

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À BA-F-PB-ZN DE KEF M'KHIRIGA (MONTS DU MELLEQUE, NE ALGÉRIEN).

Lounis SAMI***, Omar KOLLI*, Abdelhak BOUTALEB*, Rabah LAOUAR***,
Sihem SALMI-LAOUAR*** et Walker PROCHASKA****

RÉSUMÉ

Le massif de Kef M'Khiriga fait partie intégrante de la structure géologique de l'Atlas Saharien Oriental. Cette structure est caractérisée par des formations allant depuis le Trias jusqu'au Quaternaire. Le Trias affleure sous forme diapirique au cœur de l'anticlinal d'Oued Kébarit-Mesloula. L'Aptien occupe à lui seul, la plus grande partie des affleurements de la région. Ces formations aptiennes se rencontrent dans le noyau des structures anticlinales ainsi qu'au voisinage immédiat des formations triasiques. Ces calcaires aptiens présentent les caractères d'une sédimentation récifale, ce qui fait que la période aptienne est caractérisée par des bombements sous-marins favorables à la formation des constructions récifales.

Les minéralisations de ce secteur présentent de nombreuses analogies avec les gîtes péri-diapiriques du Nord de l'Afrique. Cette similitude permet l'identification de deux types de minéralisations : (i) - une minéralisation sous forme d'amas bréchiques, lenticulaires dénommée zone ferro-barytique à pyrite, barytine, fluorite et galène et (ii) - une minéralisation filonienne dans laquelle est intégrée une zone dite bréchique (sous forme d'imprégnations et de remplissage de cavités et filonnets à barytine, fluorite et galène).

La mise en place de la minéralisation se fait en plusieurs stades et il existe deux types bien définis de fluorite : une fluorite primaire claire massive et une fluorite secondaire sombre finement cristallisée.

Les études microthermométriques sur les inclusions fluides primaires contenues dans les fluorites des deux zones, montrent qu'il s'agit d'un fluide dont la salinité moyenne est de 12,72% éq. NaCl. Les inclusions fluides des fluorites 1 de la zone filonienne montrent des températures d'homogénéisation élevées (150 à 230°C), alors que les IF des fluorites 2 de la zone ferro-barytique sont plus basses (100 à 150°C). Les températures eutectiques des inclusions comprises entre -50 et -52°C, indiquent la présence de cations autres que Na⁺ tel que le Ca⁺⁺.

Les résultats d'analyse des halogènes des indices de Kef M'Khiriga montrent des rapports Cl/Br qui correspond à celui d'un liquide résiduel issu de la dissolution de la halite.

* Laboratoire de Métallogénie et Magmatisme de l'Algérie, FSTGAT-USTHB, BP. 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger.

** Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

*** Département de Géologie, Faculté des Sciences de la Terre, Université Badji Mokhtar Annaba, B.P. 12, 23000 Annaba.

**** Department of Applied Geosciences and Geophysics, University of Leoben, Austria

- Manuscrit déposé le 11 Mai 2009, accepté après révision le 08 Novembre 2009.

Les résultats obtenus par l'étude des isotopes stables du soufre, de l'oxygène et du carbone indiquent : **a-** une origine commune du soufre dérivée vraisemblablement par la réduction thermo-chimique des sulfates triasiques; **b-** une source inorganique du carbone provenant vraisemblablement des roches carbonatées locales et **c-** que la source des fluides proviendrait des eaux de formation.

Mots Clés - Calcaires aptiens - Sédimentation récifale - Minéralisation périadiapirique - Halogène - Inclusions fluides - Isotopes stables -Kef M'Khiriga - Atlas Saharien Oriental.

GEOCHEMICAL FEATURES OF THE MINERALIZING FLUIDS OF THE KEF M'KHIIRIGA Ba-F Pb-Zn-PROSPECT (MELLEQUE MOUNTS, NE ALGERIA).

ABSTRACT

The Kef M'Khiriga block 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 Kébarit-Mesloulou anticline.

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

The polymetallic mineralization of this block is very similar to those known along the North African metallogenic belt.

This prospect shows two types of ores : (a) lens-shaped, brecciated ores, called « ferro-baritic zone » with pyrite, barite, fluorite and galena and (b) vein mineralization with barite fluorite and galena to which is associated a so-called breccia zone (dissemination, space-filling and veinlets with the same ore minerals).

Geological and textural evidences support that the emplacement of the ore mineralization is multistage. It appears clearly the existence of two types of fluorite : a light fine grained primary fluorite and a grey secondary coarse grained fluorite

Fluid inclusion (FI) studies on fluorite crystals collected from the two zones show salinity value is 12,72 % eq. NaCl. Fluid inclusions of the vein zone primary fluorites show high homogenization temperatures (150 à 230°C), whereas FI of secondary fluorites of the both vein and ferro-baritic zone are low (100 à 150°C). Eutectic temperatures; comprised between -50 and -52°C, indicate the presence of cations other than Na⁺, such as Ca⁺⁺.

Halogen analysis data of the Kef M'Khiriga mineralization show that the Cl/Br ratios corresponding to residual liquid derived from the halite dissolution.

Stable isotope data (S, O, 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.

Keywords - Aptian limestones - Reef sedimentation - Peridiapiric mineralization - Halogen-Fluid inclusions - Stables isotopes - Kef M'Khiriga - Eastern Saharan Atlas.

I- INTRODUCTION

Le massif de Kef M'Khiriga situé près du village Oued Kebarit se trouve à mi-distance (60 km) entre les villes de Souk Ahras au nord et Tébessa au sud (fig. 1). Il est considéré comme étant la terminaison périclinale du grand anticlinal Mesloula-Oued Kébarit, par la charnière duquel passe une faille inverse. Il présente l'allure d'un anticlinal assymétrique NW-SE (fig. 2) (transversal par rapport à l'anticlinal Mesloula-Oued Kébarit). Son flanc SW est soulevé par rapport à son flanc NE.

Il est connu que, de part et d'autre de la frontière algéro-tunisienne, de nombreux gisements et indices de Pb-Zn-Ba et F (ex : Mesloula, Boujaber, Slata, Bougrine) apparaissent dans un contexte diapirique actif à différents

niveaux du Crétacé. Les roches porteuses sont préférentiellement d'âge aptien et turonien. En Tunisie, seul le gisement de Bougrine avec 800.000 tonnes bi métal est localisé dans les calcaires riches en matière organique (faciès Bahloul) du Turonien et dans la partie corticale du «cap-rock». En Algérie orientale, seul le gisement à Pb-Zn de Mesloula entre dans la classe économique avec plus de 500.000 tonnes bi métal qui a été exploité dans les calcaires, très peu dolomitiques, de l'Aptien.

De nombreuses études (Laatar, 1980 ; Perthuisot et *al.*, 1987; Smati, 1986; Rouvier et *al.*, 1985; Othmanine, 1987; Hatira, 1988; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune et *al.*, 1995) montrent que la plupart des occurrences minéralisées sont situées dans les zones où les diapirs sont présents à l'affleurement. De ce fait, la plus grande quantité d'indices correspond à la zone où les pointements triasiques sont les plus nombreux et contrôlés par des dispositifs diapiriques, près des croisements diapirs-fossés. Si l'essentiel de ces concentrations est encaissé dans les formations carbonatées aptiennes, peu dolomitisées et fortement silicifiées, et dans les calcaires riches en matière organique (faciès Bahloul) du Turonien Bougrine; Orgeval et *al.*, 1986; Orgeval, 1995, il n'en demeure pas moins qu'elles sont aussi portées par les cap-rocks triasiques Ouasta (Haddouche, 2003; Haddouche et *al.*, 2004), Sakiet Koucha (Hatira, 1988) et Kef M'Khiriga (Sami, 2004).

