

SUR LE TRIAS ET LA MINÉRALISATION DES EAUX THERMO-MINÉRALES D'HAMMAM-RIGHA

par G. CHARLES

Chef de Travaux

Chargé de cours à l'Institut Agricole d'Algérie

I. — INTRODUCTION

Les eaux thermo-minérales d'Hammam-Righa ont fait l'objet de nombreuses études tant médicales qu'analytiques, et diverses interprétations ont été émises en ce qui concerne leur origine géologique.

En prospectant la région d'Hammam-Righa, nous avons découvert quelques pointements triasiques associés à l'une des failles d'où émergent les griffons thermo-minéraux de cette station balnéaire. Cette découverte étaye, tout au moins en ce qui concerne les sources thermales d'Hammam-Righa, les observations faites notamment par Péron, E. Ficheur, A. Brives, J. Savornin, F. Erhmann, M. Dalloni, en Algérie, L. Berthon et L. Pervinquière en Tunisie, sur le trias et la liaison dans l'Afrique du Nord de la plupart des sources thermo-minérales avec le trias gypso-salin.

Dans une « Etude géologique des eaux d'Hammam-Righa » (23) présentée à la Faculté des Sciences d'Alger en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles, nous avons montré la relation intime existant entre ces eaux thermo-minérales et le trias gypso-salin minéralisé. En outre, par une étude géologique détaillée de la région, nous avons mis en évidence que le bassin d'alimentation de ces sources ne peut être que le mas-

sif du Zaccar-Chergui, confirmant ainsi l'hypothèse émise par Ficheur (7).

Le but de la présente note est l'étude des pointements triasiques découverts et de leur relation avec la minéralisation des eaux.

II. — LE TRIAS

A. **Situation.** — Au Nord-Est du « Grand Hôtel » des pointements de trias intrusif jalonnent une partie de la faille limitant au Nord l'affleurement principal du Sénonien d'Hammam-Righa.

Cette faille est orientée sensiblement de 15° vers le Nord, comptés à partir de l'Est et se trouve masquée en partie dans cette zone par des sédiments colluviaux.

Le pointement le plus important est situé au point de jonction de deux petits ravins, à environ cinq cents mètres au Nord-Est de l'établissement « Grand Hôtel », à l'extrémité Nord-Est des travertins déposés par les eaux thermo-minérales.

En se dirigeant de ce pointement dans la direction indiquée ci-dessus pour retrouver dans un ravin la faille mettant en contact le Sénonien schisteux et l'Helvétien détritique rouge, on rencontre successivement :

- un petit pointement rocheux de trias émergeant d'éboulis, présentant un faciès semblable au précédent et ne couvrant que quelques mètres carrés ;
- près du sommet d'une butte, des marnes bariolées avec quartz bipyramidés ;
- dans le ravin situé à l'Est de cette butte, la présence du trias se manifeste par diverses modifications apportées aux schistes Sénonien.

La carte schématique ci-après indique la situation précise de ces divers pointements.

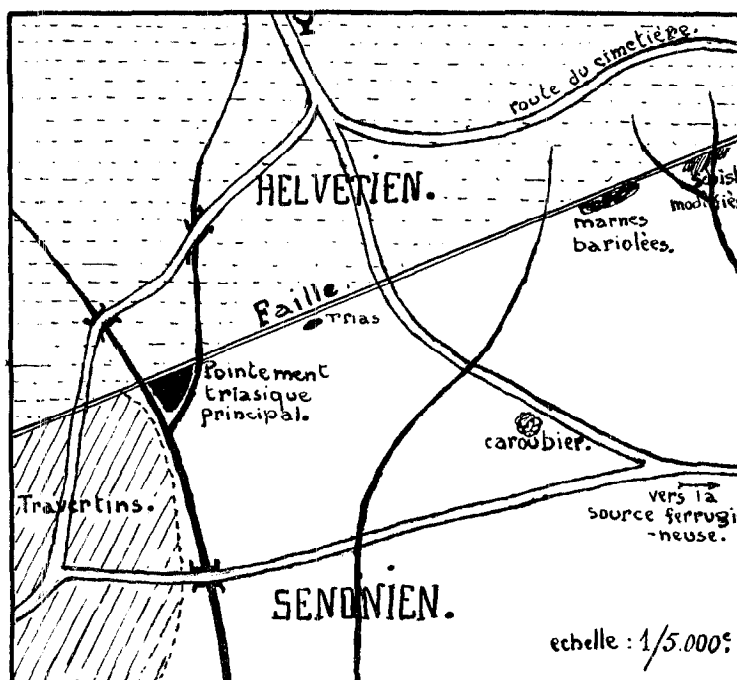


Fig. 1. — Situation des pointements triasiques d'Hamman-Righa.

