

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA : APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

Lounis SAMI^{*et}, Omar KOLLI^{**}, Abdelhak BOUTALEB^{**} et Rabah LAOUAR^{***}**

RÉSUMÉ

Le Djebel Mesloula constitue l'un des meilleurs exemples des pièges des concentrations minérales situées dans les formations calcaires d'âge aptien supérieur, renversées au contact du Trias. Ces formations sont des calcaires récifaux qui ont subi une silicification hydrothermale intense et une légère dolomitisation.

Du point de vue structural, le Djebel Mesloula constitue l'une des structures atlasiques à cœur triasique. C'est un anticlinal à structure très compliquée. Il est marqué par des accidents à jeux différents dont les accidents majeurs sont de direction NE-SW.

L'étude de la minéralisation montre une paragenèse minérale globale constituée de galène, cuivre gris, sphalérite, pyrite, barytine, dickite, quartz, calcite, dolomite, malachite, azurite et hydrozincite. Elle est essentiellement localisée sur le flanc nord. Elle présente une morphologie assez variée :

- sous forme de dissémination de galène ou de cuivre gris dans les calcaires récifaux. Dans le cas de M'Zeïta, la galène est souvent associée à la sphalérite;
- sous forme de filons et filonnets à remplissage de barytine, galène et calcite;
- sous forme d'amas de barytine en remplissage de poches irrégulières et de cavités de dissolution.

L'étude microthermométrique des inclusions fluides contenues dans les calcites, barytines et quartz montre, qu'il s'agit d'un fluide chaud avec des T_{fg} de l'ordre de -23 °C et des T_h de l'ordre de 170 °C, salé avec une salinité comprise entre 22,66 à 28 % équivalant NaCl. Les températures eutectiques des inclusions comprises entre -50 et -52°C, indiquent la présence de cations autres que Na⁺ tel que le Ca⁺⁺. Cette étude microthermométrique montre que le fluide minéralisateur serait un fluide de bassin, chaud à salinité élevée. Ce fluide aurait subi un phénomène de dilution au cours de son évolution.

L'étude des halogènes réalisée par la méthode de Crush Leaching, montre que le fluide responsable de la mise en place de ces minéralisations est un fluide résiduel issu de la dissolution de la halite.

* Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (Algérie). E-mail : smlounis@yahoo.fr

** Laboratoire de Métallogénie et Magmatisme de l'Algérie, FSTGAT/USTHB, BP. 32 El Alia, Alger-16111, Algeria.

*** Université Badji Mokhtar, BP. 12, El Hadjar, 23 000 - Annaba (Algérie).

- *Manuscrit déposé le 07 Mai 2012, accepté après révision le 13 Août 2012.*

Les études sur les isotopes stables du soufre, de l'oxygène et du carbone montrent une origine commune du soufre qui dériverait de la réduction thermochimique des sulfates triasiques et une source inorganique du carbone provenant probablement des roches carbonatées locales. Ces résultats militent en faveur d'un fluide qui proviendrait des eaux de formation.

Le modèle génétique de mise en place de ces minéralisations est similaire au modèle de formation des gisements du type Mississippi Valley Type (M.V.T).

Mots-clés - Aptien récifal - Minéralisation périadiapirique - Inclusions fluides - Isotopes stables - Halogènes - MVT - Mesloula.

**GEOCHEMICAL FEATURES OF THE Pb-Zn, Cu ET Ba
MINERALIZATION OF THE MESLOULA MASSIF PROSPECT
(MELLEQUE MOUNTS, N.E. ALGERIA):
CONTRIBUTION OF MICROTHERMOMETRY, HALOGENS
AND STABLE ISOTOPES STUDIES.**

ABSTRACT

The Mesloula massif is a part of the Eastern Saharan Atlas geological structure. It is made up by sedimentary formations of Triassic to Quaternary age. The Triassic formations outcrop as diapiric extrusion in the middle of the Oued Kebarit-Mesloula anticline.

Aptian occupies the most outcrops in the region. It is found in middle of anticlinal structures and the close vicinity of the Triassic formations. The Aptian limestones present reef sedimentation character.

The mineralization of this massif is very similar to the mineralizations known along the North African metallogenic belt.

This mineralization shows three types of ores : (a) dissemination of galena and tetrahedrite in Aptian limestones in M'Zeïta. Galena is often associated with sphalerite (b) vein mineralization with barite, galena and calcite and c) Barite in the pile and space-filling.

Fluid inclusion (FI) studies on calcite, barite and quartz crystals show salinity values varying from 22,66% to 28% eq. NaCl. The high homogenization temperatures (170°C) and ice melting temperatures is -23°C. Eutectic temperatures comprised between -50 and -52°C indicate the presence of cations other than Na⁺, such as Ca⁺⁺.

All microthermometric investigations indicate that the mineralizing fluid is a basin fluid with high salinity. This fluid would undergo a dilution phenomenon during its evolution.

All investigated samples, by Crush leaching (Halogens) method, give high yields when crushing and extracting the salts are indicating an overall high salinity. An important feature of the fluid composition is the general low Br-content. Shows that the majority of the investigated samples are situated on the halite dissolution trend, that means that the fluids acquired their salinity by the dissolution of halite. Cl/Br ratios indicate residual liquid derived from the halite dissolution.

Stable isotope data (S, O, and C) indicate: (a) a common source of sulphur derived most likely from thermochemical reduction of the local Triassic sulphates; (b) an inorganic origin of carbon derived from the host carbonates; and (c) formation water (brines) is the source of the mineralizing fluids.

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

The mineralogical and geochemical studies confirm the epigenetic character of the mineralization. They are comparable to MVT deposits. The fluid responsible for the implementation of the mineralization is a basinal fluid that would undergo a process of dilution. This is in agreement with the Late Alpine tectonic history of that area.

Keywords - Aptian limestones - Peridiapiric mineralization - Halogen - Fluid Inclusions - Stable isotope - Mesloula - Mississippi Valey type.

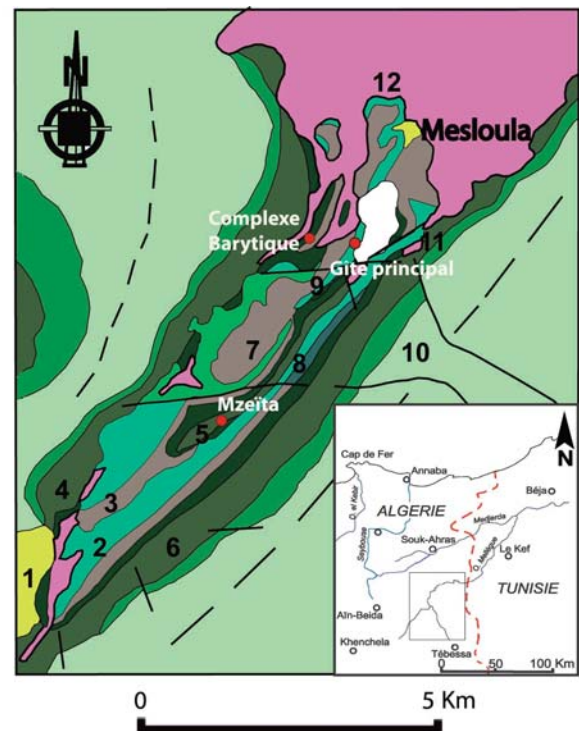
I- PRÉSENTATION

Le Djebel Mesloula est situé au NW du fossé d'effondrement de Morsott, à environ 8 km d'El Aouinet. Il s'agit d'un anticlinal allongé suivant la direction atlasique NE-SW, sur une longueur qui dépasse 15 km. Ce massif de Mesloula a été divisé en 12 panneaux selon un découpage naturel (fig. 1).

Du point de vue stratigraphique (fig. 1), il est constitué par des séries sédimentaires du Crétacé, dont le cœur est occupé par le Trias diapirique. Du point de vue tectonique, le Djebel Mesloula est bordé par deux accidents, celui de Bardo au NW et celui de Mesloula au SE, qui sont orientés dans la même direction.

La structure actuelle de Djebel Mesloula est le résultat de l'interaction dans le temps, de la compression SE-NW, de la poussée triasique ainsi que de la tectonique cassante. Dubourdiou (1959) suppose que cette tectonique est contrôlée par une certaine zone instable qui existait déjà et était active par intermittence. La direction de cette zone représente la direction de l'axe de déformation NE-SW.