Du côté algérien, ces minéralisations montrent des morphologies variées (fig.2). Aoudjehane (1991) reconnaît quatre types morphologiques, comme en Tunisie où ils ont déjà été décrits (Rouvier et *al.*, 1985). Il s'agit de : (1) filons distaux par rapport aux intrusions évaporitiques, ex : Koudiat Ressas (Pb), Es Souabaa (Pb-Zn, F et Ba) et Tenoukla (Cu, Pb-Zn); (2) amas d'imprégnations et remplissages de

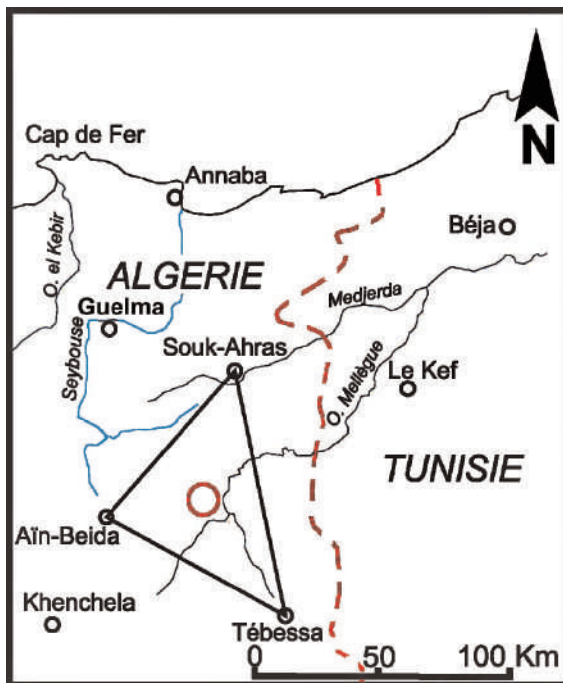
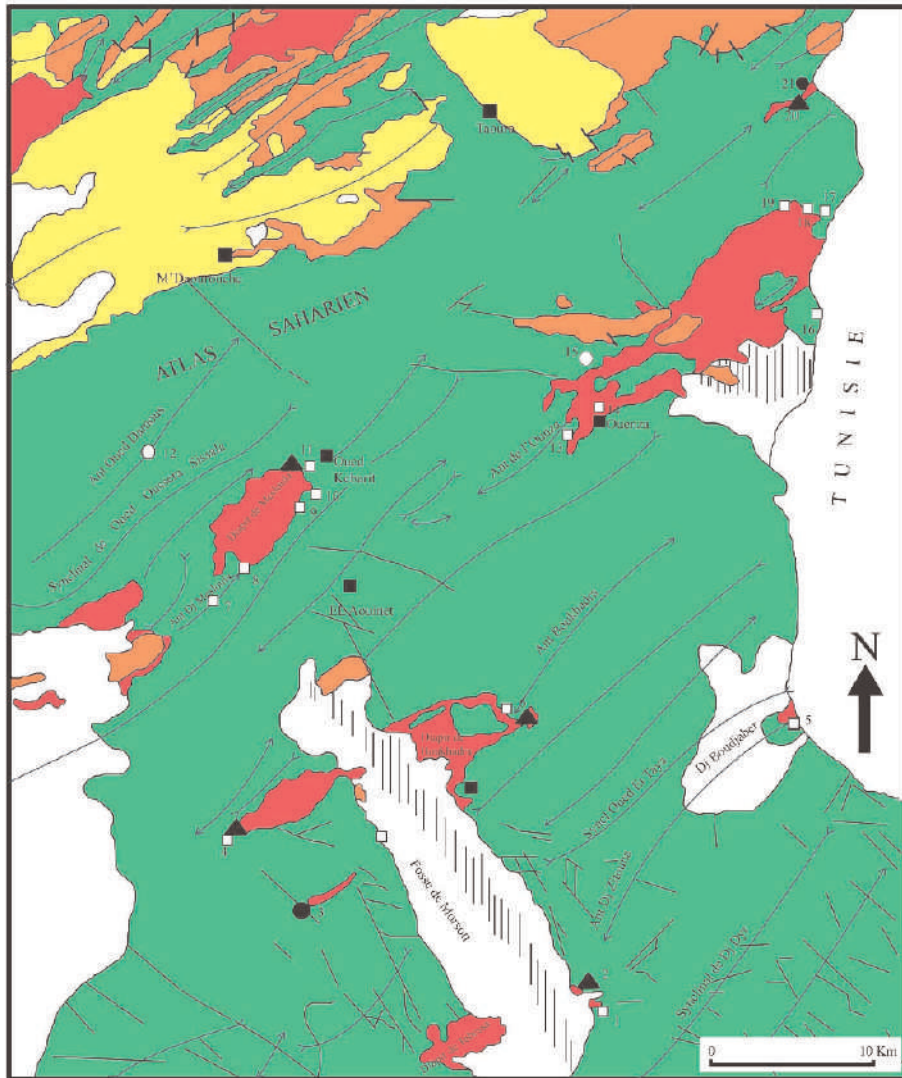


Fig. 1- Localisation géographique de la région étudiée. La position du massif est marquée par un cercle rouge au centre du triangle Souk-Ahras-Aïn-Beïda-Tébessa.

**Geographical location of studied area
is surrounded by a red circle**



1. Hameimat Nord; 2. Hameimat Sud; 3. Kte El ALia; 4. M'Zouzia; 5. Boudjaber; 6. Boukhadra; 7. M'Zeita; 8. Mesloula; 9. Kef Rakhma; 10. Boudjabeur; 11. M'Khiriga; 12. Es Souabaa; 13. Kte El Kahkouh; 14. Ouenza; 15. Kte Rensas; 16. Harraba; 17 Dj Ledjebel; 18. Chegguet; 19. Medjene; 20. Remed; 21. Ouasta.

LÉGENDE

□ Quaternaire

■ Mio-Pliocène

■ Miocène et Oligo-Miocène

■ Crétacé et Eocène

■ Trias

○ Filon minéralisé

● Amas d'imprégnations et remplissage des Fissures dans les marno-calcaires du crétacé sup.

— Faille

— Axe anticlinal

— Axe synclinal

▭ Graben

▲ Amas d'imprégnations et remplissage de cavités au contact Diapir/Couverture

□ Amas d'imprégnations et remplissage de vides dans les calcaires Aptiens, Albiens

Fig. 2 - Répartition des gîtes et indices minéralisés dans les confins algéro-tunisiens (Sami et Kolli, 2003)

Spatial distribution of ore deposits and prospects within the Algerian-Tunisian border (Sami and Kolli, 2003)

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À Ba-F-Pb-Zn DE KEF M'KHIRIGA
(MONTS DU MELLEGUE, NE ALGÉRIEN)

cavités au contact diapir-couverture, ex : Re-
maid/Ouasta (Ba, Fe), Kef M'Khiriga (Ba (Sr),
Pb), Bou Khadra (Ba, Fe), Mzouzia (Ba, Cu),
Hameimat Nord (Sr, Ba, Pb), Djebissa (Ba, Pb);
(3) amas d'imprégnations et remplissages de
fissures dans des marno-calcaires du Crétacé
supérieur et dans les zones dolomitisées du Tu-
ronien près des extrusions du Trias, ex :
(Ouasta (Zn-Pb), Koudiat El Alia (Zn-Pb), Bou
Roumane Sud (Pb-Zn) et (4) Amas d'impré-
gnations et remplissage de vides dans les cal-
caires néritiques, plus ou moins silicifiés et
dolomitisés de l'Aptien supérieur, de l'Albien
inférieur, sous l'inconformité vraconienne, ex
: Djebel Ledjbel (Fe), Medjene (Pb, Cu, Ba),
Djebel Cheguet (Zn, Fe), Harraba (Fe, Pb),
Ouenza (Fe, F, Ba, Pb), Koudiat El Kahkouh
(Fe, Pb, Ba), Kef M'Khiriga (F, Ba, Pb), Mes-
loula (Pb-Zn, Ba), Mzeita (Pb-Zn), Boujaber
(F, Ba, Pb-Zn), Boukhadra (Fe), M'zouzia (Fe,
Ba), Hameimat Sud (Fe, Ba, Pb (Zn)), Bou
Roumane Nord (Pb-Zn), Khanguet El Mouhad
(Ba, Pb).

Le présent travail permet de mieux appré-
hender l'origine des minéralisations du secteur
de Kef M'Khiriga et des régions avoisinantes.
Pour cela, nous présentons ici des nouvelles
données sur les inclusions fluides par micro-
thermométrie et sur les lessivats par la méthode
du crush leaching, obtenus sur des fluori-
tes et sur des calcites qui nous donnent une idée sur
les caractéristiques physico-chimiques des
fluides minéralisateurs. Des analyses isoto-
piques sur les isotopes stables de l'oxygène et
du carbone de la calcite ainsi que du soufre des
sulfures (sphalérite et galène) et des sulfates
(gypse et barytine) sont également présentées.

