

LES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) D'EL OUASTA (ALGÉRIE NORD ORIENTALE) : TYPOLOGIE ET APPORT DES ÉTUDES D'INCLUSIONS FLUIDES.

Omar HADDOUCHE*, Abdelhak BOUTALEB**, Ronan HEBERT***,
David PICARD*** et Lounis SAMI*

RÉSUMÉ

Les minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) d'El Ouasta se développent autour d'un diapir évaporitique situé dans la zone des "dômes" de la partie septentrionale de l'Atlas saharien oriental. Ces minéralisations sont caractérisées par une association minérale composée essentiellement de sphalérite, galène, marcasite, pyrite, barytine et localement la célestine, associée à des produits d'oxydation variés (hématite, goethite, hémimorphite, smithsonite, cérusite, anglésite, covellite, digénite, malachite et azurite).

Les corps minéralisés se présentent sous trois formes principales : une minéralisation à Fe, Ba (Sr) en amas stratoïdes bordant l'ensemble triasique argilo-gypseux, une minéralisation à Pb-Zn, fine disséminée dans les lamines carbonatées du passage Cénomaniens-Turonien (faciès Bahloul) et une minéralisation à Pb-Zn, Ba (Sr), en amas bréchiques ou veinulées, liée à des remplissages de cassures de direction NW-SE, E-W et NE-SW, affectée par une intense dolomitisation, sidéritisation et silicification. L'étude microthermométrique effectuée sur des cristaux de quartz associés à ce dernier type de minéralisation montre une distribution des températures d'homogénéisation comprises entre 96,3 à 180,8 °C. Les valeurs des températures de fin de fusion, après congélation sont comprises entre - 12 et - 13,6 °C, ce qui correspond à des salinités variant entre 15,96 et 17,43 % éq. poids NaCl.

Par leurs caractéristiques géologiques et gîtologiques, ces différents types de concentrations minérales présentent de nombreuses analogies avec les gîtes péridiapiriques de l'Afrique du nord, considérés comme une variante des gisements "MVT" (Perthuisot et Rouvier, 1988) et se comparent au modèle proposé récemment par Sheppard *et al.*, (1996) qui propose un type stratiforme Sedex pour les minéralisations associées au faciès tunisien Bahloul. En Algérie, ce type permettra de définir un nouveau guide de prospection métallogénique pour l'ensemble de la zone des "dômes".

Mots clés : El Ouasta - Diapir - Atlas saharien - Stratoïdes - Faciès Bahloul - Fractures - Sulfures-Sulfates - Inclusions fluides.

*Service Géologique de l'Algérie, O.R.G.M., Bp 102 Boumerdès, Algérie

** Laboratoire de Géologie Minière, FSTGAT/USTHB, Bp.32, El Alia Bab Ezzouar, Alger, Algérie

*** Laboratoire de Pétrologie et d'Inclusions Fluides, Université de Cergy-Pontoise, Le Campus, 8 avenue du Parc, Bâtiment I -95031 Cergy-Pontoise cedex, France

- Manuscrit déposé le 27 Décembre 2003, accepté après révision le 23 Février 2004.

MINERALIZATIONS WITH Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) OF EL OUASTA (N-E ALGERIA): TYPOLOGY AND CONTRIBUTION OF THE FLUID INCLUSIONS STUDIES.

ABSTRACT

Mineralizations with Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) of El Ouasta are developed around an evaporitic diapir located in the northern part of East Saharian Atlas. These mineralizations are characterized by a mineral association with sphalerite, galena, marcasite, pyrite, barite and locally celestite, associated with varied minerals of oxidation (hematite, goethite, hémimorphite, smithsonite, cerusite, anglesite, covellite, digenite, malachite and azurite).

The orebodies are presented in three principal forms: a mineralization with Fe, Ba (Sr) in the form of stratoïd lens bordering the argilo-gypseous Triassic, a mineralization with Pb-Zn, fine disseminated in roll carbonated Cénomaniens-Turonien passage (Bahloul facies) and a mineralization with Pb-Zn, Ba (Sr), in the form of lens brecciated or veinlets, dependent on filling of fractures of direction NW-SE, E-W and NE-SW. The microthermometric investigations on fluid inclusions of quartz of the last group, which affected by an intense dolomitization, sideritization and silicification give homogenization temperatures in the range 96,3 to 180,8 °C. The melting points after freezing spread from - 12 to - 13,6 °C, which give salinities from 15,96 to 17,43 weight % NaCl equivalent.

