonne que sa couverture triasique et liasique. Ces fractures et leurs multiples satellites après avoir favorisé l'infiltration en profondeur des eaux météoriques tombées sur les parties hautes des massifs, permettent leur remontée dans les points bas où elles sont recoupées par la surface topographique.

Des conditions structurales analogues s'observent dans la région de Challes-Les-Eaux (Savoie) où les grands accidents de direction N 30°E, N 60°E et N 170°E qui affectent la bordure méridionale du Massif des Bauges recoupent les assises du Jurassique du Mont-St-Michel et permettent la remontée des eaux qui lessivent vraisemblablement en profondeur un anticlinal triasique complexe à tendance diapirique.

## INTRODUCTION

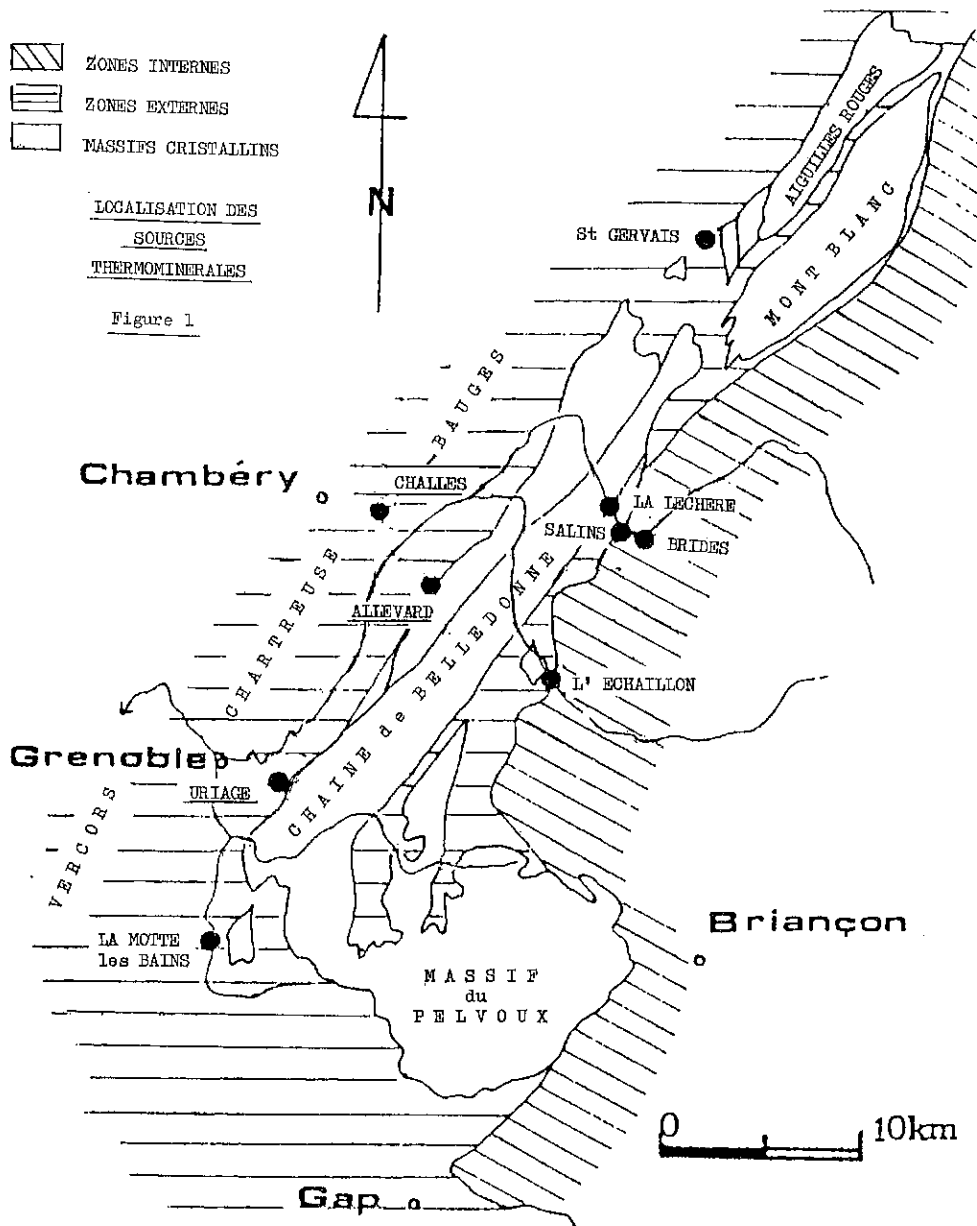
Les sources sulfureuses d'Uriage et d'Allevard (Isère) situées au pied de la bordure occidentale de la chaîne de Belledonne et de Challes-Les-Eaux (Savoie) dans la Cluse de Chambéry entre les massifs des Bauges et de la Chartreuse sont parmi les plus importants de ce type dans les zones externes des Alpes françaises (Figure 1).