II- CADRE GÉOLOGIQUE ET PALÉO- GÉOGRAPHIQUE

Du point de vue stratigraphique, les terrains
qui affleurent dans le secteur de Kef M'Khi-
riga comprennent du plus ancien vers le plus
récent (fig. 3) : des séries aptiennes à caractère
récifal; des marnes albiennes; des marnes ; des

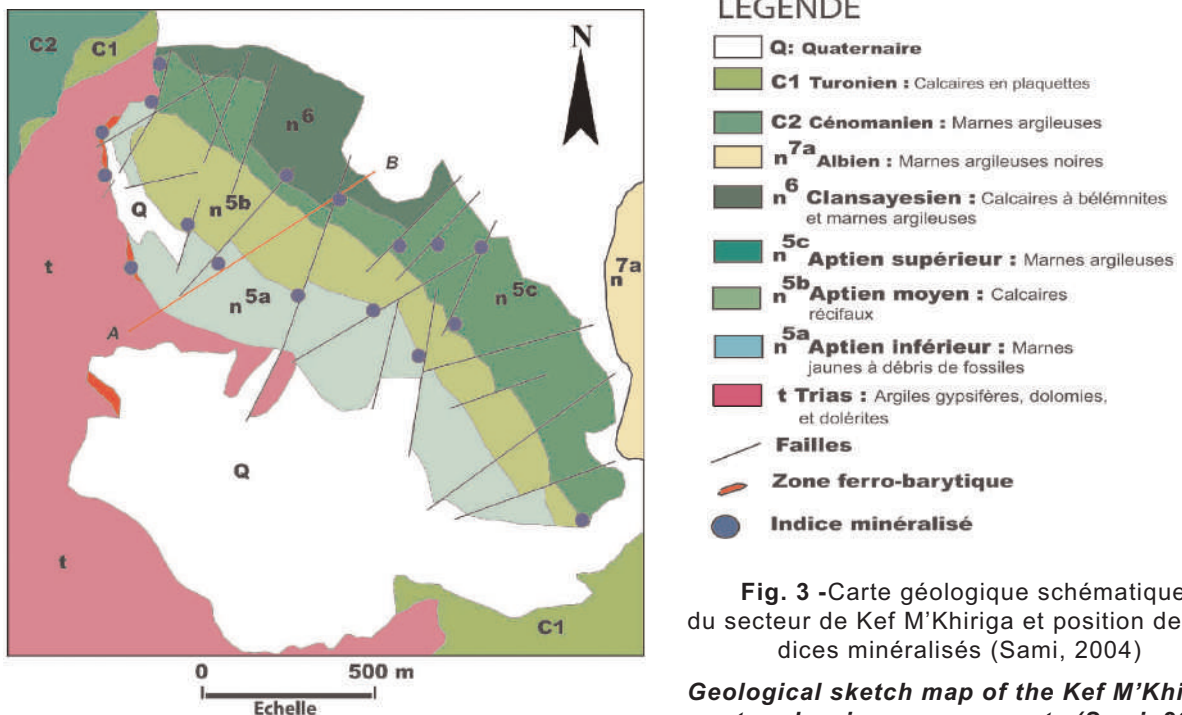


Fig. 3 -Carte géologique schématique du secteur de Kef M'Khiriga et position des indices minéralisés (Sami, 2004)

Geological sketch map of the Kef M'Khiriga sector showing ore prospects (Sami, 2004)

argiles cénomaniennes et enfin une alternance marno-calcaire turonienne. Le Quaternaire est généralement à dépôts continentaux.

Comme partout dans la région, l'Aptien occupe à lui seul la plus grande partie des affleurements de la région (Mesloulou, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjabeur). Les formations aptiennes se rencontrent dans le noyau des structures anticlinales ainsi qu'au voisinage immédiat des formations triasiques. Elles constituent la majeure partie de tous les reliefs importants. Dubourdiou (1956) a attribué ces formations calcaires au faciès urgonien à sédimentation récifale. Il considère que la période aptienne a été caractérisée par des bombements sous-marins favorables à la formation des constructions récifales. Il a décrit ces formations aptiennes à Mesloulou et à Ouenza. Elles comprennent comme partout, de bas en haut, **(i)** - une série inférieure anté-récifale, d'une épaisseur moyenne de 200 m, constituée par des marnes jaunes parfois argileuses, à passées de grès rouille et de marno-calcaires pétris d'Orbitolines; **(ii)** - une série récifale constituée par une succession de bancs plurimétriques de calcaires dolomités d'épaisseur pouvant atteindre les 300 m riches en fossiles tels que les Orbitolines, Rudistes, Echinodermes, tests de Mollusques et Miliolles. C'est cette série qui est considéré comme récifale et elle constitue l'ossature des massifs de Mesloulou, M'Khiriga et de Kef Rekhma à cause de sa grande rigidité et de sa résistance à l'érosion; **(iii)** - une série post-récifale de 100 à 150 m de sédiments à dominante argileuse constituant la couverture des calcaires récifaux. Ces argiles sont rarement visibles car elles sont dans la majorité des cas érodées ou recouvertes par des éboulis. Néanmoins, elles subsistent dans certains endroits où elles sont connues à Mzeïta (Mesloulou) et **(iv)** - une zone dite à Clansayes qui termine la formation aptienne; elle est d'épaisseur faible, difficilement identifiable du fait qu'elle est constituée par des

marnes jaunes qui peuvent être facilement confondues avec les marnes de l'Albien. Néanmoins, Dubourdiou (1959) décrit à Mzeïta une série de 40 m d'épaisseur à trois termes qu'il rattache à la zone à Clansayes, avec des marnes jaunes à petites intercalations calcaires où il a récolté des Ammonites de grande taille de genre indéterminé suivi par un banc de 0,60 m de calcaire noir à patine grise et qui se termine par des marnes jaunes fossilifères avec quelques Ammonites indéterminables.

Dans la région, l'épaisseur totale de cette formation aptienne atteint 700 m en moyenne, ce qui traduit une forte subsidence du bassin.

Du point de vue structural, la région d'étude est caractérisée par des anticlinaux étroits de direction NE-SW à ENE-WSW, caractéristiques de ceux de l'Atlas Saharien (fig. 2). Les plis observés dans la région présentent des formes géométriques variables. Ils affectent aussi bien des terrains crétacés que tertiaires et sont, dans la plupart des cas, affectés par une fracturation intense de direction majeure NW-SE.

Dans le secteur de M'Khiriga et Kef Rekhma le contact du diapir triasique (Debidba) avec les couches de couverture, essentiellement aptiennes, est verticalisé et même renversé. Ce contact est représenté par une zone bréchiq ue où affleurent par endroits de la barytine, des sulfures et des oxydes de Fe. Cette zone est dénommée zone ferro-barytique (fig.4).

Il est à noter que dans cette région de l'Atlas Saharien Oriental, interfèrent deux directions structurales majeures, la première NE-SW, marquée par les extrusions triasiques, la seconde NW-SE à WNW- ESE , marquée par des fossés d'effondrements. La zone des fossés est calquée sur des accidents anciens ayant fonctionné initialement au Crétacé, mais leur présentation actuelle est d'individualisation récente, au Pléistocène (Blès, 1969).

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À Ba-F-Pb-Zn DE KEF M'KHIRIGA
(MONTS DU MELLEGUE, NE ALGÉRIEN)

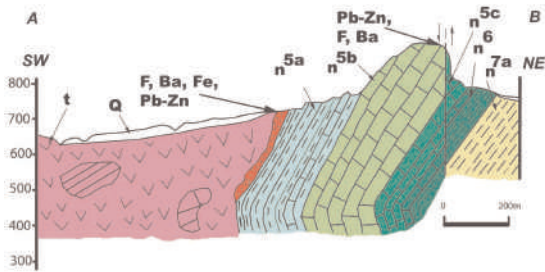


Fig. 4 - Coupe géologique à travers l'anticlinal de Kef M'Khiriga et position des indices minéralisés (Sami, 2004)

Geological cross-section through the Kef M'Khiriga anticline showing mineralized occurrences (Sami, 2004)

III- MINÉRALISATIONS

Les minéralisations dans le secteur de Kef M'Khiriga sont composées de barytine et de fluorine, de galène et des oxydes de fer. Ces minéralisations ont été observées dans une dizaine d'indices répartis en 02 zones minéralisées principales :

1- Zone ferro-barytique

Elle a été reconnue dans le versant sud de l'anticlinal de Kef M'Khiriga, dans les dolomies bréchiques de l'Aptien au contact avec les roches gypsifères et argileuses du Trias. Il s'agit d'amas et de lentilles de barytine-célestine, de fluorite, de sphalérite avec des disséminations de galène, accompagnées par de la calamine, de la smithsonite et des oxydes et hydroxydes de fer. Les dimensions de ces amas et lentilles varient de 30 à 50 m de longueur et de 1 à 2 m d'épaisseur. La minéralisation de cette zone présente deux textures :

a) texture zébrée : l'examen macroscopique de cette texture montre un remplacement du carbonate primaire par de la barytine et de la fluorite suivi par un remplissage tardif des cavités et des fractures par de la sphalérite et de la galène (fig. 5);

b) texture géodique : elle est constituée par de la barytine collomorphe à inclusions de fluorite suivie d'un remplissage des vides par de la sphalérite et galène (fig. 6).