Les difficultés d'interprétation du complexe structural dérivent de la structure compliquée de l'anticlinal. Les plissements qui datent de l'Éo-Miocène (Dubourdiou, 1956, 1959; Blès, 1969; Vila, 1980; Kazi-Tani, 1986) auraient affecté l'anticlinal naissant par une tectonique cassante, longitudinale et auraient, à l'aide du diapirisme, fait basculer dans un mouvement dextre la partie centrale de la structure, qui s'est individualisée pour donner le Selakh.



LÉGENDE

Quaternaire	Couverture albo-aptienne des calcaires récifaux
Miocène	Calcaires récifaux aptiens
Turonien-Sénonien (marnes)	Infracrétacé anté récifal
Cénomano-Turonien (calcaire)	Trias
Vraconien-Cénomaniens (marnes)	Contact anormal (faille)

Fig. 1 - Carte géologique du Djebel Mesloula (Dubourdiou, 1959 modifiée).

Geological sketch map of the Mesloula massif (Dubourdiou, 1959 modified).

1: Mesloukh; 2: Bekaïz; 3: Dj. Assa; 4: Dehar-Mesloula; 5: M'Zeïta; 6: Boumeslane; 7: Dj. Bardo; 8: Selekh; 9: Kef Bouguern; 10: Guebal Mesloula; 11: Bouguern; 12: Argoub Er Ressa.

Le resserrement de la structure accentue cette rotation et pousse la masse plastique triasique dans la charnière anticlinale. La poussée du Trias provoque alors la cassure de la couche récifale en deux blocs distincts, actuellement représentée par M'Zeïta et son prolongement NE et le Djebel Bardo-Bouguern.

Les phénomènes de diapirisme, de plissement et de la tectonique cassante individualisent alors trois panneaux qui évoluent séparément (Dubourdiou, 1959):

- le panneau Selekh: en position monoclinale, subverticale au SW, se redresse progressivement vers le NE sous l'effet de la poussée triasique, s'affaisse puis disparaît sous les épanchements triasiques;
- le panneau Assa-M'Zeïta et son prolongement NE, coupé du Selekh par l'accident SE de Mesloulou, il ne présente plus une structure monoclinale. Il est cisailé par des accidents longitudinaux secondaires en compartiments qui évoluent au gré des poussées triasiques;
- le panneau Bardo-Bouguern représente le membre le plus occidental de la barrière aptienne, dans cette partie centrale de la structure de Mesloulou. Ce panneau occupait donc au début du Miocène, une position plus basse et ce n'est que plus tard qu'il occupe le sommet de l'édifice.

II- MINÉRALISATIONS

Les minéralisations du Djebel Mesloulou comprennent le gîte principal (Pb-Zn et Cu), les indices de Argoub Er Ressay (Pb), du petit mamelon (Pb-Zn et Cu), de Ben Aouied (Pb-Zn), de Kef Bouguern (Ba et Cu), du Bardo (Pb-Zn), du Selekh (Pb-Zn), d'Assa et de M'Zeïta (Pb-Zn et Cu). Toutes ces minéralisations sont portées par les calcaires aptiens dolomités et fortement silicifiés. Elles se présentent en amas ou sous forme de petites disséminations dans le calcaire ou encore en remplissage de fractures et de cavités.

L'étude des indices du complexe barytique au NE (Kef Bouguern), à proximité du village minier, montre une minéralisation essentiellement barytique au niveau du complexe barytique. Elle se localise dans les fractures et au sein des brèches (tectoniques et intraformationnelles). Elle est constituée essentiellement de la barytine avec un peu de galène et de cuivre gris. La morphologie de la minéralisation se présente sous plusieurs aspects : sous forme de poches irrégulières, sous forme de veinules et en disséminations dans les calcaires dolomités et silicifiés.

Macroscopiquement, la silicification apparaît sous forme de grains de quartz fumés automorphes, de taille pouvant aller de quelques millimètres jusqu'à un centimètre.

L'étude microscopique de la minéralisation montre une association minérale composée par de la calcite qui apparaît sous trois générations.

L'observation microscopique montre bien que le gros quartz fumé (Q II) est le plus répandu et le plus apparent. Il se présente toujours en sections automorphes, prismatiques et en sections basales, à inclusions de carbonate (figs. 2 et 3). Ces quartz ont

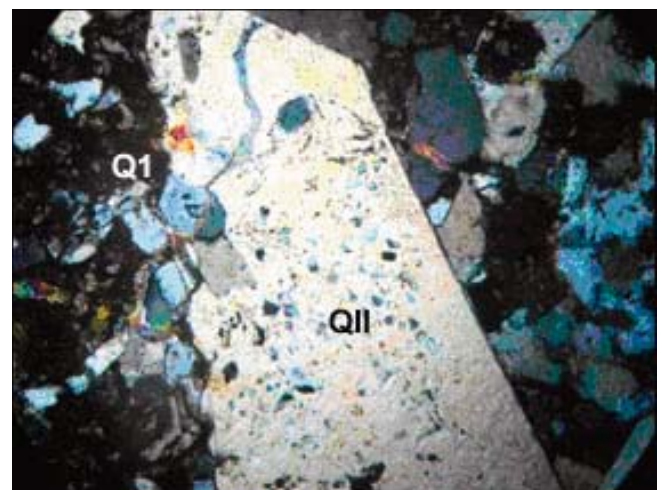


Fig. 2 - Aspect microscopique du quartz fumé (Q II) à tendance automorphe poussant sur le quartz I (Q I)
Lame mince, LPA. G.X 10

***Automorphic smoky quartz (Q II) growing on xenomorphic quartz grain (Q I).
Thin section, analyzed polarized light, Enlargement x 10***

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
 APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

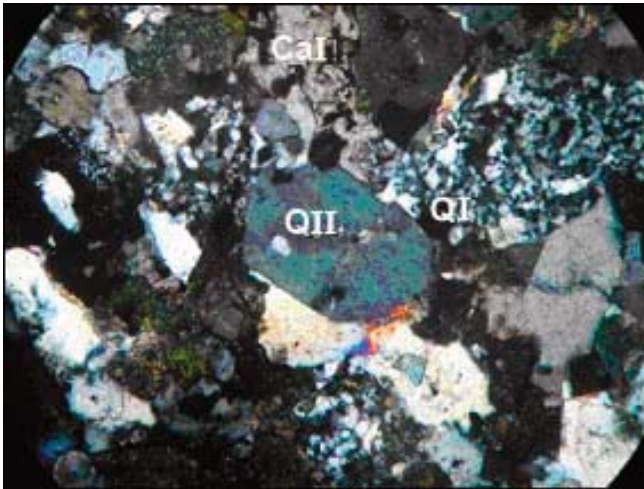


Fig. 3 - Gros quartz automorphe (Q II) surimposé sur les petits quartz (Q I)
 lame mince, LPA. G.X 10

Automorphic quartz (Q II) overprinting calcedonic grain quartz (Q I).
Thin section, analyzed polarized light, Enlargement x 10

une très nette tendance à l'automorphie et une tendance généralisée au remplacement du carbonate.

Le quartz I (QI) (figs. 2 et 3), se présente sous forme de quartz calcedonieux de très petite taille (10 à 60 µm). Ce quartz présente une structure en mosaïque très nette. Il apparaît sous forme de remplissage de poches plus ou moins rondes. Parfois, l'observation montre que ces quartz ont tendance à croître et à remplacer les carbonates. Il apparaît aussi, que ce dernier a une tendance à être recoupé par le quartz automorphe. Dans certains cas, il se présente en inclusions dans les grains de quartz automorphes.

Associé à la calcite et au quartz, la barytine constitue un minéral très répandu. Elle se présente en grandes masses dans les zones de fracture et de broyage ou remplaçant le calcaire dolomitisé et silicifié. Elle se développe aussi dans les géodes.

L'observation microscopique révèle la présence de deux générations de barytine. Une barytine I à gros grains ou en grandes lattes allongées et rayonnantes qui remplace le quartz II et

la calcite I. Elle est souvent bréchifiée et cimentée par la calcite II tardive ou par de la barytine II, qui apparaît en petites baguettes allongées et rayonnantes issues de la recristallisation de la barytine I (figs. 4 et 5). Elle se développe à partir des fractures et remplace le calcaire bréchifié. Elle est recoupée par des fractures à remplissage de calcite III.