From their geological and metallogenetic characteristics, these various types of mineral concentrations present many analogies with the peridiapiric deposits of North Africa, considered as an "MVT" type (Perthuisot and Rouvier, 1988) and are distinguished overall in the model suggested recently by Sheppard *and al.*, (1996). These one, evoke the stratiform type "SEDEX" for mineralisations associated with the Bahloul facies. In Algeria, this type will make it possible to define a new guide of metallogenetic prospection for the whole of the zone of diapirs.

Key words: El Ouasta - Diapiric - Saharian Atlas - Lens - Bahloul facies - Fractures - Sulfides - Sulfates - inclusions fluid.

INTRODUCTION

Les minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) d'El Ouasta ont fait l'objet d'exploitations minières intenses, dont les plus anciennes remontent à l'époque numide. Celles-ci ont été intensifiées au temps de l'occupation française, où plus de 30 000 tonnes de minerais polymétalliques (essentiellement à calamine et accessoirement la sphalérite, pyrite et galène) ont été extraits par galeries dans les années 30.

Les travaux géologiques de David (1956) et Vila *et al.* (1996) sur la région d'El Ouasta constituent l'ensemble des données disponibles. En métallogénie, les références sont celles de

Sainfeld (1952), Hatira (1988), Rouvier (1990) et des travaux de prospection de l'ORGM (Bouhanes *et al.*, 1996).

Les minéralisations rencontrées dans le secteur d'El Ouasta se présentent sous forme d'amas bréchiques, veinulées et amas stratoïdes qui se caractérisent en général par la même paragenèse : sphalérite, galène, hématite, barytine et célestine. Ces minéraux sont souvent accompagnés de divers produits d'oxydation. A l'échelle régionale, ces différents corps minéralisés se rattachent aux types de gisements associés au Trias diapirique de l'Algérie (Rouvier *et al.*, 1985; Rouvier, 1990, Otmanine, 1987; Bouzenoune, 1993; Aoudjehane, 1989-1991 et Moula, 1998)

et de Tunisie (Smati, 1986; Orgeval *et al.*, 1986; Charef, 1986; Hatira, 1988; Bouhleb, 1993; Sheppard *et al.*, 1996).

Le travail que nous présentons consiste essentiellement à décrire les caractéristiques morphologiques, minéralogiques et microthermométriques de ces concentrations minérales afin de mieux appréhender leurs significations métallogéniques. Pour cela, nous n'avons pas manqué de faire référence à chaque fois aux travaux centrés sur le diapirisme aussi bien en Afrique du Nord qu'à la "Gulf Coast" des Etats Unis d'Amérique.

CADRE GEOLOGIQUE

Le secteur d'El Ouasta représente l'une des nombreuses structures extrusives de la "zone des diapirs" de l'Atlas saharien oriental algérien. Il correspond à la moitié sud-ouest de la structure anticlinale d'El Ouasta-Sakiet Sidi Youcef de direction NE-SW (fig. 1a, 1b); la partie nord-est passe au-delà de la frontière, jusqu'à la région de Sakiet Sidi Youcef en Tunisie.

A l'exception du Trias argilo-gypseux qui occupe le cœur du dispositif, la couverture sédimentaire comprend des termes du Crétacé allant de l'Aptien au Santonien. Ces derniers, sont essentiellement représentés par un ensemble marno-gréseux à Orbitolines de l'Aptien, surmonté par des faciès marno-calcaires de l'Albien-Cénomaniens, des calcaires du Turonien et enfin une série marneuse du Sénonien. Le passage Cénomano-Turonien se fait par l'intermédiaire d'une petite formation de calcaires en plaquettes d'épaisseur maximum de 15 m. En Tunisie, ce faciès carbonaté à lamines porte l'essentiel de la minéralisation plombo-zincifère du gisement de Bou Grine (Orgeval *et al.*, 1986).