Fig. 5 - Aspect de la texture zébrée dans la zone ferro-barytique

Banded texture within the ferro-baritic zone



Fig. 6 - Texture géodique à remplissage de barytine collomorphe (Zone ferro-barytique)

Geodic texture with barite fillings (ferro-baritic zone)

2- Zone filonienne

La minéralisation de cette zone filonienne apparaît sous deux expressions différentes :

1- une expression filonienne proprement dite localisée sur le versant nord de l'anticlinal de Kef M'Khiriga. Il s'agit d'une zone à filons et filonnets subverticaux de direction NE-SW recoupant les calcaires récifaux de l'Aptien. Ces filons s'estompent et se biseautent dans les marnes et les calcaires gréseux du Clansayésien. La longueur de ces filons varie de 50 à 300 m avec une puissance qui varie de 0,5 à 6 m.

2- une minéralisation à aspect bréchi que qui se rencontre surtout dans la partie sud du massif. Elle se manifeste à la base des calcaires récifaux de l'Aptien et au sommet du Clansayésien; elle se présente sous forme d'imprégnations et de remplissage de cavités dans les brèches et filonnets de calcite de direction NE-SW. La longueur de cette zone varie de 50 à 150 m avec une épaisseur de 1 à 6 m.

Dans les filons, la caisse filonienne est à remplissage souvent massif de calcite, de barytine et de fluorite. La fluorite constitue le minéral principal alors que la galène apparaît sous forme de disséminations. Cette minéralisation est caractérisée essentiellement par une texture rubanée qui montre le caractère polyphasé de la mise en place de la minéralisation dans cette zone. Au moins trois phases de dépôt ont été identifiées : (i)- une première phase de dépôt caractérisée par la mise en place de la barytine 1 (Ba1), suivie par une bande de fluorite massive (F1); (ii)- une deuxième phase de dépôt responsable de la mise en place d'une bande de barytine blanche porcelannée (Ba2), elle même suivie d'une bande de fluorite secondaire (F2) plus sombre finement cristallisée; (iii)- enfin, une troisième et dernière phase de dépôt avec la mise en place d'un liseré de galène soit en agrégats bien cristallisés soit en remplissage massif (fig. 7). Par-

fois, le rubanement est grossier (fig. 8) et dans ce cas, l'observation montre que ce type de texture est précédé par une brèche hydraulique qui serait l'indice d'intenses circulations de fluides hydrothermaux (Jebrak, 1992).

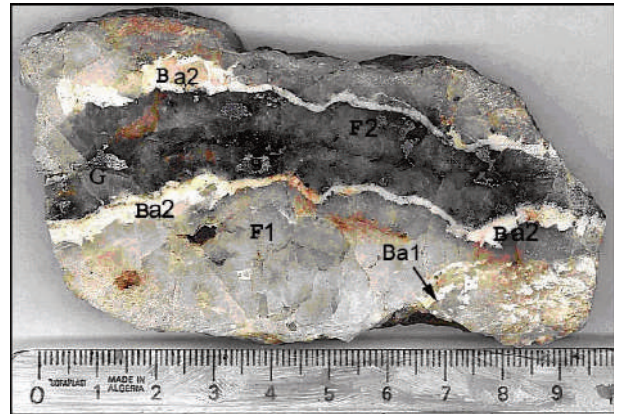


Fig. 7 - Aspect rubané de la barytine et de la fluorite
Barite and fluorite banded texture

Ba1 : Barytine 1 (*Barite 1*); Ba2 : Barytine 2 (*Barite 2*); F1 : Fluorite 1 (*Fluorite 1*); F2 : Fluorite 2 (*Fluorite 2*); G : Galène (*Galena*).



Fig. 8 – Aspect grossier de la texture rubanée rencontrée dans les filons NE-SW

Aspect of coarse texture with the NE-SW veins

Ba : Barytine (*Barite*), F : Fluorite (*Fluorite*), G : Galène (*Galena*), C : Calcite (*Calcite*).

IV- CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES MINÉRALISATIONS

Plusieurs approches géochimiques ont été utilisées pour caractériser les fluides minéralisateurs et les minéralisations du massif de Kef M'Khiriga : analyse des halogènes, étude des inclusions fluides et des isotopes stables.

1- Etude des inclusions fluides

L'étude des inclusions fluides vise à caractériser les fluides responsables de la mise en place de la minéralisation. Pour cela, trois échantillons ont été sélectionnés à partir des deux zones minéralisées (ferro-barytique et filonienne). 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) de l'université de Cergy-Pontoise, France. Une platine de chauffage/refroi-

dissement, LINKAM THMS G600, a été utilisée. Elle présente une large gamme de température (-196° à plus de 600°C).

a) Typologie des inclusions

L'étude a porté sur des cristaux de fluorite qui recèlent essentiellement des inclusions biphasées (phase liquide et phase vapeur). Pour chaque échantillon, près de 18 mesures ont été effectuées sur des lamelles de moins de 1mm d'épaisseur, polies sur les 2 faces. Seules les inclusions primaires ont été prises en compte dans cette étude.

La figure 9 montre la morphologie de ces inclusions qui présentent des formes variables. Leur taille varie entre 10 à 150 µm. Les inclusions des fluorites de la zone ferro-barytique (fig. 9a) et les fluorites 1 de la zone filonienne (fig. 9b) se présentent généralement sous des formes simples (cristaux négatifs), triangulaires à losangiques lorsque leur taille ne dé-

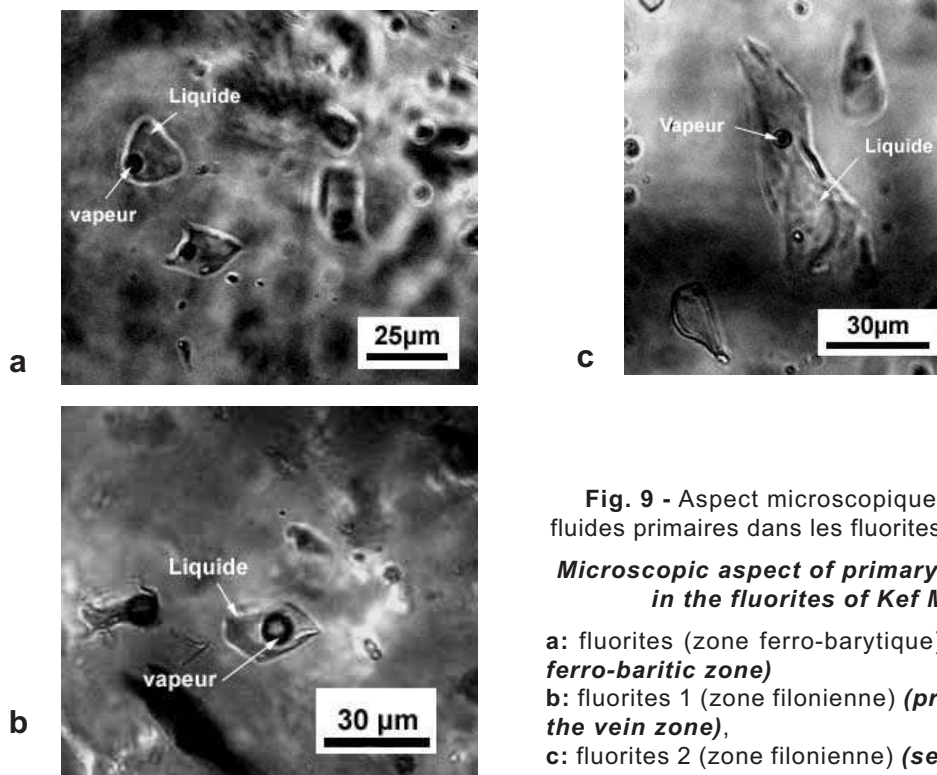


Fig. 9 - Aspect microscopique des inclusions fluides primaires dans les fluorites de Kef M'Khiriga.

Microscopic aspect of primary fluid inclusions in the fluorites of Kef M'Khiriga

- a: fluorites (zone ferro-barytique) (***fluorites of the ferro-baritic zone***)
- b: fluorites 1 (zone filonienne) (***primary fluorites of the vein zone***),
- c: fluorites 2 (zone filonienne) (***secondary fluorites of the vein zone***)

pas les 30 μm . Lorsque la taille de ces inclusions est supérieure à 30 μm , elles apparaissent sous des formes irrégulières. Celles des fluorites 2 de la zone filonienne (fig. 9c) sont beaucoup plus grandes et irrégulières.

La phase vapeur de ces inclusions apparaît sous une forme sphérique. La fraction vapeur représente entre 2 à 10% du volume de l'inclusion. L'estimation molaire des volumes de chacune des phases liquide/vapeur a été faite sur la base de la classification de Roedder (1972) en considérant des inclusions sphériques.

b) Résultats microthermométriques

Les résultats microthermométriques obtenus sur les inclusions fluides primaires sont reportés dans le tableau I.