B. Description et composition. — La constitution lithologique de ces pointements est semblable à celle du trias classique signalé de l'Ouest à l'Est dans la zone littorale tellienne en bordure sud du massif ancien :

Le premier pointement indiqué ci-dessus peut être pris comme type du trias en relation avec la faille déjà mentionnée. Ses caractères sont les suivants :

1. Il se présente sous forme d'un complexe rocheux perméable de couleur rouge plus ou moins violacée, accompagné de marne bariolée typique. Dans cet agrégat on reconnaît, englobés dans un ciment lie de vin, des débris de cargneules, des fragments de roches dolomitiques jaunâtres ou grisâtres, des quartz bipyramidés transparents ou opaques et des minéraux divers.

2. Au point de vue chimique, ce complexe bariolé est essentiellement dolomitique ainsi qu'il ressort des résultats analytiques ci-après, relatifs aux dosages des éléments essentiels le composant.

	Grammes pour 100	
	Echantillon n° 1	Echantillon n° 2
CO ³ Mg	37,835	35,296
CO ³ Ca	28,562	29,131
Fe ² O ³	2,291	2,544
Mn	0,021	0,045
Cl	0,028	0,032
SO ⁴	Néant	Néant

Qualitativement, il a été reconnu en outre, la présence du Sodium, Potassium, Cuivre, Zinc et Aluminium.

3. L'examen macroscopique des roches « emballées » dans le ciment montre :

- des cargneules jaunes,
- de petits fragments de schiste bleuâtre ne faisant pas effervescence avec HCl,
- des fragments plus ou moins volumineux de dolomie jaunâtre ou grisâtre, finement granuleuse ou pulvérulente dont la grosseur peut atteindre celle du poing, et contenant des cristaux d'oxyde de manganèse et de quartz bipyramidé.

Le dosage du fer et des carbonates alcalino-terreux d'une de ces dolomies nous a donné :

	Grammes pour 100
CO ³ Ca	33,892
CO ³ Mg	34,959
Fe ² O ³	0,840

Il faut noter qu'en dehors des matériaux triasiques formant partie de ce complexe on n'observe que des fragments de schiste

siliceux à faciès paléozoïque susceptibles d'être rattachés au substratum primaire du Zaccar-Chergui, situé à quelque distance à l'ouest et qui constitue le relief dominant de tout le pays. Ces éléments paléozoïques doivent être considérés comme des enclaves énallogènes emballées dans les extrusions triasiques (15).

En outre, aucune trace de roche éruptive n'a été reconnue dans ces pointements. Aucun élément ne vient donc ici apporter argument en faveur de l'hypothèse de la relation de ces sources thermales et des roches éruptives.

4. Il y a lieu de noter également la présence :

- peu fréquente des deux hydrocarbonates cuivreux : azurite et malachite,
- de pyrite de fer rencontrée dans un échantillon et qui se présente sous forme de petits cristaux rouillés du type cubique. La forme la plus courante est p, accessoirement on trouve p a'.
- de Franklinite dont la forme dominante des cristaux est a', ces derniers étant parfois modifié par b', et la macle a' étant fréquente,
- de dolomie présentant la forme du rhomboèdre simple,
- et de quelques rares amas de bitume de très petites dimensions.

Cette concomitance de sources thermales, de minéralisation et d'hydrocarbure a été signalée comme liée aux phénomènes triasiques (25 et 27).

III. — RELATION ENTRE LE TRIAS MINERALISE ET LES EAUX THERMO-MINERALES

La comparaison entre les éléments chimiques contenus d'une part dans les eaux d'Hammam-Righa et d'autre part dans le trias intrusif, fournit de précieuses indications sur l'origine de la minéralisation de ces eaux.

