

**Sur l'origine probable des Eaux Thermales  
d'Aix-les-Bains (Savoie)  
et le rôle des accidents tectoniques dans  
la thermalisation et la minéralisation des sources**

PAR

W. KILIAN

Membre de l'Institut de France  
Membre honoraire de la Société belge de Géologie



**SUR L'ORIGINE PROBABLE DES EAUX THERMALES  
D'AIX-LES-BAINS (SAVOIE)**  
**et le rôle des accidents tectoniques dans la thermalisation et la  
minéralisation des sources.**

PAR

W. KILIAN

Membre de l'Institut de France  
Membre honoraire de la Société belge de Géologie.

Les eaux thermales d'Aix-les-Bains, dont la thermalité atteint 41 à 44°, sortent des fissures et des cavités très irrégulières du Calcaire urgonien (Crétacé inférieur), ainsi qu'on peut s'en assurer par l'étude de la « Grotte des Serpents » où se trouve l'une des émergences de ces eaux (Source dite « d'alun »), examen qui permet de constater que les calcaires urgoniens sont, dans cette région, pour ainsi dire criblés de cavités irrégulières, de boyaux et de diaclases qui paraissent provenir d'actions de dissolution du calcaire par les eaux souterraines, actions s'étant exercées sur un réseau préexistant de fractures et de fissures dont certaines ont été élargies par l'action chimique des eaux et sont devenues de véritables « boyaux aquifères », tandis que d'autres, au contraire, ont été recimentées par de la Calcite. Ces calcaires urgoniens, en partie recouverts, en montant vers Mouxy, d'une pellicule de dépôts glaciaires (cailloutis glaciaires) dont l'épaisseur augmente en se dirigeant vers l'Est, mais qui se trouve réduite, près de l'Établissement, à quelques centimètres, forment un bombement anticlinal (anticlinal de la Roche du Roi), très net, sorte de voûte échancrée par l'érosion du côté Ouest, puis revêtue vers le lac du Bourget par un manteau mollassique imperméable. Ce massif calcaire avait été considéré par les géologues qui nous ont précédé <sup>(1)</sup> comme étant en *relations directes* avec les escarpements du même calcaire en bancs verticaux qui existent sur le flanc ouest du Revard, au Rocher Saint-Victor, escarpements qui sont séparés de l'Urgonien d'Aix-les-Bains par des affleurements de mollasse tertiaire en partie recouverts de cailloutis glaciaires et d'éboulis.

Or il résulte des études récentes qui ont été faites dans les prolongements méridional

<sup>(1)</sup> En particulier par M. J. RÉVIL. *Revue Générale des Sciences*, 30 octobre 1908, p. 828, fig.3, et Thèse pour le Doctorat, Pl. II, fig. 19.

et septentrional de la chaîne du Revard-Nivollet et dans les vallées transversales qui l'entament, tant aux environs de Chambéry qu'au Nord-Est d'Aix (Pont de l'Abîme) et au Semnoz, que la chaîne du Revard représente (voir la planche ci-jointe) une masse anticlinale nettement refoulée vers l'Ouest et chevauchant les assises mollassiques et urgoniennes des environs d'Aix-les-Bains *qui vont s'enfoncer sous cette chaîne vers l'Est*.

Le Calcaire urgonien dans lequel se trouvent les griffons des sources thermales est donc séparé de l'Urgonien vertical et même renversé par places du Rocher Saint-Victor par une *surface de chevauchement* inclinée vers l'Est, et l'on ne peut admettre, dans l'état actuel de nos connaissances, ni l'existence d'une « faille » verticale ayant occasionné la remontée des eaux thermales comme l'ont admis M. H. Jacquot et Wihlm dans un ouvrage classique, ni celle d'un simple reploiement synclinal symétrique et relativement peu profond des calcaires urgoniens, ainsi qu'il est figuré dans la coupe donnée par M. J. Révil <sup>(1)</sup>.