Le contact entre le Trias et les terrains alboaptiens se fait par l'intermédiaire de formations dolomitiques bréchiques à intense dissolution,

d'aspect lenticulaire. Celles-ci ont révélé un cortège varié de minéraux de néoformation, parmi lesquels on trouve de la dolomite porphyroblastique, du quartz bipyramidé à inclusions d'anhydrite et des phyllites (Haddouche, 2003). D'après certains auteurs, ces minéraux de néo-formation sont caractéristiques des séries subsidentes (Kulke, 1972; Crampon, 1973; Perthuisot, 1978, Perthuisot *et al.*, 1983; Hatira, 1988; Aoudjehane, 1989; Moula, 1998), de métamorphisme d'enfouissement (Kulke, 1979) ou bien de métamorphisme hydrothermal (Crampon, 1973). D'après Aoudjehane (1989), ces minéraux résultent de l'évolution de l'encaissant et de la matrice des brèches. L'aspect corrodé et craquelé des cristaux de quartz bipyramidés à inclusions d'anhydrite et de la dolomite porphyroblastique (fig. 2a-b), ainsi que la torsion et la fracturation des phyllites sont des faits évoquant pour certains auteurs (Perthuisot, 1983; Moula, 1998) l'intensité de la mobilisation triasique sous des pressions tectoniques.

Ce sont ces formations carbonatées bréchiques qui, en Algérie et particulièrement en Tunisie sont considérées comme équivalentes de la zone calcitique des caps-rocks et portent une partie intéressante des minéralisations sulfurées péri-diapiriques (Aoudjehane, 1989; Hatira, 1988; Otmanine, 1987; Moula, 1998; Sheppard *et al.*, 1996).

Sur le plan structural, l'anticlinal d'El Ouasta offre deux segments géométriques bien distincts, soulignés par une dissymétrie axiale :

- Une partie occidentale très étroite et étirée qui marque la fermeture périclinale de cet anticlinal, dessinée par les calcaires récifaux de l'Albien moyen.
- Une partie orientale plus large qui passe au delà de la frontière algéro-tunisienne vers le NE, jusqu'à la région de Sakiet Sidi Youcef.

La fracturation est très intense et les directions les plus remarquables sont $N80-N90^\circ$ et