1. Les eaux minérales d'Hammam-Righa sont sulfatées calciques. Cependant il y a lieu, d'y distinguer deux types. Le premier qui est sulfaté calcique nettement caractérisé, accessoirement chloruré sodique, englobe les sources thermo-minérales ayant leurs

émergences dans la zone des établissements balnéaires. Le second, ainsi que l'a défini Mlle S. Guigue (26) est « mixte participant à la fois des caractères des sources bicarbonatées calciques et des sulfatées calciques ». Il est représenté par la source ferrugineuse et gazeuse située au Nord du village d'Hamam-Righa qui est surtout remarquable par sa forte teneur en CO² libre et en fer.

Pour plus de précision, il me paraît utile d'indiquer dans le tableau ci-après la composition chimique des eaux de ces deux types de sources. Ces résultats analytiques étant empruntés à l'étude de Mlle S. Guigue sur « les sources thermo-minérales de l'Algérie » (26, loc. cit.).

	<i>Type I</i> (Sources de la zone des établissements) Source 1 bis ou de l'Etablissement thermal	<i>Type II</i> Source ferrugineuse-gazeuse
	En Mgr. par litre	En Mgr. par litre
CO ² libre	71,5	2.250,6
Na	214,2	273,9
K	15,0	14,2
Ca	477,2	596,2
Mg	31,2	65,4
Cl	337,2	276,9
SO ⁴	1.074,9	1.073,0
CO ³	161,3	536,2
SiO ³	55,8	49,4
Extrait à 100°	2.613,0	3.214,6
Fe	pas déterminé	18,28

Afin de comparer ces eaux et fournir quelques éléments complémentaires aux considérations qui vont suivre, nous basant sur ces deux types de sources, nous indiquerons ci-après pour chacun d'eux, les valeurs de réaction en % des ions (caractéristique de Stabler), et des différents sels associés (représentation graphique de R. Frey (22)).

Valeur de réaction %	Type I Source 1 bis ou de l'Établissement thermal	Type II Source ferrugineuse-gazeuse
1° des ions...	r. K = 0,51 r. Cl = 12,90 r. Na = 12,66 r. SO ⁴ = 30,45 r. Ca = 32,44 r. CO ³ = 7,30 r. Mg = 3,53	r. K = 0,37 r. Cl = 8,11 r. Na = 12,37 r. SO ⁴ = 23,20 r. Ca = 31,00 r. CO ³ = 18,58 r. Mg = 5,66
2° des différents sels ..	r. KCl = 1,02 r. NaCl = 24,78 r. SO ⁴ Na ² = 0,54 r. SO ⁴ Ca = 60,36 r. CO ³ Ca = 4,52 r. CO ³ Mg = 7,06	r. KCl = 0,74 r. NaCl = 15,48 r. SO ⁴ Na ² = 9,26 r. SO ⁴ Ca = 37,14 r. CO ³ Ca = 24,86 r. CO ³ Mg = 11,32

2. Pour expliquer l'origine de la minéralisation de ces eaux on a pensé (5, 7, 19, 26) à des phénomènes de dissolution qui s'effectueraient dans les terrains d'âges secondaire ou tertiaire traversés ou encore à l'action de roches éruptives. La présence de trias intrusif dans l'une des failles d'Hammam-Righa fournit une explication plus rationnelle de cette minéralisation.

En effet, ainsi que nous l'avons montré (23, loc. cit.) les eaux d'Hammam-Righa ont une commune origine liée aux failles de cette station et dont le bassin d'alimentation est le Zaccar-Chergui. Il ne peut donc être question de lessivages des couches crétacées ou tertiaires, toutes imperméables, qu'on a supposé être traversées par les eaux d'infiltration.

La minéralisation de ces eaux est liée à leur origine triasique.
Aux arguments géologiques s'ajoutent ceux tirés de l'analyse chimique des eaux comparée à celle du trias.

Toutefois, il faut noter deux faits qui montrent que le phénomène est complexe. Ce sont, d'une part l'absence dans le trias extrusif de l'ion (SO⁴) qui constitue l'élément de base de la minéralisation de ces eaux, d'autre part la présence de CO² en proportion parfois élevée dans certaines sources, notamment lorsqu'elles sont captées au griffon.

Nous examinerons successivement deux hypothèses qui, d'après nous, permettent d'expliquer l'origine et le processus de la minéralisation de ces eaux thermo-minérales.

a) Première hypothèse. — La minéralisation provient de la dissolution par les eaux des éléments empruntés au trias.