Les propriétés thérapeutiques et physicochimiques de leurs eaux sont connues depuis très longtemps mais des recherches récentes ont apporté des précisions sur leurs compositions chimiques et isotopiques et par là sur leurs origines (1,2,3,4,5,6).

Il est donc intéressant de déterminer les conditions tectoniques de localisation des émergences en tenant compte de toutes les données acquises à ce jour.

## COMPOSITION ET ORIGINE DES EAUX

Bien que captées à la cote 422 par une longue galerie de 300m et un puits recoupant une zone très fissurée dans les calcaires marneux du Toarcien, les eaux d'Uriage, chlorurées et sulfatées sodiques dont la température est de 27° et le débit d'environ 250 l/m,



correspondent très vraisemblablement à des circulations profondes dans le socle cristallin et les assises évaporitiques du Trias comme le montrent leurs fortes teneurs en éléments traces:  $Sr^{++}$ ,  $Li^+$ ,  $Rb^+$ ,  $F^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  et surtout la composition isotopique de leurs sulfures et sulfates ( $\delta\%S^{34}=+14,4$ ) caractéristiques des gypses triasiques. L'oxydation des pyrites du Lias ne paraît intervenir que pour une part très marginale dans leur composition.

Par ailleurs, les eaux de la source d'Uriage sont très pauvres en tritium, vraisemblablement en raison de leur mode de captage qui permet d'éliminer les eaux tout à fait superficielles circulant dans les formations morainiques. Il s'agit donc d'eaux anciennes ayant circulé lentement et longuement avant de parvenir à l'émergence.

Leurs teneurs en  $O^{18}$  et  $H^2$  montrent cependant que ce sont pour l'essentiel des eaux d'origine météorique infiltrées sans avoir subi d'évaporation partielle ni d'échange isotopique décelable avec les minéraux des roches. L'altitude moyenne de leur zone d'infiltration serait d'environ 1650 m et donc compatible avec l'altitude moyenne du massif de Chamrousse qui domine la région d'Uriage.

L'utilisation des courbes de mélange et des géothermomètres  $SiO_2$  et  $S^{34}$  montre qu'en l'absence d'eaux superficielles 88% des eaux d'Uriage sont des eaux semi-superficielles et que les eaux chaudes qui ne représentent que 12% du mélange parvenant à l'émergence ont une température en profondeur de  $150^\circ$ . Si le gradient géothermique est normal, les eaux chaudes proviendraient par des fractures profondes liées à de grands accidents de socle d'une profondeur d'environ 4000 mètres à laquelle peuvent exister de grands chevauchements et peut être des horizons salifères inconnus dans les évaporites du Trias réduit de la région.

Les eaux sulfureuses d'Allevard qui émergent de façon diffuse en rive droite du Bréda sont captées en rive gauche dans les assises broyées du Lias au lieu-dit "Le Bout du Monde" avec une température d'environ  $15^\circ$  et un débit de  $5m^3/h$  et plus récemment par un forage de 150 m de profondeur implanté dans les assises du Lias et dénommé Austerlitz qui fournit environ  $20 m^3/h$  d'eaux à  $17^\circ$ .

Les teneurs isotopiques en  $O^{18}$  et  $H^2$  des eaux de la source du Bout-du-Monde indiquent une altitude moyenne de la zone d'infiltration d'environ 1600 m mais cette valeur n'est pas significative du fait du mélange des eaux minérales avec les eaux superficielles du Bréda qui se traduit aussi par la présence de tritium dans les eaux de la source du Bout-du-Monde que l'on ne retrouve pas dans celles du forage Austerlitz qui est à l'abri des intrusions d'eaux superficielles et, du fait d'une moindre dilution, la minéralisation des eaux du forage Austerlitz est plus élevée que celle de la source du Bout-du-Monde.

Les eaux captées à Allevard sont sulfatées sodique et calciques et bien qu'elles émergent dans des conditions géologiques comparables à celles d'Uriage, il y a inversion des rapports entre chlorures et sulfates liée probablement à une plus forte participation d'eaux ayant lessivé à moyenne profondeur les gypses et anhydrites triasiques. Les teneurs en  $S^{34}$  des sulfures et sulfates, très proches de celles observées à Uriage et les teneurs en éléments traces montrent que les eaux résultent bien du lessivage d'évaporites du Trias et qu'ici encore la participation des pyrites du Lias à la minéralisation des eaux est peu importante.

Les gaz libres de la source du Bout du Monde sont surtout l'azote et le gaz carbonique mais les gaz dissous sont essentiellement SH<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> qui proviennent de la réduction des sulfates par le méthane provenant de la décomposition des matières organiques. Il est en effet peu probable, mais non exclu que le méthane soit d'origine profonde.

Le rapport He/Ar voisin de 2000 est aussi caractéristique des formations triasiques.