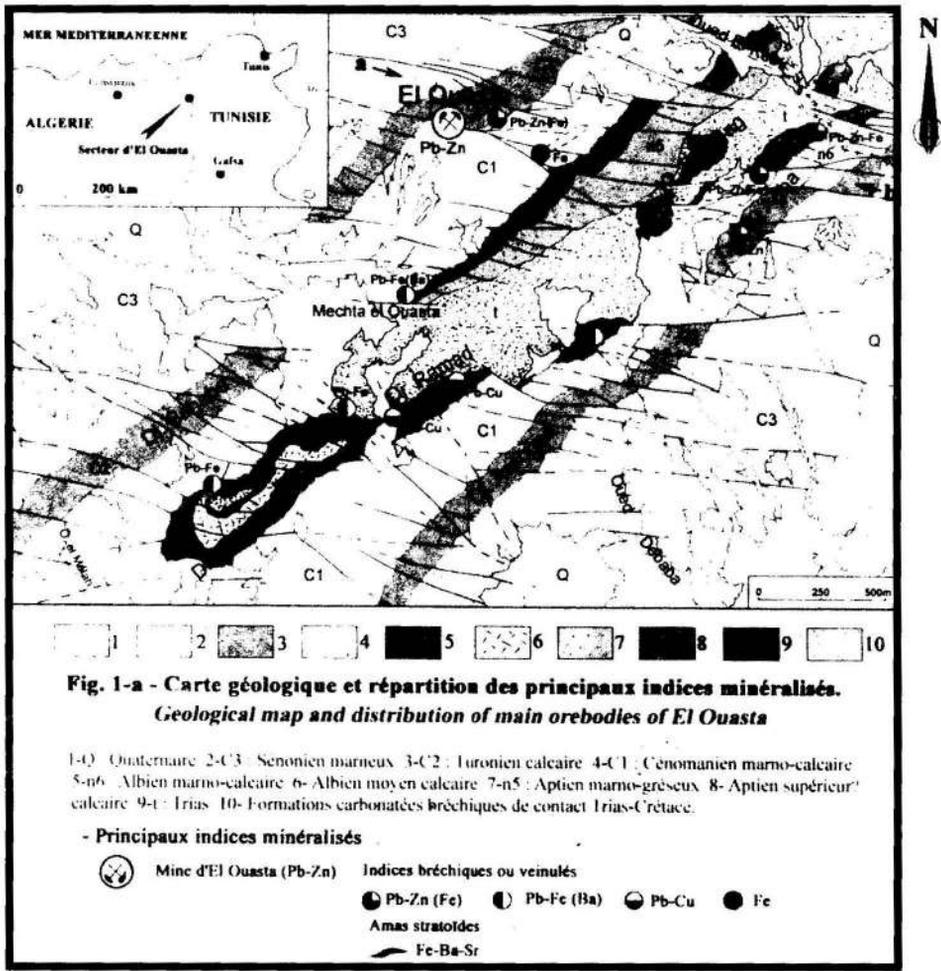


Fig. 1a - Carte géologique et répartition des principaux indices minéralisés
 Geological map and distribution of main orebodies of El Ouasta



Fig. 1b - Coupe interprétative (a-b) à travers la structure d'El Ouasta
 Interpretative cross-section (a-b) of El Ouasta structure

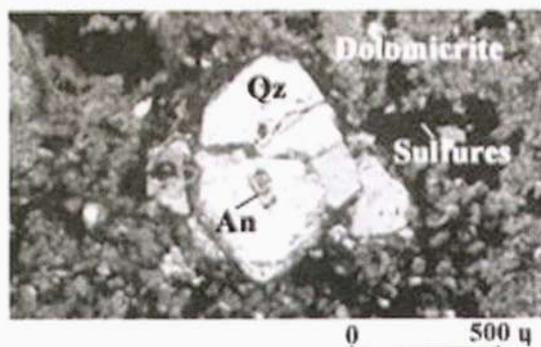


Fig. 2a - Quartz bypiramidé (Qz) craquelé à inclusions d'anhydrite. An : Anhydrite

Cracked bipyramidal quartz

N120-N160° à composante décrochante dextre. On note aussi la présence de fractures N45-N50° moins abondantes qui, au niveau de l'ancienne mine d'El Ouasta, s'interrompent fréquemment au contact des fractures précédentes. Elles présentent des épaisseurs très considérables (jusqu'à plus de 50m) avec des rejets verticaux très faibles et s'accompagnent souvent par de fortes manifestations de broyages à éléments du Cénomano-Turonien, ainsi que par une minéralisation sulfurée et des produits d'altération météorique (rozenite, szolmolnokite, kutnhorite magnésienne).

Au contact du Trias, les formations albo-aptiennes sont très redressées. Sur le flanc SE, aux alentours de Koudiat El Agba, les premiers niveaux calcaires gréseux à Orbitolines sont nettement inclinés vers le NW. A cet endroit, on note particulièrement le développement de faciès sub-récifaux de l'Aptien supérieur sous forme d'une grande lentille. Un peu plus loin vers le Nord, aux alentours de Koudiat El Berouag, ces formations forment des collaps structures qui reposent directement sur le matériel triasique (fig.1b).

GITOLOGIE

On peut distinguer, en fonction des critères géologiques, morphologiques et minéralogiques trois (03) minéralisations:



Fig. 2b - Dolomite porphyroblastique (Dp) déformée
Qz : Quartz; Ds : Dolosparite; Ba : Barytine

Deformed porphyroblastic dolomite

a - Les minéralisations liées aux amas bréchiques de l'ancienne mine d'El Ouasta

La minéralisation est essentiellement plombo-zincifère, portée par des corps bréchiques parfois très épais (jusqu'à plus de 50 m) qui recourent les formations du Cénomaniens-Turonien en direction NE-SW (fig.3). Au contact de ces corps minéralisés avec l'encaissant, les niveaux marno-calcaires sont affectés par des phénomènes métasomatiques très importants caractérisés par une intense ferruginisation et imprégnation de sulfures et de gypse.