En faveur de cette hypothèse nous remarquons :

— Une nette prédominance du CO_3Mg sur le CO_3Ca dans les éléments rocheux du trias. Ceci peut s'expliquer aisément par la différence de solubilité de ces deux sels. Le second l'étant beaucoup plus que le premier a donc été plus facilement éliminé.

— L'absence de l'ion (SO_4^{2-}) dans les pointements triasiques pourrait encore être liée à une question de solubilité dans l'eau. Le sulfate de chaux étant beaucoup plus soluble que les carbonates de Ca et de Mg aurait été éliminé par lessivage.

— La présence de sulfate de chaux dans les eaux pourrait être attribuée à la dissolution du gypse triasique existant dans le Zaccar-Chergui (7, 10 et 11) et qui doit être probablement traversé par les eaux au cours de leur cheminement vers Hammam-Righa.

Deux points demeurent toutefois obscurs :

— La présence de chlorures non dissous dans les éléments rocheux des pointements triasiques alors que les sulfates auraient été éliminés,

— L'abondance de CO_2 à l'état libre dans les eaux.

Cette hypothèse est donc insuffisante.

b) Seconde hypothèse. — La minéralisation est le résultat, au contact du trias, de phénomènes de dissolution et de réactions chimiques.

Cette hypothèse permet d'expliquer d'une manière satisfaisante l'origine de la minéralisation de ces eaux ainsi que les observations précédemment formulées à son sujet.

On peut admettre ici la succession des phénomènes décrits pour de nombreuses sources thermales : l'eau rencontrant les pyrites du trias les décompose, cette décomposition libère l'ion (SO_4^{2-}) qui attaque le carbonate de chaux en donnant du CO_2 libre et du sulfate de chaux.

En faveur de cette hypothèse nous noterons la présence dans le Zaccar-Chergui de gîtes de minerai de fer liés au trias (11, loc. cit.).

Il ne faut cependant pas exclure la possibilité de dissolution par les eaux du gypse triasique dont la présence plus à l'Ouest a été déjà signalée. Il paraît, au contraire, probable que les deux phénomènes : dissolution et réactions chimiques doivent coexister.

Les phénomènes de dissolution expliquent donc la présence dans les eaux :

1. D'une partie du sulfate de chaux, l'autre partie étant le résultat de réactions chimiques,
2. Des carbonates alcalino-terreux,
3. Des chlorures, du fer, de la silice, du sodium et du potassium.

Cette dissolution d'éléments triasiques est accentuée par la présence de CO_2 , ce qui explique que les carbonates terreux sont en quantité trois fois plus forte environ dans la source ferrugineuse-gazeuse que dans les autres sources, cette source contenant ainsi que nous l'avons vu, une forte teneur en CO_2 libre (2,25 gr. par litre).

IV. — ACTION SUR LA VEGETATION DES SELS CONTENUS DANS LES EAUX MINERALES UTILISEES EN IRRIGATION

Il nous semble utile de signaler dans cette note que l'utilisation de ces eaux en irrigation (après refroidissement lorsqu'il s'agit des eaux thermales), n'a aucune action dépressive sur les cultures maraîchères, fourragères, arbustives ou florales quelles qu'elles soient.

Ceci peut être attribué à la fois : d'une part à la faible concentration de ces eaux en sels nocifs, d'autre part à la coexistence de plusieurs sels dans ces eaux, leur dissociation, leurs actions réciproques réduisant dans ce cas la toxicité (notamment lorsqu'il y a concentration accidentelle de sels dans le sol, par suite d'évaporation) ; enfin, à la perméabilité satisfaisante des sols irrigués.

V. — CONCLUSION

Les eaux thermo-minérales d'Hammam-Righa en provenance du Zaccar-Chergui, sont intimement liées aux failles d'Hammam-Righa et au trias intrusif qui est le siège de phénomènes de dissolution et de réactions chimiques. Ces phénomènes sont à l'origine de la minéralisation de ces eaux et peut-être aussi en partie de leur thermalité.