Il paraît, en revanche, extrêmement probable que les eaux chaudes qui emplissent les cavités du calcaire urgonien d'Aix proviennent de l'Est et ont pour origine première la surface de contact anormal (R R' de la planche), qui s'enfonce à l'Est sous le Massif du Revard et qui constitue une surface de discontinuité facilitant la circulation, et notamment la *remontée rapide des eaux thermales* (moins denses que les eaux froides) ; ces eaux, issues de cette dislocation qu'elles ont suivie et qui s'enfonce en profondeur vers l'Est sous un massif montagneux très important (voir la coupe ci-jointe), ont probablement acquis leur minéralisation au contact des Gypses et Anhydrites (sulfates de chaux) triasiques et seraient sulfatées à l'origine ; des actions réductrices diverses et notamment celle d'Algues microscopiques (Barégine), dont on a d'ailleurs constaté la présence nettement observable aux griffons de la source d'alun, auraient ensuite transformé ces eaux sulfatées en eaux sulfureuses ; quant à la thermalité, elle s'explique tout naturellement dans cette hypothèse par le *degré géothermique*, c'est-à-dire par la température qui doit régner sous un massif montagneux de l'importance de la chaîne du Revard-Nivollet et de ceux qui lui succèdent à l'Est (Margériaz, etc.). Ces eaux thermales, de moindre densité que les eaux froides, suivant (par suite de la pression exercée par le poids des eaux froides descendantes) la voie de remontée facile que leur offre le plan de charriage (R, R' de la coupe), ont rencontré dans leur parcours le calcaire urgonien fissuré compris entre deux assises imperméables (à la base, les calcaires marneux à *Toxaster* de l'Hauterivien supérieur et au-dessus de lui les mollasses en partie argileuses et également imperméables du Tertiaire) ; elles auraient donc abandonné le plan de discontinuité tectonique pour pénétrer dans les diaclases et boyaux

<sup>(1)</sup> *Revue générale des Sciences*, 30 octobre 1908, p. 828, fig. 3. — L'article de M. Révil contient une remarquable, très claire et très exacte description de la disposition des divers terrains dans les environs d'Aix-les-Bains ; son interprétation des *faits* constatés ne diffère de celle que nous admettons ici que par la partie hypothétique, c'est-à-dire par l'absence de la *surface de chevauchement* se continuant en profondeur vers l'Est dont l'existence nous paraît cependant démontrée par l'étude de la même chaîne au Nord de la région considérée, par l'inclinaison des assises de mollasse plongeant vers l'Est à l'Est de Mouxy, et par une série d'autres considérations.

de cet Urgonien où elles se seraient trouvées pour ainsi dire emprisonnées et pour émerger ensuite au point d'affleurement de ces mêmes calcaires, c'est-à-dire dans l'anticlinal d'Aix-les-Bains, dit aussi anticlinal de la Roche au Roi, qui d'ailleurs, d'après les observations de M. Révil (*loc. cit.*) est accidenté de nombreuses cassures (failles) de tassement.

Etant donnée cette origine, on peut en déduire que l'alimentation des eaux thermales d'Aix-les-Bains se fait soit par des infiltrations lointaines ayant pénétré en profondeur dans le plan de charriage, soit par des eaux provenant en particulier de toute la masse de recouvrement très disloquée qui comprend les montagnes du Revard, le Plateau des Déserts et du Col de Plainpalais, infiltrations très lentes à travers les multiples fissures et diaclases tectoniques de ce massif très disloqué, s'effectuant sur une épaisseur de plus de 1000 mètres et au cours de laquelle les eaux subissent une filtration qui peut être considérée comme parfaite, ainsi qu'une augmentation de température graduelle en profondeur. L'existence de bétoires, de gouffres et d'abîmes sur le flanc Est du Revard ne constitue donc, à mon avis, aucune menace de pollution pour les eaux d'Aix, les infiltrations provenant de ces gouffres ayant encore à parcourir, pour atteindre le plan de remontée des eaux, un trajet très long à travers des fentes très étroites et souvent capillaires affectant des terrains de *perméabilités très diverses*, trajet au cours duquel leur filtration et leur oxydation doit s'opérer d'une façon très suffisante.

Cependant, les sources thermales d'Aix, dont l'alimentation et l'origine probable viennent d'être définies, ont subi en outre accidentellement à certaines époques, dans le voisinage de leur émergence, un mélange avec des eaux froides provenant de la surface. Un examen des lieux m'a permis de constater que ce mélange très temporaire que des travaux récents supprimeront définitivement, ne peut s'effectuer que sur un périmètre assez restreint et résulte de la pénétration dans les fissures des calcaires urgoniens des eaux de surface qui imbibent pendant certaines périodes de pluviosité ou de fonte des neiges les dépôts glaciaires recouvrant l'Urgonien. Ces dépôts glaciaires s'épaississant graduellement vers le Nord du côté de Mouxy et étant en partie imperméables grâce à des lits d'argile intercalés, l'infiltration ne peut se produire que dans les points, très limités, où la pellicule glaciaire ne présente pas une épaisseur suffisante et ne montre pas d'intercalations argileuses, c'est-à-dire dans les environs du Ravin du Pont-de-Bois et les propriétés voisines.