Les minéralisations rencontrées dans ces amas bréchiques sont variées; en effet, on note une minéralisation sulfurée très fine, associée à des éléments du faciès carbonaté à lamines de Bahloul, riche en matière organique (2,87 % de carbone organique total). Ces éléments carbonatés montrent une alternance rythmique de calcaires micritiques noirs, peu épais de 0,2 à 1 cm, et des dolomites gris-sombres, de quelques millimètres à 2 cm d'épaisseur. Cette disposition est parfois perturbée par des irrégularités (biscautages et flexuosités) et par de petites veinules d'épaisseur millimétrique à centimétrique, remplies de calcite spathique, quartz automorphe et de sulfures tels que pyrite, marcasite et galène (fig.4).

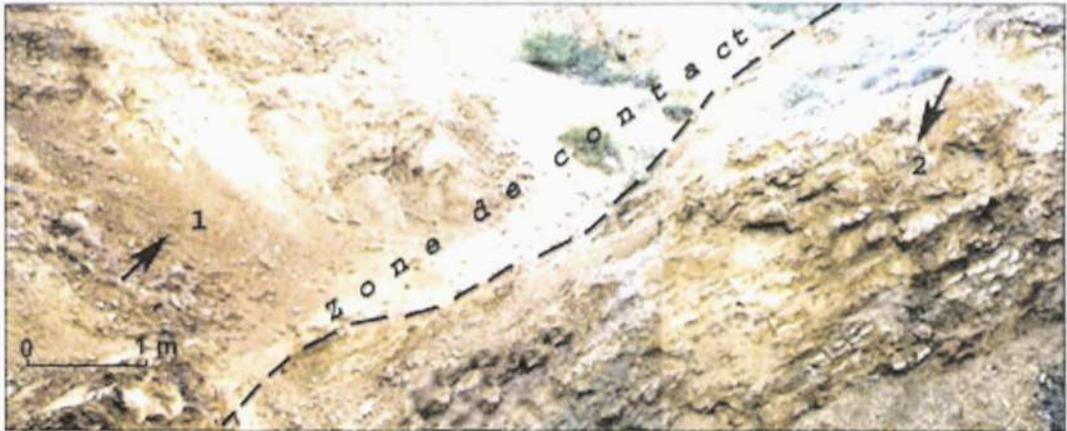


Fig. 3 - Niveaux marno-calcaires du Cénomaniens-Turonien intensément épigénisés au contact d'un corps bréchique minéralisé

Contact marly-calcareous of Cenomanian-Turonian with a brecciated orebodies

1 - Corps bréchique minéralisé (**Brecciated orebodies**); 2 - Niveaux marno-calcaires du cénomaniens-Turonien (**Marly-calcareous of Cenomanian-Turonian**).

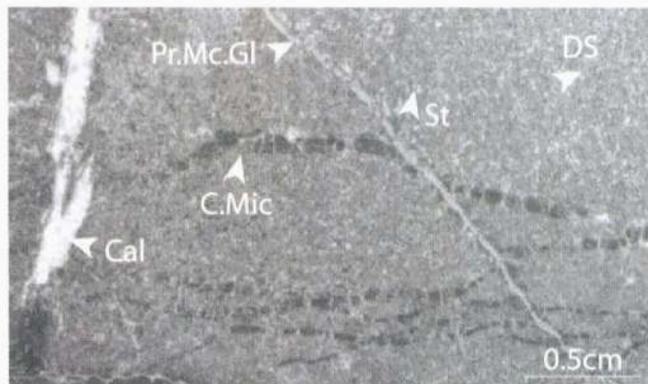


Fig. 4 - Faciès Bahloul carbonaté à lamine sillonné par des veinules remplies de sulfures (Py : pyrite, Mc : marcasite, Gl : galène) et de calcite (cal) spathique. **Cal.mic** : calcaire micritique