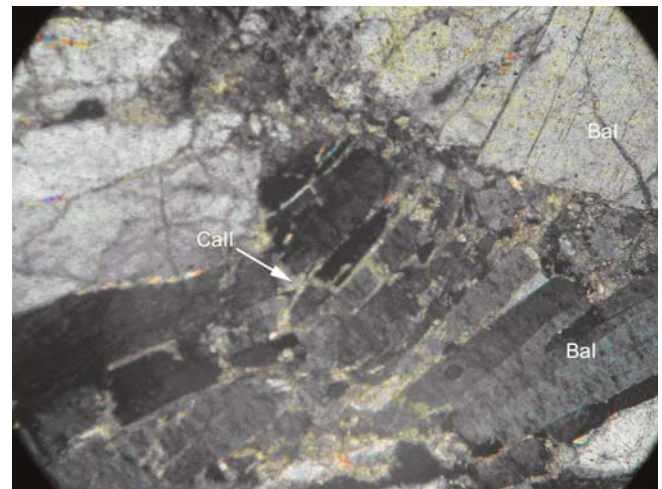


Fig. 4 - Barytine I (Ba I) bréchifiée, cimentée par la calcite II (Ca II).
 lame mince, LPA. G.X5

Breccia Baryte (Ba I), cemented by Calcite II.
Thin section, analyzed polarized light, Enlargement x 5

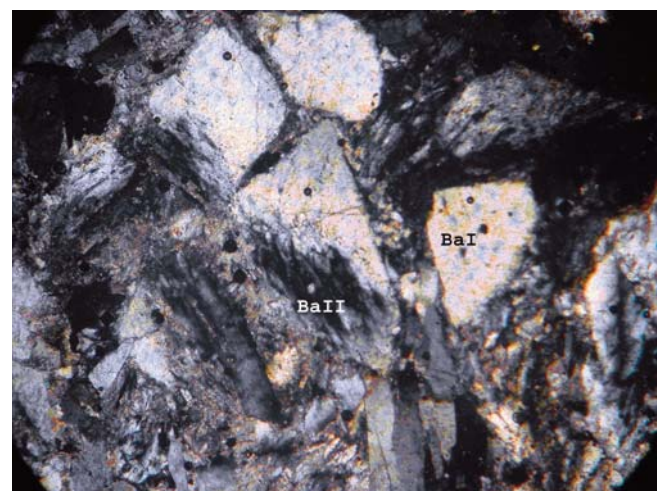


Fig. 5 - Fragments de barytine I (Ba I) pris dans une matrice recristallisée de barytine II
 lame mince, LPA. G.X5

Baryte I recrystallized in baryte II (Ba II).
Thin section, analyzed polarized light, Enlargement x 5

La Galène quant à elle, se présente soit sous forme de grains de taille variable disséminés dans les calcaires, soit au sein des fractures associée à la calcite. Au microscope, elle apparaît sous forme de plages ou de cubes entourés de halos de cérusite. Elle se trouve en association avec la barytine et le cuivre gris. Parfois, elle renferme des inclusions de pyrite.

Par ailleurs, le cuivre gris apparaît sous forme de grains automorphes de taille variable, millimétrique à centimétrique disséminé dans les calcaires. Il est souvent associé à la barytine II. Il présente souvent des auréoles d'altération en malachite et azurite.

Le tableau I résume la succession paragéné-tique probable du complexe barytique.

Tableau I - Succession paragéné-tique probable du complexe barytique (Mesloulou).

Paragenetic succesion from barytic complex (Mesloulou)

	Diagénétique	Epigéné-tique				Supergène
Calcite	CaI				CaII	CaIII
Quartz	QI	QII				
Barytine				BaI	BaII	
Pyrite	Py					
Galène		Ga				
Cuivre gris					Cg	
Cérusite						
Azurite						
Malachite						
Oxydes de fer						

III- CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE

Pour cerner les caractères géochimiques des minéralisations étudiées, nous avons tenté plusieurs approches, notamment, les analyses des halogènes (Crusch-leaching), la microthermo-métrie des inclusions fluides et les analyses des isotopes stables (O, H, S et C).

A - Analyses des halogènes

Cette méthode analytique consiste à déterminer la composition chimique du soluté. Les échantil-lons minéraux à analyser sont broyés en utilisant un mortier d'agate. Un (01) gramme d'échantillon préalablement bien nettoyé et 5 ml de solution de lixiviation sont mélangés et finement broyés dans le mortier. La solution de lessivage filtrée est ana-lysée par chromatographie d'ions à l'aide d'un sys-tème Diomex (DN-500) avec un filtre à membrane.

Le but de cette méthode est de caractériser le fluide minéralisateur. En effet, la composition chimique des paléo-fluides peut être utilisée comme traceur géochimique dans l'étude de la signa-ture originale des différents fluides types des in-closures fluides. Le dosage des éléments comme F, Cl, Br, I, Na, K, Ca, etc..., peut contribuer subs-tantiellement à la connaissance de l'origine des fluides minéralisateurs.

En effet, le rapport Cl/Br est très constant lors d'éventuelles réactions fluides/roches. Ce rapport constitue un traceur assez fiable pour la caractérisation des fluides.

Le rapport Cl/Br de l'eau de mer est évalué à 600, celui des fluides résiduels issu de la disso-lution de la halite est largement supérieur à 600, celui des fluides résiduels des saumures permet-tant la précipitation de la halite est inférieur à 600 (fig. 6).

Land et Prezbindowski (1981) ainsi que Car-penter (1986) ont montré que la recristallisation de la halite en présence d'un fluide saturé, libé-rera du Br.

Dans le cas des minéralisations du Djebel Mes-loulou, quatre échantillons (barytine 02, quartz fumé 01 et dolomie triasique 01) ont été prélevés (tabl. II) et analysés par cette méthode de «Crush-Leach» décrite par Bottrell et *al.* (1988). Ces échantillons ont été traités au laboratoire du Professeur Walter Prochaska, Department of Applied Geological Sciences (Leoben University, Austria).

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

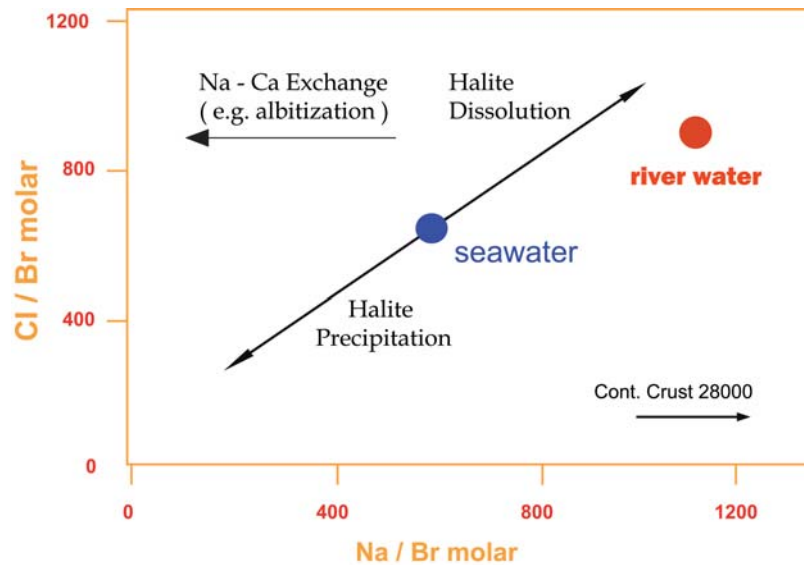


Fig. 6 - Diagramme CI/Br versus Na/Br montrant la dissolution et la cristallisation de la halite (Prochaska, 2001)

Diagramm CI/Br versus Na/Br showing halite dissolution and crystallization (Prochaska, 2001)

La lecture du tableau II fait ressortir que :

- à l'exception de l'échantillon des dolomies triasiques qui donnent une teneur en Br de 254,3 ppb, jugée forte, tous les autres échantillons présentent des valeurs faibles qui varient entre 20,2 ppb et 43,6 ppb. Ceci indique que le fluide res-

ponsable de la mise en place de la minéralisation dans ces secteurs est issu d'un liquide résiduel issu de la dissolution de la halite. Alors que pour les dolomies triasiques, ce liquide serait issu de la précipitation de la halite. Cela semble être logique étant donné que cette dolomie fait partie du cap rock triasique;