Il est particulièrement intéressant de constater que l'existence des eaux thermo-minérales d'Aix-les-Bains est liée à celle d'une surface de discontinuité tectonique (chevauchement), car cette même interprétation peut être appliquée à d'autres sources alpines (1).

\* \* \*

(1) La question de savoir si les eaux froides de Challes-les-eaux qui contiennent du *soufre*, du *sodium*, de l'*iode* et du *brome* n'ont pas une origine analogue et ne sont pas minéralisées par le Trias en profondeur, reste, à mon sens, *ouverte*, l'explication de leur composition chimique par la décomposition des particules de sulfate de fer contenues dans les assises jurassiques et crétacées me paraissant insuffisante, malgré les ingénieuses expériences de M. Lemoine.

Lorsqu'on passe en revue les principales Sources thermales du Sud-Est de la France, on remarque en effet qu'elles peuvent toutes être mises en rapport avec l'existence d'accidents tectoniques du même ordre que celui auquel nous attribuons la thermalité et la « remontée » des eaux d'Aix-les-Bains.

Sans entrer dans des détails de tectonique locale qui pourraient d'ailleurs faire l'objet d'une série d'intéressantes études monographiques, je me bornerai aux constatations suivantes :

a) Le long de la chaîne cristalline de Belledonne, dont l'asymétrie de structure, malgré la disposition en éventail que j'ai signalée en quelques points localisés, a été manifestement mise en évidence par les beaux travaux de M. Termier, et qui, d'après une série d'indices de détail, représente certainement dans son ensemble une charnière anticlinale complexe, *refoulée vers l'extérieur des Alpes*, c'est-à-dire vers l'O.-N.-O., se trouvent les sources d'*Uriage* et d'*Allevard*, minéralisées sans doute au contact des dépôts salifères et gypsifères du Trias, dont la thermalité s'explique tout naturellement si on admet qu'elles ont acquis leur haute température en pénétrant sous ce massif d'où elles émergent en suivant une surface de charriage ou de contact anormal qui s'enfonce vers l'Est.

b) Les eaux thermales de la *Motte-les-Bains* sourdent, elles aussi, d'une région très disloquée. Ces eaux chaudes, qui sont captées dans les alluvions du Drac, prennent également naissance dans le voisinage d'accidents importants, au pied des montagnes du Sénepy et du Connexe, dont la nature charriée (têtes anticlinales plongeant vers l'Ouest ?) est très probable et qui doivent être limitées par une *surface de discontinuité inclinée vers l'Ouest*, qui offre aux eaux thermalisées en profondeur et minéralisées par le Trias, une voie de remontée facile.

c) Près de St-Jean-de-Maurienne, les eaux de l'*Echaillon* surgissent par les diaclases d'une masse granitique, elle-même probablement charriée, sorte de noyau anticlinal, portant la trace évidente d'un laminage énergique ayant déterminé des plans de glissement et des surfaces de discontinuité dans les masses rocheuses au voisinage d'une écaille anticlinale de Trias gypsifère fortement refoulée vers l'Ouest.

d) A *La Léchère*, près Notre-Dame-de-Briançon, en Tarentaise, une source d'eau chaude émerge au point où un plan de charriage, ayant refoulé le Trias (reconnu par M. Termier), sur les schistes cristallins <sup>(1)</sup> coupe la vallée de l'Isère.

Les eaux salines de *Salins-Moutiers*, qui présentent une thermalité de 35° et dont la minéralisation par les dépôts triasiques ne peut faire l'objet d'un doute, sourdent également dans le voisinage *immédiat* d'importants *plans de chevauchements*, continuant vers l'Est l'amygdaloïde d'Hautecour refoulé lui-même vers l'Ouest sur l'Eogène du Massif de Crève-Tête, c'est-à-dire sur le parcours d'une des zones de refoulement les plus importantes des Alpes françaises.

(1) On trouvera dans l'article de M. J. Révil, cité plus haut, une description géologique très exacte et des coupes relatives aux Sources thermales de La Léchère et de St-Jean-de-Maurienne.

e) Au *Monetier de Briançon* (Hautes-Alpes), une source thermale marque exactement l'emplacement d'une surface de charriage qui va passer en s'enfonçant à l'Est sous la zone houillère (Zone du Grand St-Bernard) qui chevauche ici très nettement la bordure N.-E. du Massif du Pelvoux.

f) La *source du Plan-de-Phazy*, près de Guillestre (Hautes-Alpes) provient également d'un noyau anticlinal (avec Trias et Granite mylonitisé) qui représente la charnière frontale d'un grand pli couché s'enfonçant au N.-E. sous un empilement de nappes ; là encore la thermalité des eaux est attribuable à leur circulation suivant des plans de charriage s'enfonçant sous d'importants massifs montagneux.