Bahloul carbonate facies cross-cutting by sulfides veinlets

Au microscope, ce faciès à lamines correspond à une alternance d'une dolosparite diagenétique et d'une biomicrite très compactée et stylolisée, riches en oxydes et hydroxydes de fer, en matière organique et en produits argileux. Les dolosparites présentent généralement une texture idiotopique à xénotopique, à grains fins à moyens de 50 à 800 microns, remplaçant parfois des tests bioclastiques et entourant de petits éléments biomicritiques. Elles sont souvent accompagnées de fines aiguilles de marcasite, d'éléments de biomicrite à fines disséminations de sphalérite et de produits argileux. Elles sont également accompagnées par des loges et des tests de foraminifères (Globotruncanidés), parfois complètement épigénisés par des sulfures (pyrite et marcasite). Dans certains cas, au cœur de ces cristaux dolosparitiques, on trouve des petits cristaux xénomorphes (< 20 microns) de sphalérite, galène, marcasite et pyrite.

Les minéraux décrits ci-dessus se rencontrent également en abondance, remplissant les espaces intergranulaires des dolosparites ou bien en remplissage veinulé, associés à de la calcite spathique (fig.5). Quelques uns présentent des textures rubanées (galène, sphalérite), bréchiques (galène, pyrite et marcasite), ou bien des textures concrétionnées (sphalérite, marcasite) qui reflètent les phénomènes d'hypersaturation par une cristallisation rapide due à la saturation du milieu en H₂S (Beales, 1975; Anderson, 1975; Boutaleb, 2001).

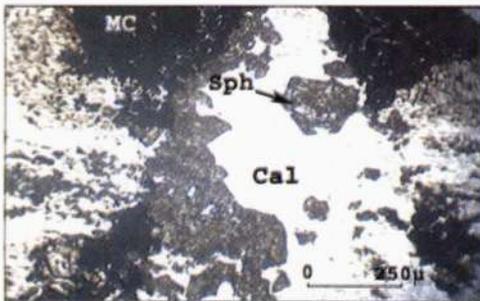


Fig. 5 - Sphalérite (Sph) associée à la calcite spathique (cal) recoupant la marcasite (MC)

Sphalerite (Sph) associated with calcite (cal) cross-cutting marcasite (MC)

b - Les minéralisations en amas stratoïdes du contact Trias-Crétacé

Ces minéralisations se présentent sous forme de lentilles bréchiques plurimétriques (épaisseur de 5 à 30 m) jalonnant parfaitement un contact tectonique entre le Trias argilo-gypseux et les formations albo-aptiennes. Sur le flanc SE, ces corps minéralisés forment de petites crêtes alignées suivant une direction NE-SW, nettement décalées par des décrochements dextres de direction NW-SE et E-W.

La minéralisation est moins riche en minéraux sulfurés en surface, mais par contre très riche en oxydes-hydroxydes de fer, célestine et barytine. La paragenèse minérale montre un caractère épigénétique d'ensemble, composée principalement de barytine, célestine, pyrite, marcasite, galène et accessoirement de la chalcopryrite et du cuivre gris. A ces minéraux s'associent généralement des produits d'oxydation tels que l'hématite, goethite, covellite, digénite, malachite et azurite.

Macroscopiquement, ces corps minéralisés intensément épigénisés en hématite, barytine et célestine (fig.6), montrent de petites veinules centimétriques à décimétriques (NE-SW, E-W et NW-SE) remplies principalement d'oxydes et hydroxydes de fer (hématite, goethite), des minéraux sulfatés (barytine, célestine) et rarement par de la galène, pyrite et cuivre gris.

Localement (au Dj. Ramad et au SE de celui-ci), on note la présence de petites fissures centimétriques remplies par des minéraux sulfatés d'aspect concrétionné, associés à des impuretés noires qui pourraient correspondre à de la matière organique ou à des oxydes de manganèse (MnO₂). Les analyses minéralogiques par diffractométrie X montrent qu'il s'agit de la barytine strontiannifère (25 % Sr, Haddouche, 2003). Ce sulfate mixte, connu dans la région de Berrouaghia (Aoudjehane, 1989), Hameimat (Otmanine, 1987) et Zeghouane (Hammam Zriba et Hammam Djedidi) en Tunisie (Thibiéroz, 1974) est assimilé à une composition intermédiaire des systèmes