Tableau II - Résultats d'analyses des halogènes du Djebel Mesloul

Analyses results of halogens from the Mesloul Mount

Ech.	Nature	Li (ppb)	Na (ppb)	K (ppb)	Mg (ppb)	Ca (ppb)	F (ppb)	Cl (ppb)	Br (ppb)	Na mol	Cl mol	Br mol	Na/Br mol	Cl/Br mol
Mesloul														
MS1Q*	Quartz fumé	8,1	4358	603	1199	13067	61	8731	26,5	190	246	0,331997805	571	742
MS17B**	Barytine	0,8	13312	973	384	15785	157	24791	43,6	579	699	0,545245192	1062	1282
MS23B**	Barytine	0,7	5982	354	272	3251	23	10408	20,2	260	294	0,252744661	1029	1162
Dol 24	Dolomie triasique	18,6	4551	1318	22921	38077	338	17007	254,3	59	151	3,182953202	59	151
Miss.			61100					150700	1070,0	2658	4251	13,39106928	198	317
River water			6300	2300			100	7800	20,0	274	220	0,25030036	1095	879
Sea Water			10556	392	1290	412		18890	65,0	459	533	0,813476171	564	655
rain water			400	30				500	30,0	17	14	0,375450541	46	38
Water Sample		949	1400500	71500	79800	370600	1320	222800	957	60918	62884	11,27	5088	5249

- les rapports Cl/Br des échantillons analysés donnent des valeurs supérieures à 600. Ils varient entre 742 à 1282, ce qui indique que le fluide responsable de la mise en place des minéralisations de ce secteur, dériverait d'un liquide résiduel issu de la dissolution de la halite et non de sa recristallisation.

La projection de ces résultats sur un diagramme Cl/Br versus Na/Br, montre bien que ces minéralisations sont semblables à celles des MVT, (les résultats se projettent sur le même trend) (fig. 7). Ces résultats montrent que le fluide responsable de la mise en place des minéralisations est un fluide de bassin

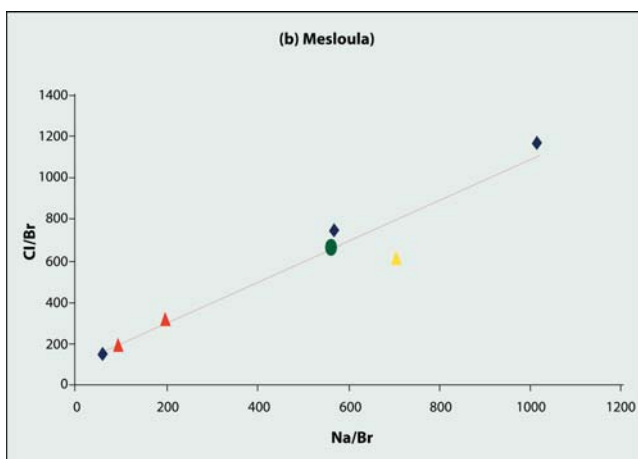


Fig. 7 - Diagrammes Cl/Br versus Na/Br des indices étudiés

Diagrams C I/Br versus Na/Br from area study

B - Microthermométrie des inclusions fluides

L'étude des inclusions fluides des minéraux transparents (fluorite, barytine, sphalérite, carbonate, quartz) des gîtes de type « Mississippi Valley ou M.V.T. » a été caractérisée depuis le début des années cinquante par microthermométrie et microanalyse.

Les études d'inclusions fluides, en parallèle avec d'autres méthodes (la géochimie, la pétrographie organique, et les isotopes stables) ont un double objectif, celui :

- de caractériser les fluides piégés (composition, densité) pour en déduire les conditions de température et de pression du piégeage et de déterminer la source des fluides;

- d'élaborer le ou les modèles génétiques.

Dans la région des diapirs, plusieurs études ont été réalisées par le passé dans ce but. Parmi elles, on citera, celles effectuées sur les inclusions fluides de quartz et dolomites, associés aux diapirs nord tunisiens (Perthuisot, 1978; Laatar, 1980; Guilhaumou et al., 1988; Smati, 1986; Hatira, 1988), les travaux de Paraire-Akrour et al. (1991), qui ont portés sur les inclusions fluides des fluorites de l'Ouenza, de Mesloulou et de Hammeimat ed Dahra, ceux de Bouzenoune (1993), sur les inclusions multiphasées contenues dans les barytines, fluorite et les quartz de Koudiat de Douamis, les travaux de Diane et Perthuisot (1996) qui ont portés sur les inclusions fluides primaires de la calcite associée aux minéralisations Pb-Zn du Djebel Mesloulou et enfin, l'étude microthermométrique des inclusions fluides primaires contenues dans les cristaux de quartz associés aux sulfures et sulfates tardifs dans le secteur d'El Ouasta (Haddouche, 2003 et Haddouche et al., 2004).

Toutes ces études montrent que ces minéralisations appartiennent au grand groupe des «MVT».

Dans le cas des minéralisations étudiées, trois (03) échantillons de quartz fumé, barytine et de calcite ont été sélectionnés. Ces échantillons ont été préparés au Laboratoire de Métallogénie et Magmatisme de l'Algérie de FSTGAT/USTHB et analysés au Laboratoire de Pétrologie et des Inclusions Fluides (LPIF), Université de Cergy-Pontoise, France. Une platine de chauffage/refroidissement, LINKAM THMS G600, a été utilisée. Elle présente une large gamme de température (-196° à plus de 600°C).

L'étude a porté sur des cristaux de quartz, de barytine et de calcite. Tous ces minéraux ont mon-

Les températures eutectiques de ces inclusions biphasées aqueuses sont, dans tous les cas, nettement inférieures à l'eutectique du système NaCl-H₂O (-20, 8° C). Elles sont comprises entre -50 et -52°C. Habituellement ces températures sont attribuées à la présence de cations divalents autres que Na⁺ comme Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ (Borisenski, 1977; Crawford, 1981; Roedder, 1984) et sont caractéristiques du système ternaire H₂O-NaCl-CaCl₂.

Ces résultats sont schématisés sur les diagrammes Th versus fréquence et Tfg versus fréquence (fig. 9) et Th versus Tfg (fig. 10).

Les valeurs des Thh, ainsi que celles des Tfg correspondantes (fig. 11), sont projetées sur le diagramme ternaire de Vanko et al. (1988), modifié par Oakes et al. (1990).

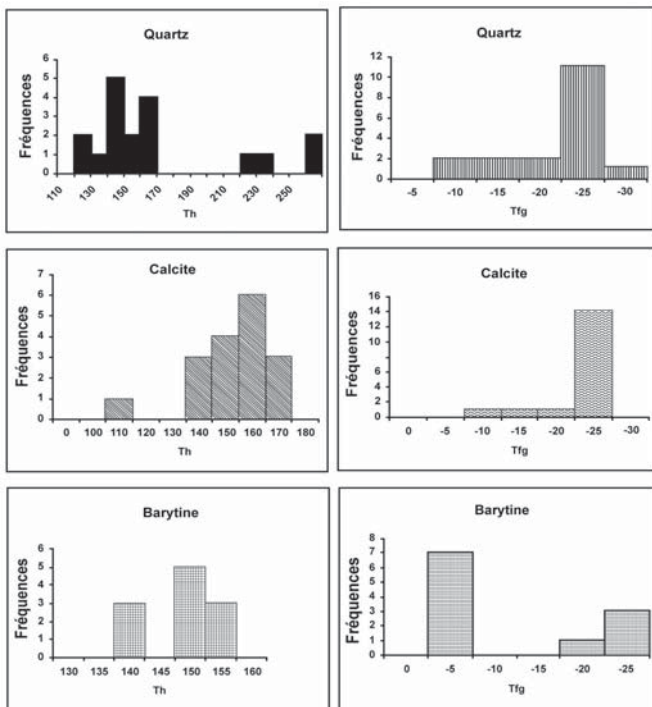


Fig. 9 - Histogrammes des températures d'homogénéisations (Th) et de fusion de glace (Tfg) des inclusions fluides du complexe barytique.

Histograms of homogenization (Th) and melting (Tfg) temperatures from primary fluid inclusions studies.