g) C'est encore une origine du même genre qu'il convient d'attribuer aux eaux chaudes sous-alluvionnaires dont divers sondages ont permis de constater la présence dans le fond du thalweg rocheux de la Durance, à *Serre-Ponçon* (Hautes-Alpes) et qui ont fait irruption en 1913 dans la galerie ouverte sous ce thalweg par l'Administration des Ponts et Chaussées. Il résulte des sondages et constatations faites depuis lors que le griffon qui fournit ces eaux doit se trouver *en amont* de Serre-Ponçon dans le fond du lit rocheux de l'Ubaye ou de la Durance. Or, ici encore, on se trouve dans le voisinage de plans de refoulement importants qui affectent, près et en amont du village d'Ubaye, le soubassement du Massif du Morgon. Il est vrai que l'on peut aussi, mais avec beaucoup moins de vraisemblance, attribuer cette venue thermale au voisinage du bombement triasique d'Espinasses (avec Mélaphyres et Gypses), lui-même très disloqué et situé un peu à l'aval de Serre-Ponçon.

h) Enfin, près de Digne (Basses-Alpes), les « Eaux chaudes » sortent du Lias qui fait lui-même partie d'une écaille (système de la Crête des Dourbes) manifestement *refoulée vers l'Ouest* et dont la base doit être formée par un plan de chevauchement s'enfonçant vers l'Est et spécialement propice à la circulation hydro-thermale. C'est vraisemblablement sur cette base aquifère que se branche la fissure qui alimente la source thermale.

i) Les eaux thermales d'*Aix-en-Provence* apparaissent également dans le voisinage de contacts anormaux (Vallée de Vauvenargues, Chaîne de Ste-Victoire) et de surfaces de charriage importantes qui font apparaître le Lias, qui sont cachées en partie par des dépôts tertiaires plus récents, mais qui marquent le bord d'« écailles », nappes provençales externes sous lesquelles les eaux ont pu acquérir leur minéralisation (dans le Trias) et thermalité, puis trouver ensuite une voie facile de remontée en suivant des surfaces de discontinuité tectonique.

\* \* \*

On conçoit aisément, d'après ce qui précède, qu'au cours de leur trajet en profondeur suivant des plans de discontinuité mettant en contact les assises les plus diverses, les eaux aient non seulement acquis une thermalité parfois élevée, mais se soient également minéralisées au contact d'assises diverses et notamment des dépôts de Gypse et d'Anhydrite parfois salifères du Trias, et on comprend combien difficile devient, dès lors, à appliquer rigoureusement la distinction établie par Ed. Suess entre les eaux « *vadeuses* » et les