Septembre 1947.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — 1889 — VILLE (Service des Mines). — Notice sur les sources thermales et minérales de l'Algérie.
- 2 — 1899 — DE LAUNAY (L.). — Recherche, captage, aménagement et origine des sources thermales. Paris.
- 3 — 1900 — Congrès International d'Hydrologie. Alger.
- 4 — 1903 — PERVINQUIERE (L.). — Etude géologique de la Tunisie centrale. Thèse, Fac. des Sciences, Paris, 1903.
- 5 — 1906 — GAUTIER (A.). — La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le volcanisme. Annales des Mines. Mars.
- 6 — 1910 — FICHEUR (E.). — Sur les relations des sources thermales de l'Algérie avec certaines formations géologiques. Alger.
- 7 — 1910 — FICHEUR (E.). — Note géologique sur les sources thermales d'Hammam-Righa, Alger.
- 8 — 1911 — HANRIOT. — Les eaux minérales de l'Algérie. Paris, Dunod et Pinot.
- 9 — 1913 — SAVORNIN (J.). — Les Barèges algériens. Bull. Soc. Géogr. Alger.
- 10 — 1916 — BRIVES (A.). — Des relations du trias et des gîtes métallifères de l'Algérie. C. R. Paris, 1916, t. 162.
- 11 — 1918 — BRIVES (A.). — Contribution à l'étude des gîtes métallifères de l'Algérie. Carbonel, Alger, et Publ. Fac. Sciences, Université Alger.
- 12 — 1921 — EHRMANN (F.). — Des relations du trias autochtone avec les accidents tectoniques dans la Kabylie des Babors. C. R. Soc. G. F., 18 avril.
- 13 — 1922 — EHRMANN (F.). — De la situation du trias et de son rôle tectonique dans les Babors. B.B.S.G.F., 4^e série, t. XXII, p. 36-37.
- 14 — 1922 — EHRMANN (F.). — Les richesses thermo-minérales de l'Algérie. Bull. Soc. Géogr. Alger et Afrique du Nord.
- 15 — 1922 — BRIVES (A.). — Des relations du trias et des roches éruptives tertiaires en Algérie. C. R. XIII^e Congrès Int. de Bruxelles, 1922, t. 2, p. 815.
- 16 — 1927 — BERTHON (L.). — Etude sur les sources thermo-minérales de la Tunisie (1^{re} partie).
- 17 — 1928 — DALLONI (M.). — Observations géologiques sur les eaux minérales et thermales de l'Algérie. Congrès de l'eau, Alger.
- 18 — 1928 — CHASSEVANT. — Eaux potables et eaux minérales d'Algérie. Congrès de l'Eau, Alger, janvier.
- 19 — 1929 — SAUGIER (F.). — Etude sur la radioactivité et les propriétés physico-chimiques des eaux d'Hammam-Righa. Thèse. Fac. Sciences, Alger, mention pharmacie, juin.
- 20 — 1931 — SAVORNIN (J.). — La Géologie nord-africaine, etc... Coll. Cent. Algérie, 1931.

- 21 — 1932 — GLANGEAUD (L.). — *Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger*. Bull. du Service de la Carte géol. de l'Algérie, n° 8.
 - 22 — 1933 — FREY (R.). — *Notes et mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, n° 26.
 - 23 — 1938 — CHARLES (G.). — *Etude géologique des eaux d'Hamam-Righa*. Fac. des Sciences, Alger. Diplôme d'études supérieures Sciences naturelles.
 - 24 — 1939 — BENHAMOU (Ed.). — *Hydrologie algérienne*. Collection Hygiène et Santé. Imp. Minerva, Alger.
 - 25 — 1939 — EHRMANN (F.). — *Du rôle actif et passif du trias gypso-minéralisé dans la genèse des sources thermales ou thermo-minérales, des gîtes métallifères et des hydrocarbures des terrains secondaires et tertiaires de la Kabylie et des Babors*, 1^{re} et 2^e notes. Cong. Soc. Sav., Liège, 1939.
 - 26 — 1940 — GUIGUE (S.). — *Les sources thermo-minérales de l'Algérie*. Etudes Géo-chimiques. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 5^e fasc. t. 1.
 - 27 — 1943 — ERHMANN (F.). — *Contribution à l'étude de l'Adrar Guel-daman et des régions avoisinantes (Akbou)*. Bull. Sté d'Hist. Naturelle de l'Afrique du Nord, t. 34, février.
 - 28 — 1946 — MORET (L.). — *Les sources thermo-minérales*. Hydrogéologie. Géochimie. Biologie. Masson et Cie, éditeurs.
-