Le géothermomètre SiO<sub>2</sub> montre que la température en profondeur pourrait être de 125°. La proportion d'eau chaude à l'émergence ne dépasserait pas 5% du débit, 95% correspondant à des eaux très superficielles ou semisuperficielles. Dans ces conditions, les teneurs en O<sub>18</sub> et H<sub>2</sub> ne peuvent permettre la mise en évidence d'éventuels échanges isotopiques avec les minéraux des roches qui ne se produisent d'ailleurs généralement qu'au dessus de 250° ou avec des gaz d'origine profonde tels que SH<sub>2</sub> qui paraissent peu probables ici.

Tableau I

	Allevard			
	Uriage	Bout-du-Monde	Austerlitz	Challes
Températures	27°	15°	17°	11°
pH	6,6	6,7		7,7
Ca ++	470 ppm	167 ppm	270 ppm	65 ppm
Mg ++	130	52	104	16
Ba ++	0,1	0,1		0,07
Sr ++	18,7	4,2		2
Na +	3220	260	480	410
K +	78	4,4	10	5
Li +	2,1	0,51		0,14
Rb +	0,17	0,03		0,01
HCO 3--	427	277	385	850
SO 4--	2600	580	975	40
Cl --	4100	243	560	99
F -	2,45	0,74		4
Br -	65	6,2		1,8
I-	0,36	0,06		9,2
IB/	1	0,4		4
SiO <sub>2</sub>	28	11		10
δ‰ <sup>34</sup> S	+15,9	+17,4		+33,5
δ‰ <sup>18</sup> O	-11,9	-11,3		-9,82
δ‰ <sup>2</sup> H	-82,9	-78,2		-67,3
Tritium H <sup>3</sup>	5 UT	54 UT		48 UT
Soufre réduit	13	34		250
Altitude B.V	1650	1600 m		750 m

Principales caractéristique des eaux thermominérales d'Uriage, Allevard et Challes-les-Eaux

La source de Challes-les-Eaux située au pied du Mont-St-Michel, sur le rebord méridional du massif des Bauges est la plus riche en soufre réduit. Ses eaux bicarbonatées sodiques et légèrement chlorurées sont riches en iodures et à un degré moindre en fluorures et bore. Elles sont captées par un puits de 6m de profondeur atteignant les calcaires fissurés du Kimméridgien. Leur température, voisine de 11° est le signe d'un mélange d'une très forte proportion d'eaux très superficielles avec des eaux plus profondes comme le confirme l'abondance du tritium. L'utilisation de géothermomètres est donc sans signification et si les teneurs en O<sub>18</sub> et H<sub>2</sub> montrent que les eaux captées sont d'origine météorique et proviennent d'une zone d'infiltration dont l'altitude moyenne serait de 750 m, compatible avec celle des massifs environnants, il est peu probable qu'elles caractérisent vraiment les eaux du filon thermominéral.

Les composés du soufre: soufre réduit, sulfures et sulfates contenus dans ses eaux proviennent semble-t-il (δ‰<sup>34</sup>S = +35,5) du lessivage des sulfates résiduels d'un diapir triasique profond et non pas de réactions d'oxydo-réduction des pyrites des assises du Jurassique.

Comme à Allevard et Uriage, l'apparition de SH<sub>2</sub> et de sulfures résulterait de la réaction du méthane sur les sulfates évaporitiques.

L'origine des sulfates et sulfures des eaux des trois sources sulfureuses semble donc bien établie, mais il n'en est pas de même pour les ions Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup>. Si en effet à Challes les fortes teneurs en sodium auxquelles ne correspondent pas de fortes teneurs en chlorures peuvent être attribuées à des échanges de bases favorisés par de longues et lentes circulations dans les séries jurassiques, on ne peut que présenter plusieurs hypothèses concernant l'abondance de ClNa si remarquable à Uriage. On peut en effet envisager que ces chlorures résultent du lessivage d'eaux de sel inclus dans les évaporites du Keuper où l'on ne connaît pas de couches continues de sel dans les zones externes des Alpes ou que les eaux rencontrent à grande profondeur des saumures ou couches de sel décollées lors des grands chevauchements alpins ou enfin qu'ils soient d'origine magmatique ou tout au moins résultent du lessivage des chlorures contenus dans les roches cristallines puisque les teneurs observées ne dépassent pas celles de certaines sources du Massif Central situées en domaine purement cristallin.

Actuellement, aucune de ces hypothèses ne paraît plus probable qu'une autre et seule l'utilisation des isotopes du chlore (Cl 36) pourrait permettre de trancher ce problème qui ne peut être isolé du cadre géologique général et structural des secteurs étudiés.

Il convient donc d'examiner les conditions tectoniques détaillées de localisation des émergences à partir des observations de terrain, des études statistiques de fracturation et des données acquises à partir des photos aériennes et des levés réalisés en profondeur dans des galeries, sachant que ces émergences se situent au voisinage de très grands accidents qui correspondent à de grands chevauchements profonds ou à de grands décrochements.