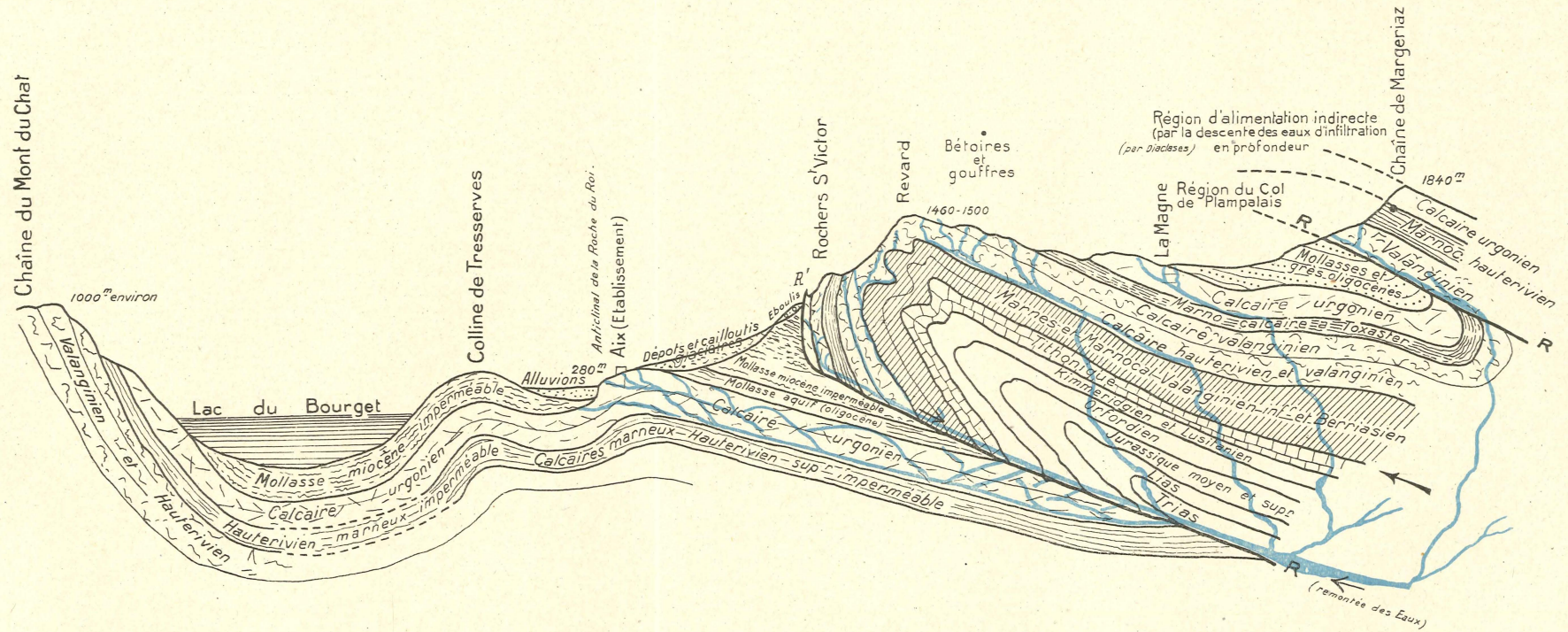
eaux « *juvéniles* » ou *hypogènes* <sup>(1)</sup>, c'est-à-dire combien il est difficile de faire, dans des cas comme ceux que nous venons de passer en revue, la part exacte des infiltrations superficielles d'origine externe ayant pénétré en profondeur et celle des eaux d'origine profonde, qui ont toutes deux pu contribuer théoriquement à alimenter la « fissure thermique », et avoir suivi *le plan de discontinuité* tectonique servant de voie de remontée des eaux chaudes. En tous cas, tous les exemples étudiés ci-dessus peuvent, ainsi que l'a déjà fait remarquer M. Révil (*loc. cit.*), s'expliquer *sans l'intervention de venues hypogènes* ou « *juvéniles* » d'origine intratellurique.

Quoi qu'il en soit, le régime des sources thermales alpines est fort différent de celui que présentent d'autres contrées riches en stations hydrothermales, comme par exemple le Massif central de la France, région plus fortement décapée, portant les traces de manifestations volcaniques récentes, qui fournit des types de minéralisation fort différents de celui de nos sources alpines et dans laquelle les venues hypogènes ou « *juvéniles* » peuvent jouer un rôle plus important.















---

(1) L'étude de la *radioactivité* pourrait peut-être faciliter cette distinction.





LÉGENDE

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  | Alluvions ;   |  | Marnoc. à Toxaster (Hauterivien supérieur) imperméables ;                          |
|  | Dépôts glaciaires aquifères ;                               |  | Calcaires Hauteriviens et Valanginiens fissurés ;                                  |
|  | Éboulis ;   |  | Marnes et Marnocalc. Valanginien inf. et Berriasien (imper) ;                      |
|  | Trajet probable des eaux ;                                  |  | Calcaires et Marnocalc. Jurassiques sup <sup>r</sup> , moyen et inf <sup>r</sup> ; |
|  | Mollasse miocène (imperméable) ;                            |  | Lias ;   |
|  | Mollasse et marnes oligocènes (imperméable) ;               |  | Trias avec gypses (sulfate de chaux) ;   |
|  | Calcaires blancs urgoniens fissurés avec boyaux aquifères ; |  | R Surface de refoulement ou de contact anormal.                                    |

NOTA. — Degré géothermique : en moyenne 1° par 30 m. — Une descente des eaux de la région de 1200 m. d'altitude en moyenne à la côte 1 (niveau de la mer) en profondeur, donne une thermalité de 40 à 50° ; si l'on tient compte du refroidissement (10°) pendant la « remontée » on voit que les eaux d'Aix ont pu acquérir leur thermalité à la côte —250 ou —300 (c'est-à-dire que la surface de charriage RR' s'enfoncerait vers l'Est à 250 ou 300 m. au-dessous du niveau de la mer, ce qui est très vraisemblable. C'est d'ailleurs un minimum.

La descente des eaux froides, par gravité, dans des diaclases et fissures de dislocation étroites, avec une certaine perte de charge, est lente ; la remontée des eaux chaudes par une voie plus facile et par les boyaux largement ouverts des calcaires urgoniens, est rapide et motivée par le poids des eaux froides (plus denses) descendantes.