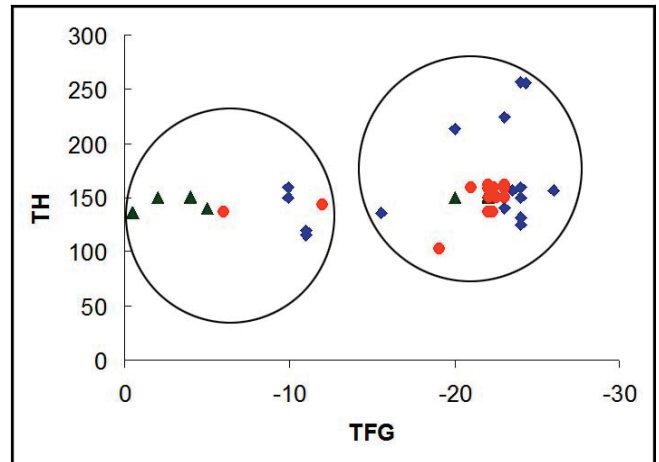


Fig. 10 - Diagramme Th versus Tfg des inclusions fluides du massif de Mesloul

Th versus Tfg diagram of fluid inclusions from Mesloul massif

Carré bleu (**Blue square**): Quartz; Triangle (**Triangle**): Barytine; Cercle rouge (**Red circle**): Calcite

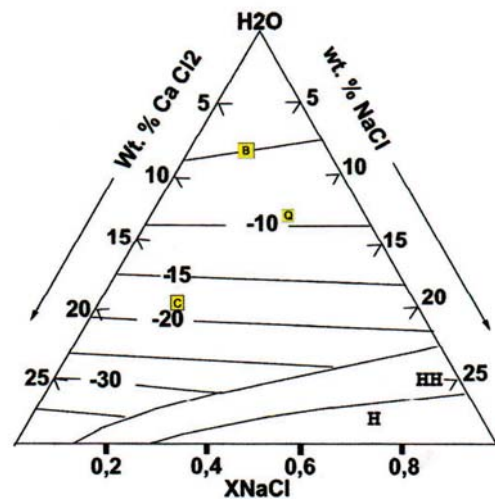


Fig. 11 - Projection des Thh et des Tfg des inclusions fluides du secteur de Mesloul dans le diagramme ternaire des salinités de Vanko et al. (1988), modifié par Oakes et al. (1990).

Plot of Thh and Tfg of fluid inclusions from Mesloul on the salinity ternary diagram of Vanko and al. (1988), modified by Oakes and al. (1990).

C : calcite; Q : quartz; B : barytine

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
 APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

De ce diagramme, les salinités eq. CaCl_2 ont été déduites pour chacun des indices étudiés. Elles sont reportées dans le tableau IV.

Tableau IV - Salinités eq. NaCl et eq. CaCl_2 des indices étudiés

Salinity eq. NaCl and CaCl_2 from the studied indexes

Indice	Minéral	Salinité moyenne % éq. NaCl	Salinité moyenne % équiv. CaCl_2^*
Mesloula	Quartz fumé (Q)	29,42%	6%
	Calcite (C)	28%	16%
	Barytine (B)	26%	5%

Ce tableau a été déduit du diagramme ternaire des salinités de Vanko *et al.* (1988), modifié par Oakes *et al.* (1990). Il montre que le quartz présente une salinité de 29,42 eq. NaCl et 6% eq. CaCl_2 , la barytine a une salinité de 26% eq. NaCl et 5% eq. CaCl_2 . Quant à la salinité de la calcite elle est de 28% eq. NaCl et 16% eq. CaCl_2 .

Le pourcentage élevé en CaCl_2 des inclusions fluides des calcites du complexe barytique, s'expliquerait par le lessivage du calcium des calcaires de l'encaissant.

Le diagramme Th/Tfg (fig. 10) montre bien qu'il existe un phénomène de dilution du fluide primaire chaud (220°C) et à salinité de l'ordre de 29% eq. NaCl vers un fluide moins chaud (120 à 160°C) avec une salinité inférieure de l'ordre de 25% eq. NaCl.

Cette dilution est provoquée par un apport d'eaux météoriques au cours de l'évolution du système hydrothermal qui a refroidi et a dilué le système.

Ces résultats sont comparables à ceux de Diane et Perthuisot (1996), qui ont porté sur l'étude microthermométrique des inclusions fluides primaires de la calcite associée aux minéralisations Pb - Zn du Djebel Mesloula. Selon Diane et Perthuisot (1996), ces résultats indiquent que les fluides qui ont circulé au cours de la cristallisation

de la calcite sont d'origine relativement profonde, drainés par les contacts diapir-couverture. Les salinités élevées seraient dues au lessivage du matériel triasique par ces fluides. Les dépôts métalliques légèrement postérieurs se sont produits dans la continuité de cette dynamique.

C - Isotopes stables

L'étude des isotopes du soufre, du carbone et de l'oxygène a été réalisée sur le gypse triasique ainsi que sur la galène (tabl. V). Les résultats obtenus sont utilisés pour évaluer la contribution des sulfates triasiques à la genèse de ces minéralisations.

Tableau V - Composition isotopique du soufre des sulfates triasiques, des sulfures et de la barytine

Sulfur isotopic composition of Triassic sulphates, Sulphides and Baryte

Localité	N° d'éch.	Formation /Minéral	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ (‰)
<i>Gypse triasique</i>			
Mesloula	Mes1	Gypse Trias	+15,4
<i>Sulfures</i>			
Mesloula	MMS-10	Galène	+0,9
	MS1	Galène	+4,0

L'analyse isotopique de l'oxygène et du carbone de la calcite réalisée non pas à Mesloula mais à M'khiriga (Sami, 2011; Sami *et al.*, 2011) a pour but de déterminer la source du carbone ainsi que l'origine des fluides minéralisateurs.

Toutes les analyses ont été effectuées à l'Isotope Geosciences Unit, Scottish Universities Environmental Research Centre, Glasgow, UK.

L'échantillon du gypse des formations triasiques a donné des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de +15,4‰ (fig. 12). Ce résultat est comparable à celui obtenu sur les échantillons étudiés de Kef M'Khiriga et de Kef Rakhma qui est respectivement de +15,2‰ et de 14,9‰ (Sami, 2011). Ces valeurs sont aussi comparables à celles des sulfates triasiques des monts du Mellègue (Salmi-Laouar et

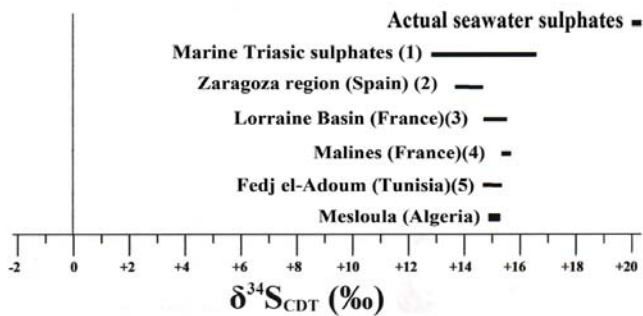


Fig. 12 - Composition isotopique du soufre des sulfates triasiques de Mesloula, comparé avec les sulfates triasiques d'Europe et d'Afrique du Nord

Sulfur isotopic composition of Triassic sulphates from Mesloula compared with Triassic sulphates of Europe and North Africa

(1) Thode and Monster (1965); (2) Birnbaum and Coleman (1979); (3) Fanlo and Ayora (1998); (4) and (5) Charef (1986).

al., 2007) et des régions tunisiennes limitrophes (Charef, 1986; Sheppard *et al.*, 1996) ainsi qu'à celles obtenues sur les formations triasiques de par le monde (Claypool *et al.*, 1980).

La précipitation du gypse s'est produite par une augmentation de l'activité de Ca^{2+} et de SO_4^{2-} dans les eaux de mer à travers l'évaporation. Les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ du gypse, du Trias de la région du Sud-est constantinois (Trias de Debidba) reflètent donc les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ des eaux de mer triasiques. Ces valeurs montrent que ces sulfates sont isotopiquement homogènes et qu'il n'y a pas eu de grandes interactions depuis leurs dépôts. Ils reflètent ainsi, la composition isotopique de la mer de cette époque dans la région.