Les températures d'homogénéisation (T_h) obtenues sur ces inclusions fluides varient de 100 à 150°C pour la zone ferro-barytique, de 150 à 230°C pour les fluorites 1 de la zone filonienne et de 115 à 130°C pour les fluorites 2 de la zone filonienne. L'ensemble des résultats est schématisé sur les diagrammes T_h vs fréquence et T_{fg} vs fréquence (fig. 10) et le diagramme T_h vs T_{fg} (fig. 11).

Tableau I - Résultats microthermométriques des inclusions fluides primaires

Microthermometric results of the primary fluid inclusions

T_h : température d'homogénéisation (*homogenization temperature*); T_{fg} : température de fusion de glace (*ice melting temperature*); T_e : température eutectique (*eutectic temperature*); T_{hh} : température de fusion de l'hydrohalite (*hydrohalite melting temperature*); $Sal\%$: salinité calculée (% éq. NaCl) (*calculated salinity (% eq. NaCl)*).

°C	F1MK (fluorite 1 : zone filonienne)					F2MK (fluorite 2 : zone filonienne)					K10 fluorite (zone Ferro-barytique)				
	T_h	T_e	T_{fg}	T_{hh}	$Sal\%$	T_h	T_e	T_{fg}	T_{hh}	$Sal\%$	T_h	T_e	T_{fg}	T_{hh}	$Sal\%$
1	182	-52	-9	-22	12,91	115	-52	-9	-44	13,25	100	-52	-6,5	-39	10,02
2	195		-5,4			117		-9			104		-9		
3	230		-10			120	-50	-9	-37	12,21	108		-8,1		
4	185		-9			120		-9			134		-11		
5	160		-8			130		-9			155		-10		
6	180		-8,9			120		-9			152		-10		
7	190		-11			120		-9			152		-10		
8	195		-5,4			122		-9			140		-10		
9	230		-9			121		-9			141		-10		
10	182		-9			125		-9			140		-10		
11	195		-5,4			115		-9			108		-10		
12	230		-10			117		-9			134		-10		
13	185		-9			120		-9			155		-10		
14	160		-8			120		-9			152		-9,9		
15	180		-8,9			130		-9			152		-10		
16	190		-11			120		-9			140		-10		
17	195		-5,4			120		-9			141		-9,9		
18						122		-9			140		-10		
19						121		-8					-6,5		
20						125		-9					-9		

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À Ba-F-Pb-Zn DE KEF M'KHIRIGA
(MONTS DU MELLEGUE, NE ALGÉRIEN)

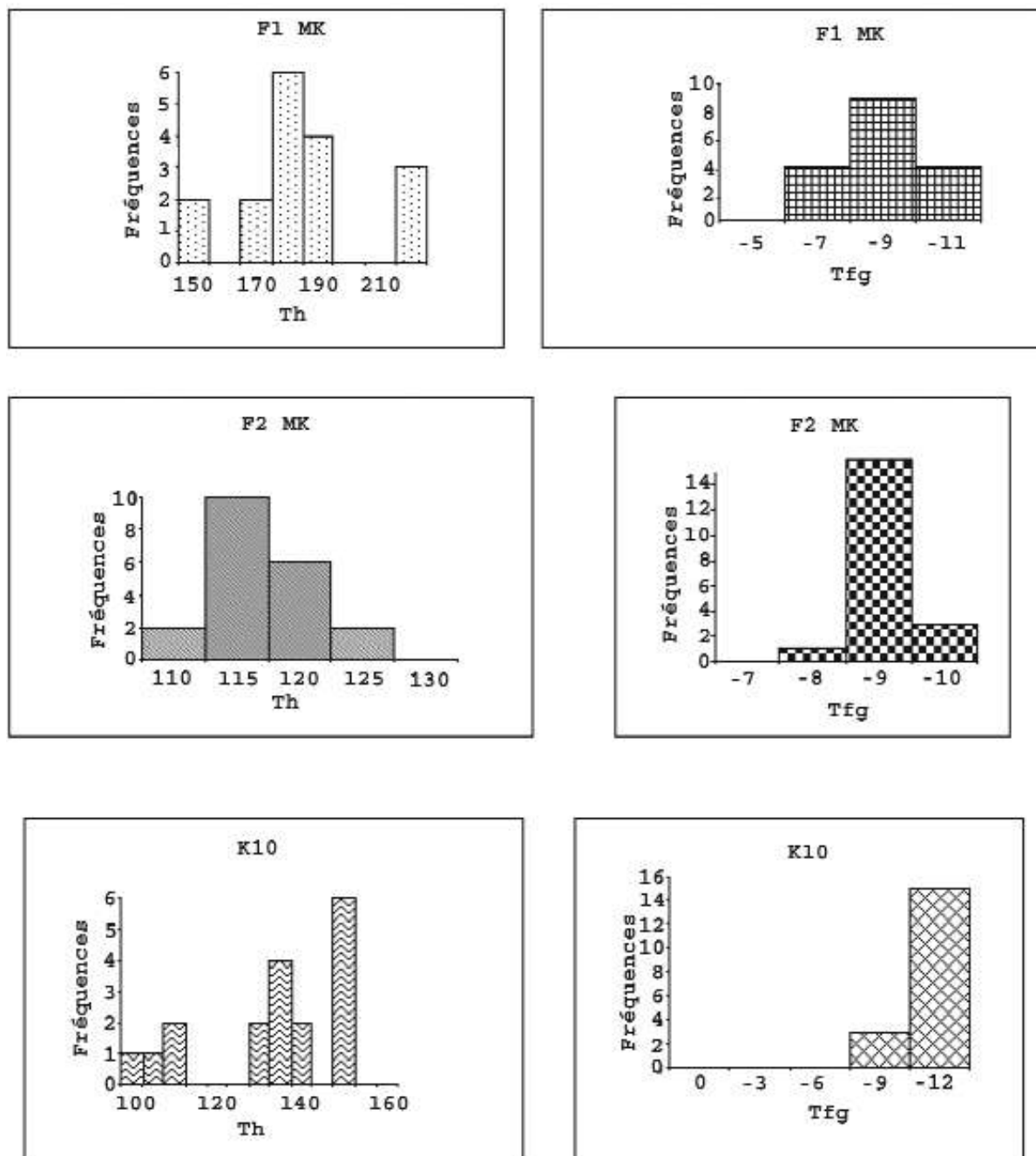


Fig. 10 - Histogrammes des températures d'homogénéisation (Th) et de fusion de glace (Tfg) des inclusions fluides étudiées

Histograms of homogenization (Th) and ice melting (Tfg) temperatures from fluid inclusion studies

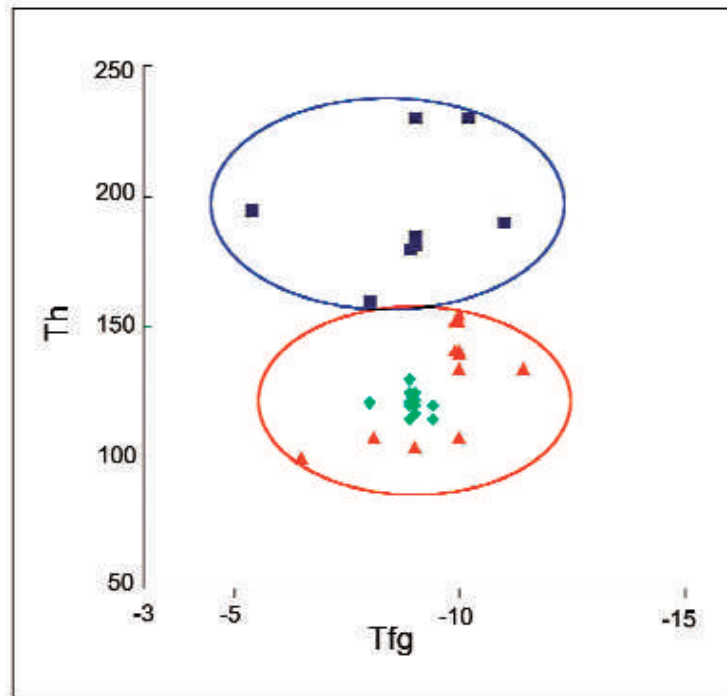


Fig. 11- Diagramme Th versus Tfg des inclusions fluides des fluorites dans les deux zones minéralisées.
Th vs Tfg diagram of fluorite fluid inclusions within the two mineralized zones.

carré (**Square**) : fluorite 1 de la zone filonienne (**primary fluorite of the vein zone**);
 losange (**diamond**) : fluorite 2 de la zone filonienne (**secondary fluorite of the vein zone**);
 triangle (**triangle**) : fluorite de la zone ferro-barytique (**fluorite of the ferro-baritic zone**).

Les températures eutectiques des inclusions 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.

Les salinités sont déterminées en combinant les températures de fusion de l'hydrohalite (Thh) avec les températures de fusion de la glace (Tfg) correspondantes. Le programme informatique de Chi et Ni (2007) a été utilisé pour la détermination de la salinité.