#### CADRE STRUCTURAL DES EMERGENCES

##### Secteur d'Uriage

A la partie méridionale de la chaîne de Belledonne et sur son rebord occidental, les assises du Lias qui affleurent aux environs d'Uriage sont souvent recouvertes par d'importants dépôts morainiques.

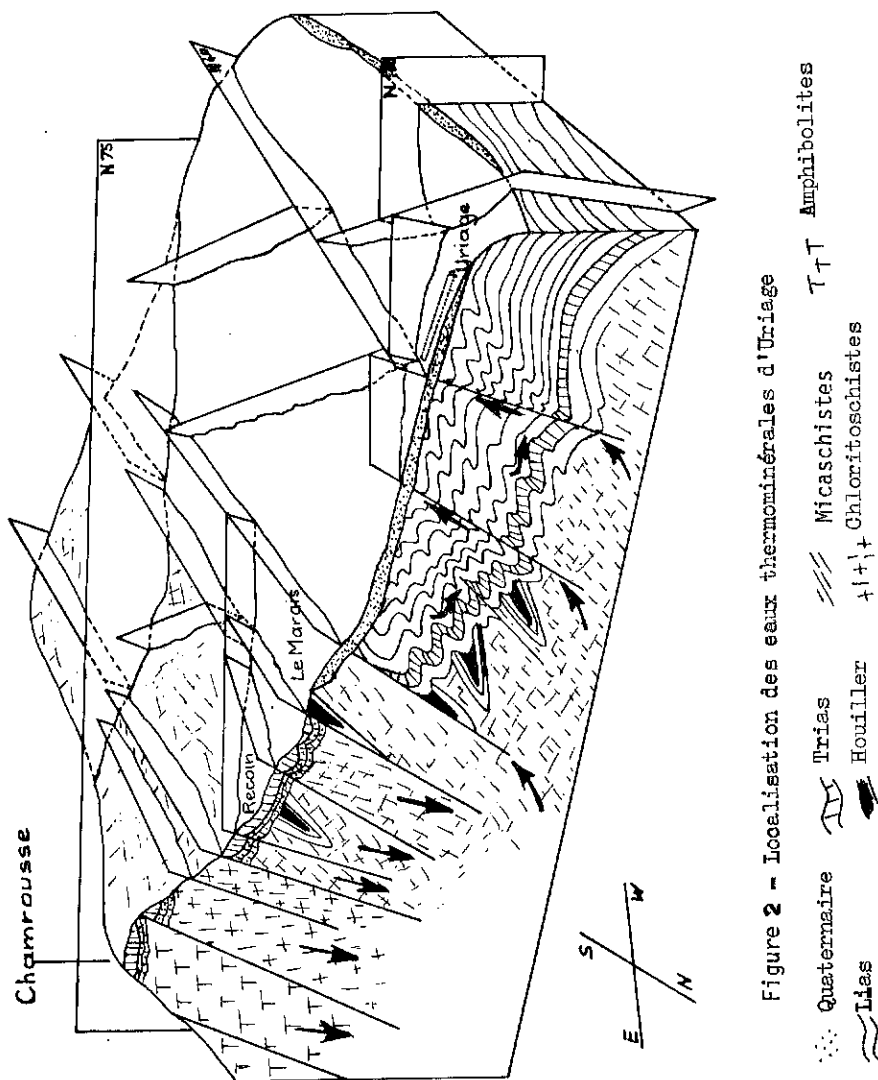


Figure 2 - Localisation des eaux thermominérales d'Uriage

Elles reposent sur celles du Trias qui comportent des grès et dolomies peu épaisses dans les parties hautes du massif mais des séries plus complètes comportant des évaporites du Keuper dans les parties basses occidentales. Le Houiller pinçé dans les micaschistes est recouvert en discordance avec le Trias. Le substratum est formé à l'Ouest par les micaschistes et leptynites du rameau externe de Belledonne qui sont séparés par le "synclinal médian" du rameau interne formé lui de chloritoschistes, gneiss amphiboliques, amphibolites et gabbros.

Le socle cristallin de la chaîne de Belledonne chevauche sa bordure sédimentaire par une série de mouvements en festons déterminés par l'existence d'accidents transverses à l'axe de la chaîne. (7,8).

Les observations réalisées tant sur photos aériennes que sur le terrain aussi bien dans les formations cristallines que dans les assises sédimentaires font apparaître en effet les directions majeures de fracturations: N 35 à 40°E, N 75 à 80°E, N 120°E et enfin N 165 à 170°E. Ces accidents bien visibles dans les parties hautes du massif, en particulier dans les secteurs de Chamrousse, des lacs Robert, du Colon et du Haut-Domeynon s'accompagnent d'une intense fracturation à l'échelle métrique ou décimétrique créant un découpage qui facilite l'infiltration des eaux. La fracturation est moins visible dans les assises sédimentaires recouvertes par les formations quaternaires et une abondante végétation mais aux affleurements, on note une grande densité de fractures, fissures et diaclases qui recoupent les joints de stratification et de schistosité dont la direction est sensiblement N 30°E et le pendage de 60 à 70° vers l'Est.