Deux (02) échantillons de galène ont donné des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de +0,9‰ et de +4,0‰. Ces valeurs indiquent une origine commune du soufre. Ce dernier dérive vraisemblablement des sulfates triasiques par réduction du SO_4^{2-} , d'autant plus que les travaux géologiques et gîtologiques effectués dans l'Atlas saharien montrent qu'il y a une relation directe entre la mise en place des masses triasiques et le dépôt des minéralisations polymétalliques (Dubourdieu, 1956; Othmanine, 1987; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune *et al.*, 1995; Salmi-

Laouar, 2004; Salmi-Laouar *et al.*, 2004, 2007; Sami, 2004, 2011 et Sami *et al.*, 2011).

Les résultats de l'étude des inclusions fluides ont donné des températures d'homogénéisation entre 100 et 240°C. Dans de telles températures, la réduction du soufre des sulfates triasiques par les processus biologiques est exclue parce que les bactéries ne peuvent pas survivre à ces températures élevées (Machel, 2001). Dans ces conditions, c'est la réduction thermochimique qui a lieu; le soufre réduit en H_2S , pauvre en ^{34}S léger, se dépose sous forme de sulfures alors que le SO_4^{2-} restant dans le fluide, enrichi en isotope lourd, se dépose sous forme de sulfate (barytine). Les valeurs isotopiques du soufre obtenues sur cette dernière et dans le secteur limitrophe (Kef M'khiriga) (Sami, 2011; Sami *et al.*, 2011) sont de l'ordre de +21,1 et +21,3‰.

Les valeurs de $\delta^{13}\text{CPDB}$ de la calcite de gangue des secteurs limitrophes (M'khiriga, Petit Jabeur, Kef Rakhma, Ouenza et Es Souabaa (Sami, 2011) varient entre +1,52 et +7,06‰. Ils correspondent à une origine inorganique du carbone, qui dériverait vraisemblablement des calcaires encaissants, puisque les valeurs de $\delta^{13}\text{CPDB}$ du carbone organique sont dans la majorité des cas très négatives ($-25\text{‰} > \delta^{13}\text{C} > -32\text{‰}$) (Yeh et Epstein, 1981; Schoell, 1984). En plus, Bouzenoune (1993) et Bouzenoune *et al.* (2006) ont montré que les calcaires aptiens sont caractérisés par des valeurs de $\delta^{13}\text{CPDB}$ qui varient entre -1 et +4‰ et $\delta^{18}\text{OSMOW} \approx +25\text{‰}$. Les calcites analysées montrent des valeurs $\delta^{13}\text{CV-PDB}$ et $\delta^{18}\text{OV-SMOW}$ similaires +1,52‰ à 3,4‰ et +23,55‰ à 25,36‰ respectivement alors que deux échantillons prélevés à Kef M'khiriga et Es Souabaa sont légèrement enrichis en ^{13}C ($\delta^{13}\text{CV-PDB} = +6.3\text{‰}$ et +7,06‰).

Ceci peut être attribué à :

(1) l'effet du refroidissement sur le coefficient du fractionnement calcite-fluide;

et,

(2) au changement dans l'abondance relative des espèces aqueuses du carbone (HCO_3^- par rapport au CO_2 aqueux) suite à une augmentation du pH durant l'ébullition (Drummond et Ohmoto, 1985; Matsuhisa et al., 1986; Simmons et Christenson, 1994). Wagner et al. (2005) ont montré que l'ébullition progressive dans un système fermé peut produire une augmentation en valeurs $\delta^{13}\text{C}$ de la calcite précipitée avec la diminution de la température; mais elle a un effet négligeable sur les valeurs $\delta^{18}\text{O}$.

Les températures d'homogénéisation (Th) obtenues à partir de l'étude des inclusions fluides sur les minéralisations à barytine de Mesloula des Monts du Mellegue sont de l'ordre de 100 à 240°C avec une moyenne de $\approx 150^\circ\text{C}$. Si on considère que cette dernière est la température du fluide minéralisateur, en prenant comme valeur de $\delta^{18}\text{OSMOW}$ à +25‰, l'ensemble indique que la composition isotopique du fluide est d'environ 12‰ (fig. 13). Cette valeur correspond bien à la composition d'un fluide dérivé des

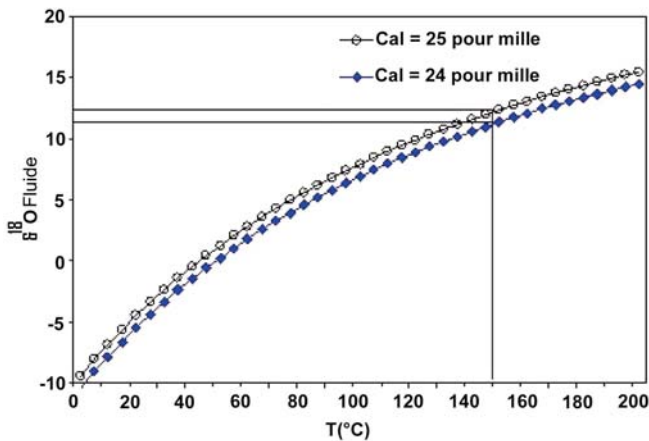


Fig. 13 - Courbes du fractionnement isotopique calculé de Mesloula sur le diagramme température (Température moyenne obtenue à partir de l'étude des inclusions fluides) vs $\delta^{18}\text{OSMOW}$ -fluide. L'équation du fractionnement isotopique calcite-eau est d'après Friedman et O'Neil (1977).

Calculated isotopic fractionnement curves of Mesloula calcites on the temperature diagram (Mean temperature obtained from fluid inclusions study) versus $\delta^{18}\text{OSMOW}$ -fluid. After Friedman et O'Neil (1977).

eaux de formation (Sheppard, 1986). Des fluides chauds et salés provenant des profondeurs ont été également évoqués par Charef et Sheppard (1987) lors de leur étude sur le gisement péridiapirique de Fedj El Adoum (Tunisie).

Ces données des isotopes stables montrent que les minéralisations péridiapiriques de Mesloula et par extension, toutes les minéralisations des Monts du Mellegue sont à rattacher au grand groupe des minéralisations de type (MVT) (Velasco et al., 1994; Bouabdellah et al., 1999; Boutaleb et al., 2000 et Boutaleb, 2001). Cette similitude a déjà été soulignée par Price et Kyle (1983 et 1986) et Rouvier et al. (1985).

V- CONCLUSION

Tous les résultats obtenus à partir de l'étude sur les halogènes et les inclusions fluides ainsi que sur les isotopes stables de Mesloula, donnent des températures de formation reconstituées, situées entre 100° et 150°C, avec des salinités comprises entre 12 et 30% éq. NaCl. Ces données sont en accord avec celles obtenues sur les minéralisations similaires à Pb-Zn, Fe, Ba et F, des régions limitrophes situées dans le même contexte géologique (Laatar, 1980 ; Smati, 1986 ; Bouhlel et al., 1988; Paraire-Akrour, 1991; Bouzenoune, 1993; Diane et Perthuisot, 1996; Souissi et al., 1999; Bouhlel, 2005; Haddouche, 2003; Sami, 2004; Haddouche et al., 2004 et Sami et al., 2011) ainsi que dans un contexte géologique différent (Kolli et al., 1999; Boutaleb, 2001).

Ces résultats militent en faveur d'un fluide de bassin qui aurait emprunté une partie de sa salinité aux évaporites triasiques et qui aurait, en fait, subi un phénomène de dilution.

BIBLIOGRAPHIE

BIRNBAUM, S.-J. AND COLEMAN, M.-L. 1979. Source of sulphur in the Ebro Basin (Northern Spain). Tertiary non marine evaporite deposits as evidenced by sulphur isotopes. *Chemical Geology*, 25, pp. 163-168.