La salinité obtenue pour chacune des zones minéralisées est de 10,02% eq. NaCl pour la zone ferro-barytique, une moyenne de 12,72% eq. NaCl

pour les fluorites 2 de la zone filonienne et 12,91% eq. NaCl pour les fluorites 1 de la zone filonienne.

Les valeurs des Thh, ainsi que celles des Tfg correspondantes (fig. 12) sont projetées sur le diagramme ternaire de Vanko et *al.* (1988), modifié par Oakes et *al.* (1990). Ce diagramme montre que les fluorites de la zone ferro-barytique présentent 5% eq. CaCl₂, les fluorites 1 de la zone filonienne ont une valeur de 4,9% eq. CaCl₂ alors que les fluorites 2 ont une valeur de 10% eq. CaCl₂. Le pourcentage élevé en CaCl₂ des inclusions des fluorites 2 de la zone filonienne est expliqué par le lessivage du calcium des calcaires de l'encaissant.

Ces résultats des études microthermométriques confirment les observations microscopiques et macroscopiques. En effet, les températures les plus élevées correspondent aux fluo-

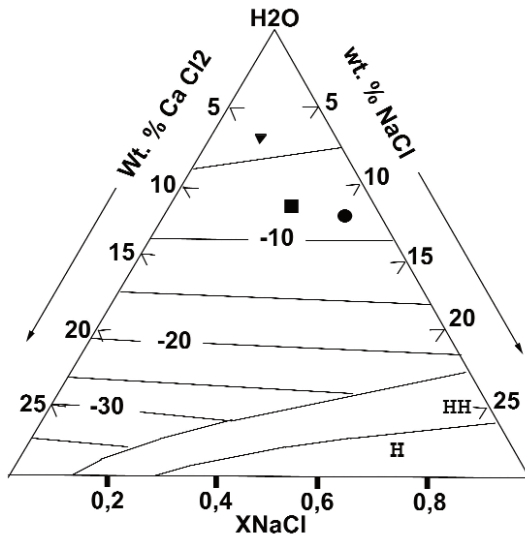


Fig. 12 - Projection des Thh et des Tfg des inclusions dans les fluorites de M'Khiriga dans le diagramme ternaire des salinités de Vanko *et al.* (1988), modifié par Oakes *et al.* (1990).

Plot of Thh and Tfg of fluorites fluid inclusions of Kef M'Khiriga on the salinity ternary diagram of Vanko *et al.* (1988), modified by Oakes *et al.* (1990)

Cercle (Circle) : Fluorite 1 (zone filonienne) (*primary fluorites of the vein zone*);
Carré (squares) : Fluorite 2 (zone filonienne) (*secondary fluorites of the vein zone*);
Triangle (triangles) : Fluorite (zone Ferro-barytique) (*fluorites of the ferro-baritic zone*).

rites de la première génération de la zone filonienne. Les fluorites de la zone ferro-barytique et celles de la deuxième génération de fluorites de la zone filonienne, montrent des températures identiques qui sont en moyenne de 140°C et 120°C.

La détermination de la salinité (12,72% eq. NaCl en moyenne) montre qu'il s'agit d'un même fluide qui est à l'origine de la mise en place de ces différentes générations de fluorites.

2- Analyses des halogènes

Afin de caractériser les fluides responsables de la mise en place des minéralisations étudiées, une dizaine d'échantillons ont été ana-

lysés par la méthode dite de (Crush-Leach » décrite par Botrell *et al.* (1988). Ces échantillons ont été traités au laboratoire du Professeur Walter Prochaska, Department of Applied Geological Sciences of the University of LEOBEN Austria.

Cette méthode analytique consiste à déterminer la composition chimique du soluté. Les échantillons 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 analysée par chromatographie d'ions à l'aide d'un système 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 paléofluides peut être utilisée comme traceur géochimique dans l'étude de la signature originale des différents fluides types des inclusions fluides. Le dosage des éléments comme (F, Cl, Br, I, Na, K, Ca, etc.), peuvent contribuer substantiellement à la connaissance de l'origine des fluides minéralisateurs. L'utilisation du contenu du Br dans la caractérisation de l'origine des saumures a été présentée pour la première fois par Rittenhouse en 1967.

Le Cl et le Br, apparaissent comme les éléments les plus appropriés pour fournir des indications sur l'identité des fluides très fortement salins (Fontes et Matray, 1993).

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.

L'eau de mer contient 19350 ppm de Cl et 67 ppm de Br (Fontes et Matray, 1993), le processus d'évaporation de l'eau de mer ne modifie pas ces valeurs qui se maintiennent jusqu'au début de la précipitation de la halite. A partir

de ce point, le Br enrichit progressivement la saumure résiduelle durant la précipitation de la halite. La halite primaire précipitée contient entre 65 à 75 ppm de Br.

Carpenter *et al.* (1976) a estimé que le Br devrait être de 27 ppm dans la halite en équilibre thermodynamique. Land et Prezbindowski (1981) donnent des valeurs semblables pour la halite recristallisée d'un diapir.

Initialement, les évaporites présentent une porosité de l'ordre de 40 à 50%, par conséquent, elles peuvent contenir le fluide résiduel des saumures enrichies en Br. Il y a aussi la dissolution de la halite nouvellement formée qui peut libérer une saumure avec des concentrations élevées en Br.

Le rapport Cl/Br de l'eau de mer est évalué à 680, quant à celui des fluides résiduels issus de la dissolution de la halite est largement supérieur. Le rapport des fluides résiduels des saumures qui permet la précipitation de la halite est inférieur à 680 (Prochaska, 2001) (fig. 13a).

Land et Prezbindowski (1981) et Carpenter (1986) ont montré que la recristallisation de la ha-

lite en présence d'un fluide saturé, libérera du Br.

Les résultats des 07 échantillons analysés décrits dans le tableau 2 donnent :

- des teneurs en Br de 16,64 ppm dans la zone bréchique. Dans la zone filonienne, les teneurs en Br varient de 4,8 à 62,8 ppm, alors que dans la zone ferro-barytique ces teneurs varient entre 10,05 à 39,94 ppm. Pour les dolomies triasiques, la teneur en Br est de 254,3 ppm. Ces teneurs faibles en Br indiqueraient que le fluide ne provient pas de la cristallisation de la halite mais plutôt de sa dissolution;

- le rapport Cl/Br est compris entre 672 et 5810, pour la zone ferro-barytique. Ce rapport est de 1117, dans la zone bréchique et il varie entre 769 et 2364 dans la zone filonienne. Ces résultats indiquent que le fluide responsable de la mise en place des minéralisations de notre secteur est un liquide résiduel issu de la dissolution de la halite.

Ces résultats confirment ceux obtenus par Prochaska *et al.* (2007) et sont comparables à ceux que l'on connaît sur les gisements de Type MVT (fig. 13a, b).

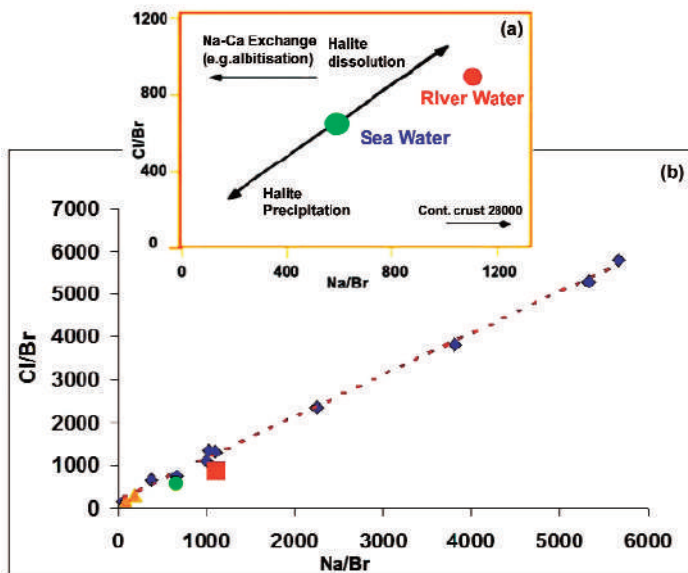


Fig. 13 - Diagramme Cl/Br versus Na/Br

Diagramm Cl/Br versus Vs Na/Br

(a) dissolution et cristallisation de la halite (Prochaska, 2001) (**halite dissolution and cristalization (Prochaska, 2001)**)

(b) des inclusions fluides des indices de Kef M'khiriga (**fluide inclusions from Kef M'khiriga prospect**);

triangle jaune (**yellow triangle**): MVT, cercle Vert (**green cercle**): eau de mer (**sea water**), carré rouge (**red square**): eau de rivière (**river water**), carré bleu (**blue square**): Kef M'khiriga (**Kef M'khiriga**).