Les accidents transverses qui marquent des discontinuités dans le chevauchement du socle cristallin sur sa couverture sédimentaire ont permis le déplacement des différents compartiments les uns par rapport aux autres lors de leur coulissement le long du grand accident bordier de la chaîne de Belledonne dont ils sont des accidents conjugués. Ils ont vraisemblablement joué plusieurs fois mais peuvent correspondre à des fentes de tension et donc à des fractures ouvertes dans lesquelles peuvent remonter les eaux thermominérales (Figure 2).

C'est en fait près du point de convergence d'accidents de ce type que se situe le captage des eaux d'Uriage. Celles-ci, indépendantes des eaux superficielles du Quaternaire, proviennent donc d'un mélange d'eaux ayant circulé à grande profondeur dans le socle cristallin et peut être dans des horizons salifères sous le chevauchement du socle et d'eaux ayant cheminé dans les assises du Trias évaporitique et du Lias au sein desquelles elles émergent mais c'est la combinaison des divers systèmes de fractures et l'infinité de diaclases qui les accompagnent qui permettent l'établissement du circuit thermal et il en est de même à Allevard.

#### Secteur d'Allevard

La structure géologique du secteur d'où émergent les eaux des sources d'Allevard est bien connue. LA vallée du Bréda et la galerie E.D.F. Arc-Isère fournissent en effet de bonnes coupes du versant occidental de la chaîne de Belledonne, où les assises du Lias allant du Toarcien à l'Hettangien, du Trias et du Permien sont chevauchées par les micaschistes de la "série satinée".

L'étude de la fracturation à l'affleurement, en galerie et sur photos aériennes montre à côté des très grands accidents de direction N 30°E l'importance des accidents de direction N 150 à 160°E mais

aussi des directions N 130° E, N 50° E, N 80° E. (5).

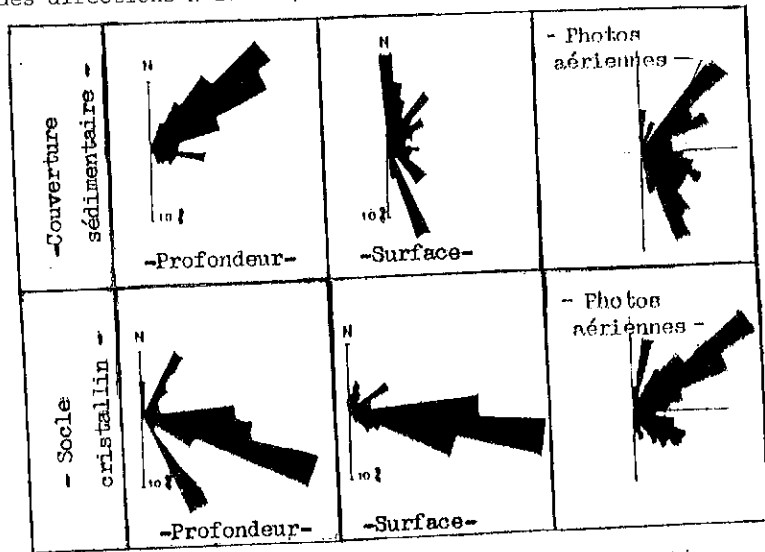


Figure 3 - Répartition des directions de fracturation dans la région d'Allevard (d'après G. MASSONNAT (5))

Les grandes directions observées en photos aériennes dans le Lias se retrouvent très bien en profondeur et à l'affleurement, mais les directions observées en surface ne sont pas et de loin les plus abondantes en profondeur (Figure 3).