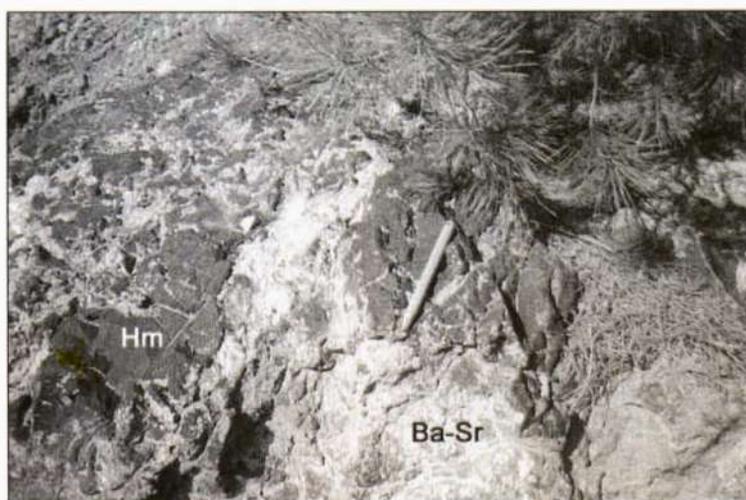


Fig. 6 - Formation bréchique de contact Trias-Crétacé épigénisée en hématite (Hm) et baryto-célestine (Ba-Sr)
Brecciated formation of Triassic-Cretaceous contact epigenized in hematite and celesto-barite

BaSO₄-SrSO₄ (Hayase *et al.*, 1977). D'après Aoudjehane (1989), ces hétérogénéités de la phase sulfatée seraient le résultat du mélange de deux sources différentes (Ba du bassin et Sr du Trias).

Microscopiquement, les minéraux sulfurés, généralement de petite taille (<1mm) remplissent des microfissures ou des espaces géodiques (fig.7). La pyrite, la célestine et la barytine peuvent former localement des cristaux très fins (<100 microns), disséminés dans l'encaissant dolomitic triasique, ou bien en inclusions dans

la célestine et la barytine secondaire.

c - Les minéralisations fissurales

Ce type de minéralisation est associé à des fractures de direction NW-SE, E-W et NE-SW, affectant la couverture sédimentaire crétacée et le matériel triasique. La minéralisation se caractérise par une paragenèse composée essentiellement de galène, sphalérite, pyrite et barytine. La célestine apparaît exceptionnellement à proximité de l'extrusion triasique, sous forme de remplissage géodique ou de petites fissures.



Fig. 7 - Assemblages rayonnants de marcasite (Mc) en remplissage géodique

Rayoning marcasite (Mc) in geodes

Ba : Barytine, Hm : hématite

Toutes ces phases minérales sont précédées par des phénomènes de dolomitisation, sidéritisation et silicification. Sur le flanc SE, aux alentours de Koudiat El Agba, dans les niveaux calcaires gréseux à Orbitolines, au contact des formations carbonatées bréchiques triasiques, ces phénomènes sont très poussés; ils montrent une évolution successive de la dolomitisation précédant le dépôt des minéraux sulfatés (célestine, barytine) et sulfurés (sphalérite, galène), typiques des processus de recristallisation-remplacement par accroissement de la cristallinité des dolomites avec dépôts de sulfures dans les diffé-

rents stades de cette dolomitisation, décrits par Sass-Gustkiewicz et Mochnaka (1994) pour les minéralisations de type "MVT". Ainsi, le dépôt des minéraux sulfurés est lié à des phénomènes métasomatiques montrant un accroissement de la taille de la dolomite jusqu'aux espaces ouverts (open space filling), où les sulfures atteignent leur taille maximum (fig.8). Dans ce cas, les premières étapes de dolomitisation s'expriment par une dolomite fine remplaçant des tests bioclastiques, suivie de cristaux dolosparitiques bruns et blancs rhomboédriques puis d'une dolomite porphyroblastique à auréoles ferrifères. Entre les espaces intercrystallins de la dolomite spari-tique et porphyroblastique s'associent généralement des cristaux d'anhydrite et de quartz corrodés par des minéraux argileux.