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À Ba-F-Pb-Zn DE KEF M'KHIRIGA
(MONTS DU MELLEGUE, NE ALGÉRIEN)

Tableau II - Résultats des analyses sur les halogènes des échantillons de Kef M'Khiriga comparés à ceux des MVT, des eaux de mer et d'eaux douces

*Analysis results of halogens from Kef M'Khiriga compared with MVT,
sea water and fresh water*

Ech.	Description	Li (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	F (ppm)	Cl (ppm)	Br (ppm)	SO ₄ (ppm)	log Br/Cl(mol)	Na mol	Cl mol	Br mol	Na/Br mol	Cl/Br mol
MK7B ***	Barytine	24,5	915	604	701	16200	4256	1632	4,8	20133	-2,89	40	46	0,059826171	665	769
MK7F***	Fluorite	5,5	7946	631	433	9512	12068	14815	25,1	1051	-3,12	346	418	0,313609689	1102	1332
MK24D	Dolomie du Trias	18,6	4351	1318	22921	38077	338	17007	254,3	110483	-2,18	189	480	3,182953202	59	151
MK-51 ***	Calcite, Galène, Fluorite et Barytine	7,38	11194,32	606,96	3194,72	9253,67	8024,3	18211,55	17,36	9919,65	-3,37	487	514	0,217260713	2241	2364
MK-1**	Calcite, Fluorite	2,19	4780,57	317,7	926,71	16226,12	76,12	8248,99	16,64	1469,64	-3,05	208	233	0,2082499	999	1117
MK-2*	Calcite, Barytine, Fluorite et Galène	1,97	2125,11	888,69	3220,98	31293,51	6989,24	1841,29	32,35	19614,15	-2,11	92	52	0,404860833	228	128
MK 22C***	Calcite		606,15	746,36	1915,81	24511,93	704,86	493,92		21300,47		26	14	0,217260713	2241	2364
Mississippi birnes			63000					200400	2340	128	-2,29	2740	5653	29,28514217	94	193
Mississippi			61100					150700	1070	80	-2,5	2658	4251	13,39106928	198	317
River water			6300	2300			100	7800	20	11200	-2,94	274	220	0,25030036	1095	879
Sea water			10556	392	1290	412		18890	65	2649	-2,82	459	533	0,813476171	564	655
rain water			400	30				500	30	2000	-1,57	17	14	0,375450541	46	38

* : Zone ferro-barytique, ** : Zone bréchtique, *** : Zone filonienne

3- Isotopes stables

L'étude des isotopes du soufre, du carbone et de l'oxygène a été réalisée sur le gypse triasique ainsi que sur les galènes, sphalérites et barytines et la gangue calcitique des massifs de M'Khiriga, Boudjabeur et Kef Rekhma (tabl. III et IV). Les résultats obtenus sont utilisés pour évaluer la contribution des sulfates triasiques à la genèse de ces minéralisations. L'analyse isotopique de l'oxygène et du carbone de la calcite 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 (SUERC), Glasgow, UK.

Deux échantillons du gypse des formations triasiques ont donné des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de +15,4 et +15,2‰. Ces valeurs sont semblables à celles des sulfates triasiques des monts du Mellègue (Salmi-Laouar et al., 2007) et des ré-

Tableau III - Composition isotopique du soufre des sulfates triasiques (gypse), des sulfures et de la barytine de la région de Kef M'Khiriga.

Sulfur isotopic composition of carbonates (Gangue calcite) from the Kef M'Khiriga region

Locality	Sample N°	Formation	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ (‰)
Gypse triasique			
M'Khiriga	Mes1	Trias	15,4
Boudjabeur	SML13-59m	Trias	15,2
Sulfures			
M'Khiriga	K18	Ga	4,1
	MK52	Ga	4,5
Kef Rekhma	R10	Sp	10,9
Barytine			
M'Khiriga	K11	Ba	21,1
	MK10	Ba	23,1

Tableau IV - Composition isotopique des carbonates (calcite de gangue) du secteur de Kef M'Khiriga.

The isotopic composition of carbonates (Gangue calcite) from the Kef M'Khiriga region

Locality	Sample N°	Mineral	$\delta^{13}\text{CPDB}$ (‰)	$\delta^{18}\text{OSMOW}$ (‰)
Kef Rekhma	R1	calcite	3,3	24,5
	KR	"	3,4	24,7
	R10	"	2,8	24,4
Kef M'Khiriga	MK	"	6,3	24,5

gions limitrophes (Tunisie; Charef, 1986; Sheppard et al., 1996) ainsi qu'à celles obtenues sur les formations triasiques dans 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 Kef M'Khiriga 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.

Trois échantillons de minéraux sulfurés (galène et sphalérite) ont donné des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de +4,1 et +4,5‰ pour la galène et +10,9‰ pour la sphalérite. 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 miniers 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 (ex: Dubourdieu, 1956; Othmanine, 1987; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune et al., 1995; Salmi-Laouar, 2004; Salmi-Laouar et al., 2004, 2007).

Les résultats de l'étude des inclusions fluides sur les fluorites des différentes zones minéralisées de Kef M'Khiriga 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 H₂S, pauvre en ³⁴S, se dépose sous forme de sulfures alors que le SO₄²⁻ restant dans le fluide, enrichi en isotope lourd, se dépose sous forme de sulfate (barytine). Les valeurs isotopiques du soufre obtenues sur cette dernière sont de l'ordre de +21,1 et +21,3‰ (tabl. III).

Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ de la calcite de gangue (quatre échantillons) varient entre +2.8 et +6.3‰. Ils correspondent à une origine inor-

ganique du carbone, qui dériverait vraisemblablement des calcaires encaissants puisque les valeurs de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ du carbone organique sont dans la majorité des cas négatives élevées ($-25\text{‰} > \delta^{13}\text{C} > -32\text{‰}$) (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 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ qui varient entre -1 et +4‰ et $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} \approx +25\text{‰}$. A Kef Rakhma, les calcites montrent des valeurs $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ et $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ similaires +2.8 à 3.4‰ et +24.4 à 24.7‰ respectivement (tabl. IV) alors qu'un échantillon prélevé de Kef M'Khiriga (MK) est légèrement enrichi en ¹³C ($\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = +6.3\text{‰}$). Ceci peut être attribué à : (1) l'effet du refroidissement sur le coefficient du fractionnement calcite-fluide et (2) le changement dans l'abondance relative des espèces aqueuses du carbone (HCO₃⁻ par rapport à CO₂ aqueux) suite à une augmentation du pH durant l'ébullition (Drum-

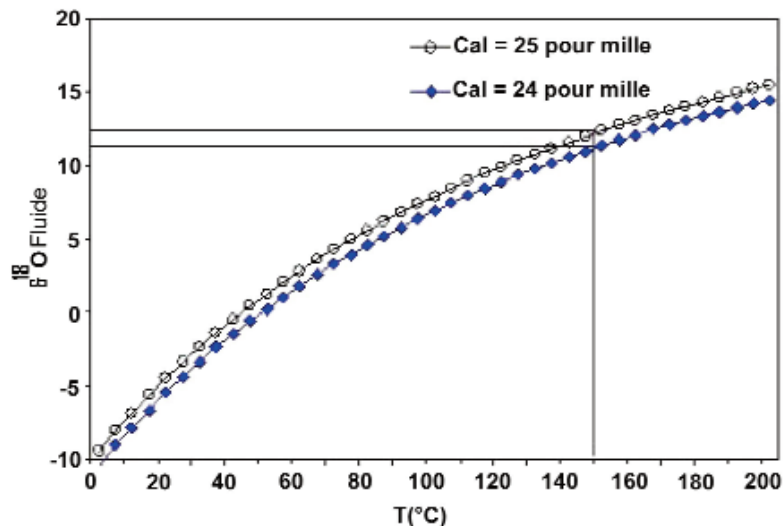


Fig. 14 - Courbes du fractionnement isotopique calculé des calcites du massif de Kef M'Khiriga sur le diagramme température (T moyenne obtenue à partir de l'étude des inclusions fluides) vs $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW-FLUIDE}}$. L'équation du fractionnement isotopique calcite-eau d'après Friedman et O'Neil (1977).

Calculated isotopic fractionation curves of the Kef M'Khiriga calcites on the temperature diagram (Mean temperature obtained FRM fluid inclusion studies) versus $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW-FLUIDE}}$. Isotopic fractionation equation of calcite-water after Friedman and O'Neil (1977).

mond 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 de Kef M'Khiriga 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 valeurs de $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ entre +24.4 et +24.7‰, l'ensemble indique que la composition isotopique du fluide est d'environ 12‰ (fig. 14). Cette valeur correspond bien à la composition d'un fluide dérivé des 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 périadiapirique de Fedj El Adoum (Tunisie).