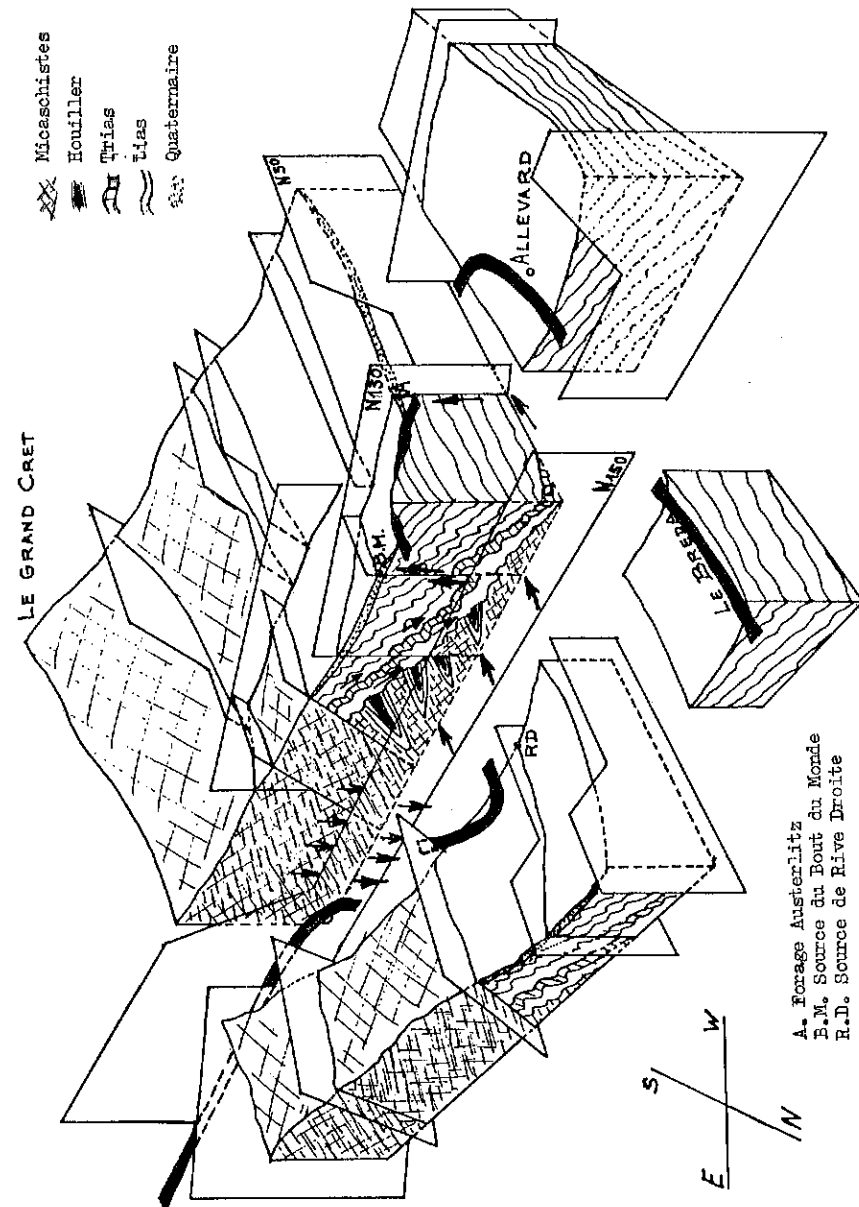
Dans les micaschistes par contre, les fractures de direction N 40 à 50°E repérées sur photos aériennes ne sont pas les plus nombreuses à l'affleurement ou en galeries.

La source du Bout-du-Monde et la source dite de Rive Droite se trouvent en bordure du Bréda, en un point bas de la topographie, à l'intersection d'un accident N 30°E et de l'accident N 150°E qui détermine le cours du Bréda juste à l'amont d'Allevard. Le forage Austerlitz est implanté lui à l'intersection d'une autre fracture N 30°E et d'une faille transverse de direction N 130°E qui recoupe les deux accidents sur lesquels se trouve la source du Bout-du-Monde (9).

La figure 4 résume la structure géologique et la localisation des points d'émergence. L'intensité de la fracturation à toutes les échelles permet l'infiltration des eaux tant dans le socle métamorphique que dans les assises sédimentaires (10, 11) et la présence d'accidents qui sont des conjuguées des grandes structures régionales et correspondent à des décrochements d'ordre inférieur, facilitent la remontée des eaux minéralisées et thermalisées.

#### Secteur de Challes-les-Eaux

Le captage de la source de Challes-les-Eaux se situe dans les calcaires kimmeridgiens au pied des falaises tithoniques du Mont-St-Michel qui sont longées par un grand accident de direction N 170°E parallèle à la Cluse de Chambéry et sont recoupées par deux familles de fractures de directions N 30 à 35°E et N 60 à 70°E.



- Figure 4 - Localisation des sources thermominérales d'Allevard (Isère).

L'accident le plus important est la faille du Camelot passant dans le secteur de Curienne, qui a une valeur de décrochement (12,13).

Les accidents observés correspondent en fait à deux systèmes décrochants analogues à ceux qui sont connus dans les massifs des Bauges et de la Chartreuse, qui se recoupent avec décalage des axes de plis et entraînement des couches. Ils décalent ainsi l'anticlinal de la Roche, le synclinal de Bellevarde et l'anticlinal de la Boissette.

Le pli anticlinal de la Roche, d'axe subméridien, et qui s'ennoie vers le Nord est ainsi tronqué obliquement vers le Sud alors que son flanc occidental abaissé par faille est partiellement érodé. Le synclinal de Bellevarde est lui aussi tronqué obliquement vers le Sud-Ouest et déformé sur ses bordures.