- BLÈS, J.-L. 1969.** Contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsott (SE Constantinois, Algérie). Les microfractures et leurs relations avec les failles et les plis. *Bull. Serv. Carte géol., Algérie*, n^{le}. série, 39, pp. 7-17.
- BORISENSKI, A.-S. 1977.** Cryogenic technique applied to studies of the saline composition of solution in gaseous fluid inclusion in mineral. *Akadem. Nauk. CCCP*, 8, pp. 16-21.
- BOTTRELL, S.-H., YARDLEY, B.-W.-D. AND BUCKLEY, F. 1988.** A modified crush-leach method for the analysis of fluid inclusion electrolytes. *Bull. Mineral*, 111, pp. 279-290.
- BOUABDELLAH, M., FONTBOTÉ, L., HAEBERLIN, Y. AND LLINARES, L. 1999.** Zoned sulphur isotope signature at the Mississippi Valley-type Touissit-Bou Beker – El Abed District (Morocco-Algeria) – Evidence for thermochemical sulphate reduction and mixing of sulphur sources. In: Stanley, C.J. et al. (eds.). *Mineral Deposits: Processes to Processing, Balkema, Amsterdam*, pp. 821-824.
- BOUHLEL, S., FORTUNE, J.-P., GUILHAUMOU, N. ET TOURAY, J.-C. 1988.** Les minéralisations stratiformes à F-Ba de Hammam Zriba, Jebel Guélbi (Tunisie nord orientale) : l'apport des études d'inclusions fluides à la modélisation génétique. *Mineral Deposita*, pp. 166-173.
- BOUHLEL, S. 2005.** Carbonate hosted Mississippi Valley-type Pb-Zn deposits in Tunisia (Eastern Atlasic foreland belt) *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge, Edited by Cai-sheng Zhao and Baojian Guo*, vol. 3, pp. 19-22.
- BOUTALEB, A., AFALFIZ, A., AÏSSA, DJ.-E., KOLLI, O., MARIGNAC, CH. ET TOUAHRI, B. 2000.** Métallogénie et évolution géodynamique de la chaîne tellienne en Algérie. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol. 11, n°1, pp. 3-27.
- BOUTALEB, A. 2001.** Les minéralisations Pb-Zn du domaine sétifien-Hodna : gîtologie, pétrographie des dolomies, microthermométrie et implications métallogénique. *Thèse. Doct. d'Etat, USTHB (FSTGAT), Alger. Algérie*, 350p.
- BOUZENOUNE, A. 1993.** Minéralisations périadiapiriques de l'Aptien calcaire : Les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). *Thèse Doct., Univ. Paris IV*, 206p.
- BOUZENOUNE, A., ROUVIER, H. ET THIBIEROZ, J. 1995.** Trias de l'Ouenza : contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol. 6, n°1, pp. 3-24.
- BOUZENOUNE, A., ROUVIER, H. ET THIBIÉROZ, J. 2006.** Chronologie relative et conditions de mise en place des minéralisations du massif de l'Ouenza (Algérie NE). *Bull. du Serv. Géol. Nat.*, vol. 17, n°1, pp. 3-27.
- CARPENTER, A.-B. 1986.** Origin and chemical evolution of brines in sedimentary basins. *Oklahoma Geol. Survey, Circ*, 79, pp. 60-77.
- CHAREF, A. 1986.** La nature et le rôle des phases fluides associées à la minéralisation Pb-Zn dans les formations carbonatées et leurs conséquences métallogéniques : Etudes des inclusions fluides et des isotopes (H, C, O, S, Pb) des gisements des Malines (France), Jebel Hallouf, Sidi flou, Aouane et Fedj El Adoum, Tunisie. *Thèse Doct. État., Inst. Nat Polytech. Lorraine., Nancy*, 289p.
- CHAREF, A. AND SHEPPARD, S.-M.-F. 1987.** Pb-Zn mineralization associated with diapirism: fluid inclusion and stable isotope (H, C, O), evidence for the origin and evolution of the fluid at Fedj-el-Adoum, Tunisia. *Chemical Geology*, 61, pp. 113-134.
- CLAYPOOL, G.-E., HOLSER, W.-T., KAPLAN, I.-R., SACHET, H. AND ZAK, I. 1980.** The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulphate and their mutual interpretation. *Chemical Geology*, 28, pp.199-260.
- CRAWFORD, M.-L. 1981.** Phase equilibria in aqueous fluid inclusions *Mineral. Assoc. Canada Short course Handbook*, 6, pp. 75-100.
- DIANE, B. ET PERTHUISOT, V. 1996.** Première approche des conditions de genèse des minéralisations à Pb-Zn du Djebel Mesloula (Est algérien): étude microthermométrique des inclusions fluides primaires de la calcite. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol 7, n°1, pp. 59-69.

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
 APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

- DRUMMOND, S.-E. AND OHMOTO, H. 1985.** Chemical evolution and mineral deposition in a boiling hydrothermal system. *Economic Geology*, 80, pp. 126-147.
- DUBOURDIEU, G. 1956.** Étude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). *Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, n.s, bull., n°10, 659p.
- DUBOURDIEU, G. 1959.** Esquisse géologique du Djebel Mesloula (Algérie orientale). *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, n.s, bull., n°21, 162p.
- FANLO, I. AND AYORA, C. 1998.** The evolution of the Lorraine evaporate basin: implications for the chemical and isotope composition of the Triassic ocean. *Chemical Geology*, 146, pp. 135-154.
- FRIEDMAN, I. AND O'NEIL, J.-R. 1977.** Compilation of stable isotope fractionation factors of agrochemical interest. In: Fleisher, M (ed.). *Data of Geochemistry, 6th edition, USGS, Washington*, Prof. Pap., 440p.
- GUILHAUMOU, N., TOURAY, J.-C. AND BOUHLEL, S. 1988.** Stretching of hydrocarbon fluid inclusions in fluorite at 200 and 400 bars confining pressure. Application to low pressure geobarometry. *Bull. Mineral*, 111, pp. 421-426.
- HADDOUCHE, O. 2003.** Contribution à l'étude géologique et géochimique des minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) de la région d'El Ouasta (Souk Ahras). *Thèse Magistère, FSTGAT/USTHB, Bab Ezzouar, Alger*, 107p.
- HADDOUCHE, O., BOUTALEB, A., HEBERT, R., PICARD, D. ET SAMI, L. 2004.** Les minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) d'El Ouasta (Algérie nord orientale) : typologie et apport des études d'inclusions fluides. *Bull. du Serv. Géol. de l'Alg.*, vol. 15, n°2, pp. 87-107.
- HATIRA, N. 1988.** Les concentrations de Zn, Pb, Sr, (Ba), dans le cortex des diapirs de Trias salifère: exemple du diapir de Sakiët-Koucha (Tunisie septentrionale). Comparaison avec d'autres massifs tunisiens et avec les cap-rocks de la Gulf Coast (U.S.A). *Thèse Doct. Univ. Paris VI*, 212p.
- KAZI TANI, N. 1986.** Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doct. ès Sciences, Univ. Pau et des pays de l'Adour*, 2 tomes, 871p.
- KOLLI, O., SAUPÉ, F., MARIGNAC, C., CHEILLETZ, A. AND GASQUET, D. 1999.** The Ba-F-(Pb-Cu) vein-type and replacement ore deposits in the Western Djurdjura, Algeria: Structural setting, fluid inclusions and sulphur isotopes. *Mineral Deposits: Processes to Processing*, Stanley et al. (eds). *Balkema, Rotterdam*, pp. 877-880.
- KYLE, J.-R. AND PRICE, P.-E. 1986.** Metallic sulfide mineralization in salt-dome cap-rocks, Gulf Coast. USA. *Trans. Inst. Min. Metall., Sect. B*, n°95, pp. B6-B16.
- LAATAR, E. 1980.** Gisements de Pb-Zn et diapirisme du Trias salifère en Tunisie septentrionale : Les concentrations périapiriques du district minier de Fedj el Adoum. *Thèse 3^e Cycle, Paris VI*, 280p.
- LAND L.-S. AND PREZBINDOWSKI, D.-R. 1981.** The origin and evolution of salin formation water, Lower Cretaceous carbonates, South-Central Texas, U.S.A. *Journal of Hydrogeology*, vol. 14, pp. 931-935.
- MACHEL, H.-G. 2001.** Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings-old and new insights. *Sedimentary Geology*, 140, pp. 143-175.
- MATSUHISA, Y., MORISHITA, Y. AND YUAN ZHANG, Z. 1986.** Carbon and oxygen isotope analyses of Chinese carbonate reference samples. *Bull. of the Geol. Survey of Japan*, vol. 37, n° 4, pp. 97-300.
- OAKES, C.-S., BODNAR, R.-J. AND SIMONSON, J.-M. 1990.** The system NaCl-CaCl₂-H₂O. The vapor-saturated ice liquidus. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, pp. 603-610.
- OTHMANINE, A. 1987.** Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott. Relation entre la paléogéographie albo-apitienne, diapirisme, structure et métallogénie. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Univ. P. et M. Curie, Paris VI*, n°87-58, Paris, 220p.