Ces données des isotopes stables montrent que les minéralisations périadiapiriques de Kef M'Khiriga sont à rattacher aux minéralisations de Type (MVT) (Velasco et al., 1994; Bouabdellah et al., 1999; Boutaleb et al., 2000). Cette similitude est aussi soulignée par Price et Kyle (1983) et Rouvier et al. (1985).

V- CONCLUSION

Les résultats de cette étude conduisent aux conclusions suivantes :

- le secteur de M'Khiriga est caractérisé par des formations carbonatées dolomitisées, d'âge aptien, renversées au contact du Trias diapirique. Structuralement, il s'agit de la terminai-

son périclinale du grand anticlinal Mesloua-Oued Kébarit. Il est recoupé par des fractures de directions NE-SW;

- la minéralisation est essentiellement portée par des dolomies aptiennes. Elle se présente sous deux formes : **(a)** amas bréchiques lenticulaires (zone ferro-barytique) dans les dolomies bréchiques de l'Aptien au contact avec le Trias du diapir de Mesloua; **(b)** minéralisation de type filonienne qui constitue le remplissage des fractures de direction NE-SW qui recoupent les calcaires récifaux de l'Aptien;

- l'étude des inclusions fluides primaires contenues dans les fluorites des zones ferro-barytique et filonienne, montre qu'il s'agit d'un fluide de salinité faible (12,72% eq. NaCl). Les températures de ses minéralisations sont anormalement chaudes (jusqu'à 240°C) pour des minéralisations que l'on peut rattacher au type MVT;

- les analyses réalisées sur les halogènes montrent des teneurs faibles en Br et des rapports Cl/Br qui correspondent à ceux d'un liquide, résiduel de saumures ayant précipité la halite;

- les résultats obtenus par l'étude des isotopes stables du soufre, de l'oxygène et du carbone indiquent : **(a)** une origine commune du soufre dérivée vraisemblablement par réduction thermochimique des sulfates triasiques; **(b)** une source inorganique du carbone provenant vraisemblablement des roches carbonatées locales; **(c)** la source des fluides serait les eaux de formation.

Remerciements : Je tiens à remercier le professeur Djamel Eddine AISSA de la Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Université Houari Boumediene Alger, ainsi que le professeur Ramdane MARMI du département des Sciences de la terre, Université Mentouri de Constantine, d'avoir accepté de lire et de revoir cet article qui sans leurs critiques n'aura pas eu la forme et le contenu actuel.

BIBLIOGRAPHIE

- AOUJJEHANE, M. 1991.** Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidéritique dans le NE algérien, *in*: Source, Transport and disposition of metals. Pagel et J. Leroy (eds), *Belkema, Rotterdam*, pp. 419-422.
- 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, Nlle. 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, SH., 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 Touisit-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.
- BOUTALEB, A., AFALFIZ, A., AÏSSA, D. E., KOLLI, O., MARIGNAC, CH. ET TOUAHRI, B. 2000.** Métallogénie et évolution géodynamique de la chaîne tellienne en Algérie. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 11 (1), pp. 3 – 27.
- 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). *Bulletin du Service Géologique National, Algérie*, 17 (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.
- CARPENTER, A.B., TROUT M.L. AND PICKETT E.E. 1976.** Preliminary report on the origin and chemical evolution of lead and zinc rich oil field brines in central Mississippi. *Econ. Geol.*, 69, pp. 1191-1206.
- 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 : études des inclusions fluides et des isotopes (H, C, O, S, Pb) des gisements des Malines (France), Jebel Halouf Sidi flou Aouane et Fedj El Adoum (Tunisie). *Thèse Doct. Etat, Inst. Nat Polytech. Lorraine., Nancy*.
- 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.
- CHI, G.X. AND NI, P. 2007.** Equation for calculation of NaCl/(NaCl+CaCl₂) ratios and salinities from hydrohalite-melting and ice – melting temperatures in the H₂O-NaCl-CaCl₂ system. *Acta Petrologica Sinica*, vol. 23, pp. 33-37.
- 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.

- 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.** Etude 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.
- FONTES J.C. AND MATRAY, J.M. 1993.** Geochemistry and origin of formation brines from the Paris Basin, France. 1. *Brines associated with Triassic salts. Chem. Geol.* 109, pp. 140-175.
- 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 édition, USGS, Washington.*
- HADDOUCHE, O. 2003.** Contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) de la région d'EL Ouasta (Souk Ahras). *Thèse Magister, FSTGAT, USTHB, Bab Ezzouar Alger.*
- 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. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 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 Sakièt-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.
- JEBRAK, M. 1992.** Les textures intra-filoniennes, marqueurs des conditions hydrauliques et tectoniques. *Chron. Rech. Min.*, n° 506, pp. 25-35.
- LAATAR, E. 1980.** Gisement de Pb-Zn et diapirisme du Trias salifère en Tunisie septentrionale : les concentrations périadiapiriques du district minier de Fedj el Adoum. *Thèse 3^{ème} 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 ZHANG, Z. Y. 1986.** Carbon and oxygen isotope analyses of Chinese carbonate reference samples. *Bull. Of the Geological 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.
- ORGEVAL, J.J. 1995.** Peridiapiric metal concentration at Bou Grine (Tunisian Atlas): Some Geochemical characteristics. In : Pasava, J., Kribek, B, Zak, K. (eds.). *Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts. Balkema, Rotterdam*, pp. 299-302.
- ORGEVAL, J.J., GIOT, D., KAROUI, J., MONTHEL, J. ET SAHLI, R. 1986.** Le gisement de Zn-Pb de Bou Grine (Atlas tunisien). Description et historique de la découverte. *Chron. Rech. Min.*, n°482, pp. 5-32.
- OTHMANINE, A. 1987.** Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott. Relation entre la paléogéographie albo-aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Univ. P. et M. Curie, Paris VI*, n°87-58, 220p.

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE DES FLUIDES MINÉRALISATEURS DE L'INDICE À Ba-F-Pb-Zn DE KEF M'KHIRIGA
(MONTS DU MELLEGUE, NE ALGÉRIEN)

- PERTUISOT, V., HATIRA, N. ET ROUVIER, H. 1987.** Concentrations métallique (Pb, Zn) sous un surplomb diapirique : exemple du Jebel Bou Khil (Tunisie septentrionale). *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. III, n°6, pp. 1153-1160.
- PRICE, P.E. AND KYLE, J.R. 1983.** Metallic sulfide deposits in Gulf Coast salt-dome caprocks. *Gulf Coast Association, Geological Society Transactions*, 33, pp. 189-193.
- 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.
- RITTENHOUSE, G. 1967.** Bromine in oil-field waters and its use in determining possibilities of origin of these waters. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 51 (12), pp. 2430-2440.
- 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.
- ROEDDER, E. 1984.** The fluids in salt. *American Mineralogist*, vol 69. pp. 413-439.
- ROUVIER, H., PERTUISOT, V. AND MANSOURI, A. 1985.** Pb-Zn Deposits and salt-bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Economic Geology*, 80, pp. 666-687
- 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 d'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. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 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). *Bulletin de Service Géologique National*, vol. 18, N°3, pp. 315-323.
- SAMI, L. 2004.** Contribution à l'étude géologique et géochimie des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Méskiana : Exemple des indices d'Es Souabaa et de M'Khiriga, (Atlas Saharien oriental). *Thèse Magister, FSTGAT, USTHB, Bab Ezzouar, Alger*.
- SAMI, L. ET KOLLI, O. 2003.** Ba, F, Pb, Zn mineralization in the neighborhood of Dj. Mesloul (North-Eastern Algeria). *Mineral Exploration and Sustainable Development*, Eliopoulos et al., (eds). *Millpress, Rotterdam*. pp. 713-716.
- SCHOELL, M. 1984.** Recent advances in petroleum isotope geochemistry. *Organic Geochemistry*, 6, pp. 645-663.
- 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.F., CHAREF, A. AND BOUHLEL, S. 1996.** Diapirs and Zn-Pb mineralisation: A general model based on Tunisian (N. Africa) and Gulf Coast (U.S.A.) deposits. *Society of Economic Geologist, Special Publication*, 4, pp.230-243.
- SIMMONS, S.F. AND CHRISTENSON, B.W. 1994.** Origins of calcite in a boiling geothermal system. *American Journal of Sciences*, 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.
- 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* : Fonboté, 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.
- WAGNER, T., WILLIAMS-JONES, A.E. AND BOYCE, A.J. 2005.** Stable isotope-based modeling of the origin and genesis of an unusual Au-Ag-Sn-W epithermal system at Cirotan, Indonesia. *Chemical Geology*, 219, pp. 237-260.
- YEH, H.W. AND EPSTEIN, S. 1981.** Hydrogen and carbon isotopes of petroleum and related organic matter. *Geochimica et Cosmochimica, Acta* 45, pp. 735-762.