Ces accidents affectent certainement aussi les structures profondes situées sous la plaine de Challes-Saint-Jeoire-Prieuré et en particulier le cœur triasique de l'anticlinal de la Roche, bordé à l'Ouest par le synclinal de Saint-Badolph. Son intense découpage aurait favorisé son évolution vers une structure diapirique qui pourrait se situer à une profondeur nettement supérieure à 1500 mètres.

Comme à Allevard ou à Uriage, les décrochements originels qui sont des résultantes d'ordres différents des poussées alpines ont rejoué en accidents verticaux et peuvent se comporter comme des fractures de tension permettant la remontée des eaux minérales à travers les roches broyées à leur voisinage.

D'une manière plus générale, la source de Challes se situe aux abords de l'accident décrochant N 160°E d'Allevard ou tout au moins d'un de ses prolongements, peut être décalé, et il n'est pas exclu que les eaux profondes aient même origine à Challes et à Allevard, alors que les eaux semisuperficielles auraient elles-mêmes des origines beaucoup plus locales.

#### Conclusions

S'il est possible à l'aide des données structurales locales et des données physicochimiques et isotopiques de déterminer les conditions d'émergence et de localisation des sources thermominérales d'Uriage, d'Allevard et Challes-les-Eaux liées à l'importance des grands décrochements et des accidents qui leur sont conjugués et la réalisation récente du forage Austerlitz en est un bon exemple, et si l'on peut affirmer que la minéralisation de la majeure partie de leurs eaux se fait dans les assises évaporitiques du Trias, il est malheureusement impossible de définir à quelle profondeur exacte et dans quelles formations se font les circulations qui donnent naissance à la composante la plus chaude des eaux captées.

En l'absence de volcanisme récent ou de réactions exothermiques, on est tenté d'associer anomalies thermiques et sismicité. En effet, (5) bon nombre de secousses sismiques récentes ont eu leurs épicentres sur les linéaments jalonnés par les sources thermominérales et ont eu des répercussions plus ou moins durables sur les débits et les températures de ces sources (14, 15, 16).

De nouvelles études isotopiques et les recherches géophysiques sur la structure profonde des zones externes des Alpes devraient apporter de nouvelles précisions sur les conditions des sources thermales qui ne peuvent être détachées du cadre géologique régional.