- PARAIRE-AKROUR, H. 1991.** Fluid inclusion of the F-Ba-Pb late paragenesis of borders of the Ouenza, Mesloulia, Hameimet ed Dahra diapirs (N-E Algeria). *In: Pagel, M., Leroy, J.L. (eds.). Source, Transport and Deposition of Metals. Balkema, Rotterdam*, pp. 219-222.
- PERTHUISOT, V. 1978.** Dynamisme et pétrogenèse des extrusions triasiques en Tunisie septentrionale. *Trav. Labo. Géol., ENS, Paris*, n° 9, 312 p.
- PRICE, P.-E., KYLE, J.-R. AND WESSEL, R. 1983.** Salt dome related zinc-lead deposits. *In: X.P. Peratt Ed., Proceedings of the intern. Conf. On Mississippi-Valley type lead deposits. Missouri Geol. Survey, La Rolla, Mo*, 13p.
- PRICE, P.-E. AND KYLE, J.-R. 1986.** Genesis of salt dome hosted metallic sulfide deposits : the role of hydrocarbons and related fluids. *In: W.E. Dean ed., Proceeding of the symposium on the organic and ore deposits, Denver region Explor. Geologists Soc.*, pp. 171-184.
- PROCHASKA, W. 2001.** Magnesite mineralization of the Eastern Alps and the Carpathians. *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century*, Piestrzynski et al. (eds), pp. 1017-1019.
- PROCHASKA, W., KOLLI, O., BOUTALEB, A., SAMI, L. AND HADDOUCHE, O. 2007.** Investigations on the Chemistry of Mineralizing Fluids of Vein Type Mineralizations Related to the Diapiric Zone in Northern Algeria. *Proceedings of the Ninth Biennial SGA Meeting, Dublin*, pp.1323-1326.
- ROEDDER, E. 1972.** Laboratory studies on inclusions in the minerals of ascension island granitic blocks, and their petrologic significance : in problems of petrology and genetic mineralogy. *Fluid inclusion research-proceeding of COFFI*, vol. 5, 147p.
- ROEDDER, E. 1984.** The fluids in salt. *American Mineralogist*, vol. 69. pp. 413-439
- ROUVIER, H., PERTHUISOT, V. AND MANSOURI, A. 1985.** Pb-Zn deposits and salt bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Econ. Geol.*, vol. 80, pp. 666-687.
- SALMI-LAOUAR, S. 1998.** Le massif de Boujaber (NE algérien) : sédimentologie, biostratigraphie et contribution des isotopes du soufre à la reconnaissance du mode de mise en place des masses triasiques et minéralisations à Pb-Zn. *Thèse. Magister, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, Algérie*, 93p.
- SALMI-LAOUAR, S. 2004.** Contribution à l'étude géologique et géochimie des isotopes stables (S, O, C) des minéralisations polymétalliques (Zn-Pb-F-Ba-Fe-Hg) de la zone des diapirs du Nord de Tébessa (NE algérien). *Thèse de Doctorat, Université de Annaba, Algérie*, 181p.
- SALMI-LAOUAR, S., LAOUAR, R., BOYCE, A.-J., ZERDAZI, A. ET ARROUCHE, Y. 2004.** Rapport isotopiques du soufre de l'oxygène et du carbone dans le massif de Boujaber, NE algérien: origine des minéralisations à Pb-Zn-Ba et source des fluides. *Bull. du Serv. Géol. de l'Alg.*, vol. 15, n°1. pp. 3-25.
- SALMI-LAOUAR, S., LAOUAR, R., BOYCE, A.-J., BOUTALEB, A. ET LAMOUREUX, CH. 2007.** Premières données isotopiques sur la mer triasique dans l'Atlas Saharien Oriental (Algérie). *Bull. du Serv. Géol. Nat.*, vol. 18, n°3, pp. 315-323.
- SAMI, L. 2004.** Contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Mésékiana : exemple des indices d'Es Souabaa et de M'Khiriga, (Atlas saharien oriental). *Thèse Magistère, FSTGAT/USTHB, Bab Ezzouar. Alger*, 124p.
- SAMI, L. 2011.** Caractérisation géochimique des minéralisations à Pb-Zn, F, Ba, Cu, Fe et Hg des confins algéro-tunisiens, *Thèse de Doct., FSTGAT/USTHB*, 164p.
- SAMI, L., KOLLI, O., BOUTALEB, A., LAOUAR, R., SALMI-LAOUAR, S. ET PROCHASKA, W. 2011.** Caractérisation géochimique des fluides minéralisateurs de l'indice à Ba-F-Pb-Zn de Kef M'khiriga (Monts du Mellegue, NE algérien). *Bull. Serv. Géol. Nat. Algérie*, vol. 22, n°1, pp. 47-68.
- SCHOELL, M. 1984.** Recent advances in petroleum isotope geochemistry. *Organic Geochemistry*, 6, pp. 645-663.

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Cu ET Ba DU DJEBEL MESLOULA :
 APPORT DE LA MICROTHERMOMÉTRIE DES HALOGÈNES ET DES ISOTOPES STABLES.

- SHEPPARD, S.-M.-F. 1986.** Characterization and isotopic variations in natural waters. In: Valley, J.W., Taylor, H.P.Jr., O'Neil, J.R. (Eds.). *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes. Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 16, pp. 165-183.
- SHEPPARD, S.-M.-E., CHAREF, A. AND BOUHLEL, S. 1996.** Diapirs and Zn-Pb mineralization : a general model based on Tunisian (N. Africa) and Gulf Coast (U.S.A) deposits. *Soc. Econ. Geol. (Sangster Edition). U.S.A.*, n°4, pp. 230-243.
- SIMMONS, S.-F. AND CHRISTENSON, B.-W. 1994.** Origins of calcite in a boiling geothermal system. *American Jour. of Sci.*, 294, pp. 361-400.
- SMATI, A. 1986.** Les gisements de Pb-Ba et de Fe du djebel Slata (Tunisie du Centre-Nord) : minéralisations épigénétiques dans le Crétacé néritique de la bordure d'un diapir de Trias. Gisement de Sidi Amor Ben Salem et de Slata fer. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Lab. Géol. Appl., Univ. P. et M. Curie, Paris VI*, 250 p.
- SOUISSI, F., FORTUNE, J.-P., SASSI, R. ET BOUHLEL, S. 1999.** Le gisement du jebel Stah : géologie, pétrographie et inclusions fluides. *Notes du Serv. Géol. de Tunisie*, n°65, pp. 95-123.
- THODE, H.-G. AND MONSTER, J. 1965.** Sulphur isotope geochemistry of petroleum, evaporite and ancient seas. *AAPG, Mem.* 4, pp. 367-377.
- VANKO, D.-A., BODNAR, R.-J. AND STERNER, S.-M. 1988.** Synthetic fluid inclusions. Vapor saturated halite solubility in part of the system NaCl-CaCl₂-H₂O, with application to fluid inclusions from oceanic hydrothermal systems. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, pp. 2451-2456.
- VELASCO, F., HERRERO, J.-M., GIL, P.-P., ALVAREZ, L. AND YUSTA, I. 1994.** Mississippi Valley-Type, Sedex, and iron deposits in Lower Cretaceous rocks of the Basque-Cantabrian Basin, Northern Spain. In: Fontboté, L., Boni, M. (eds.). *Sediment-Hosted Zn-Pb Ores. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Special Publication, 10, Society of Geology Applied to Mineral Deposits*, pp. 246-270.
- VILA, J.-M. 1980.** La chaîne alpine d'Algérie nord-orientale et des confins algéro-tunisiens. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. P. et M. Curie, Paris VI*, 665 p.
- WAGNER, T. AND WILLIAMS-JONES, A.-J. 2005.** Stable isotope-based modeling of the origin and gneiss of an unusual Au-Ag-Sn-W epithermal system at Cirontan, Indonesia. *Chemical geology*, 219, pp. 237-360.
- YEH, H.-W. AND EPSTEIN, S. 1981.** Hydrogen and carbon isotopes of petroleum and related organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 735-762.