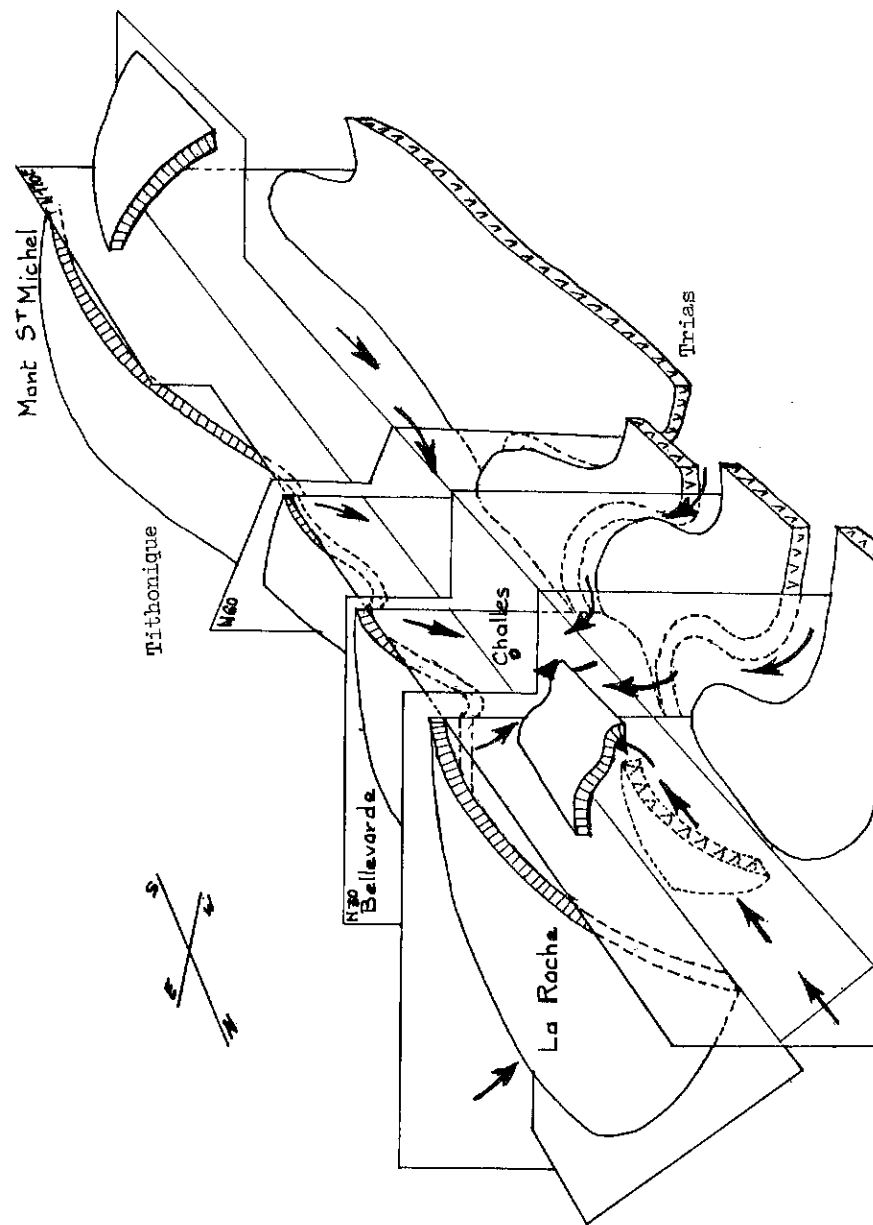


Figure 5 - Localisation des eaux thermominérales de Challes-les-Eaux.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MORET L. 1946. Les sources thermominérales. Masson. Paris
- (2) LETOURNEUR J. et MICHEL R. 1971. Géologie du Génie Cicil. A.Colin
- (3) DAZY J., ROCHAT J., OLIVE Ph. 1980. Nouvelles données géochimiques et isotopiques sur les eaux thermales d'Uriage-les-Bains (Isère). C.R.105e Congrès National Soc.Sav.Caen Fasc.II, p.111-122.
- (4) DAZY J., BOSCH B., ROCHAT J. 1982. Nouvelles données géochimiques et isotopiques sur les eaux minérales de Challes-les-Eaux (Savoie). C.R.106e Congrès National Soc.Sav.Perpignan Sciences Fasc.III, p.147-161.
- (5) MASSONNAT G. 1981. Hydrogéologie en milieu fissuré et thermalisme. Etude du massif de Bramefarine et du Nord du Massif d'Allevard. La source thermominérale d'Allevard. Thèse 3e cycle Hydrogéologie, Université de Grenoble 1.
- (6) DAZY J., DRAY M., JUSSERAND C., PASQUALOTTO M., ZUPPI J.M. 1987. Caractéristiques isotopiques des eaux thermominérales des Alpes du Nord franco-italiennes. Colloque international sur l'utilisation des données isotopiques pour la mise en valeur des ressources en eau. Vienne. Avril 1987, SM 299/51.
- (7) SARROT REYNAULD J. 1965. Style tectonique et morphologie de la bordure occidentale de la chaîne de Belledonne au Sud d'Allevard. Trav. Lab. Géol. Grenoble t.41, p.7-31.
- (8) SARROT REYNAULD J. 1972. Hydrogéologie du Massif de Chamrousse. Exemple de relation entre l'Hydrogéologie et la structure tectonique Revue Géographie Alpine t.LX, fasc.3, p.445-452.
- (9) LEMAHIEU J.M. 1985. Conditions de captage de nouvelles ressources en eau minérale à Allevard (Isère). Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche. Lyon. Rapport inédit.
- (10) DELAQUAIZE B., FOURNEAUX J.C., LEGUY C., SARROT-REYNAULD J. 1979. Nature et mode de circulation des eaux rencontrées dans les roches fissurées par des galeries récentes dans les Alpes Françaises. C.R. 104e Congrès National Soc. Sav. Bordeaux p. 99-109.
- (11) BATTAGLIA D., GOURGAND B., SARROT-REYNAULD J. 1983. Hydrogéologie des roches fissurées. Nature et mode de circulation des eaux rencontrées en galerie dans les massifs du Rissiou, des Grandes Rousses et de Belledonne. C.R.108e Congrès National Soc. Sav. Grenoble Sciences Fasc.1, p. 211-222.
- (12) DOUDOUX B. 1963.- Nouvelle étude sur le massif de Curienne. Annales Centre Enseignement Sup. Chambéry, n°1, p.79-93.
- (13) GIDON P. 1963. Géologie Chambérienne. Annales Centre Enseignement Sup. Chambéry. Numéro Hors Série.
- (14) SARROT-REYNAULD J., POULAIN P.A., MARCE A. 1977. Tectonique et anomalies géothermiques. Les sources thermominérales des bordures orientales et méridionales du Massif du Pelvoux. Géologie Alpine. Tome 53, Fasc.1, p. 75-82.
- (15) SARROT REYNAULD J., SIMEON Y. (1979). Tectonique et anomalies géothermiques. Données nouvelles sur les sources thermominérales de Tarentaise: Brides, Salins et La Léchère (Savoie). C.R.104e Congrès National Soc. Sav. Bordeaux, Fasc.III, p. 111-122.
- (16) GRILLOT J.C., DAZY J. 1983. Photo interprétation, tectonique cassante et thermalisme. Exemple du domaine alpin (France). Géologie Alpine. Tome 59, p.45-60.