Cette évolution démontre le passage de fluides dont la microthermométrie indique une cristallisation à partir d'un fluide chaud et salin (Haddouche, 2003).

ETUDE MICROTHERMOMETRIQUE

Cette étude a porté sur les inclusions fluides de quartz associées aux sulfures et sulfates. Ces cristaux de quartz sont liés au remplissage de fractures (NW-SE, E-W et NE-SW) ou de vides géodiques affectant les formations albo-aptiennes au contact immédiat de l'extrusion diapirique et les formations carbonatées bréchi-ques triasiques (fig.9).

Mode opératoire et description des inclusions

Les analyses microthermométriques ont été faites au Laboratoire de Pétrologie et d'Inclusions Fluides (LPIF, Université de Cergy-Pontoise, Le Campus, France) sur la platine de chauffage/refroidissement LINKAM THMS G600 qui présente une accessibilité à large gamme de température (de -196°C à plus de 600°C).

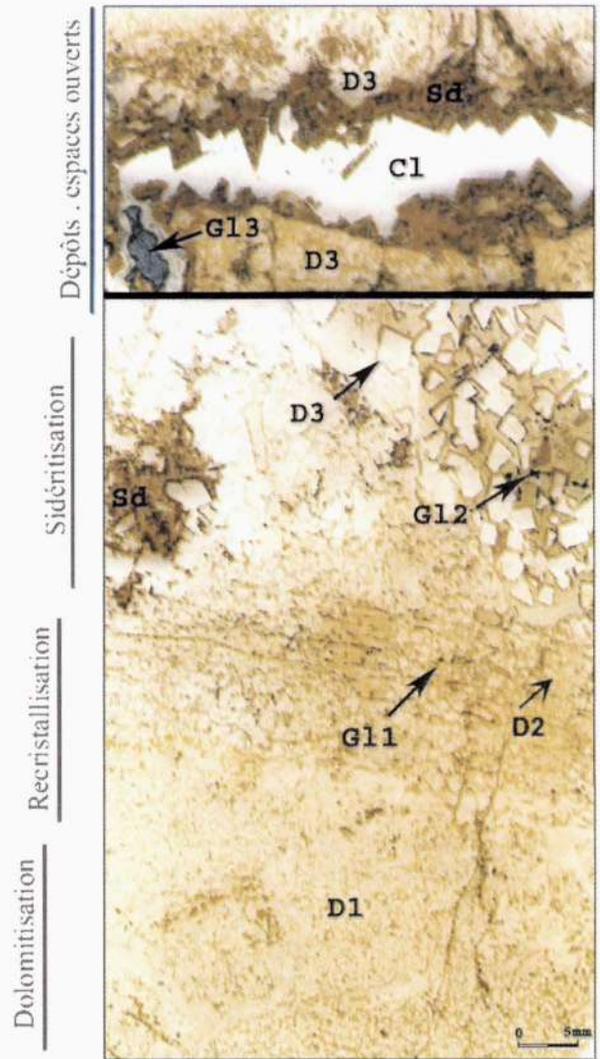


Fig. 8 - Aspect des phénomènes de dolomitisation effectant les niveaux calcaires gréseux à Orbitolines de l'Aptien

Dolomitization phenomena effecting Orbitolineous sandy limestones of Aptian

D1 : Dolomite microsparitique (*Microsparitic dolomite*), **D2** : Dolosparite ferrifère associée à l'anhydrite en petits cristaux, quartz et mouchetures de sulfures, (*Ferrous dolosparite associated anhydrite in small crystals, quartz and mouchetures of sulfides*), **D3** : Dolomite porphyroblastique à auréoles ferrifères, associée à l'anhydrite spathique, quartz en gros cristaux sub-automorphes et grains (mm) de sulfures Sd : Sidérite, Gl : Galène, Cl : Célestine (*Porphyroblastic dolomite with ferriferous aureoles, associated spathic anhydrite, automorphic quartz and sulfides grains (mm)*) Sd : Siderite; Gl : Galena; Cl : Celestine).

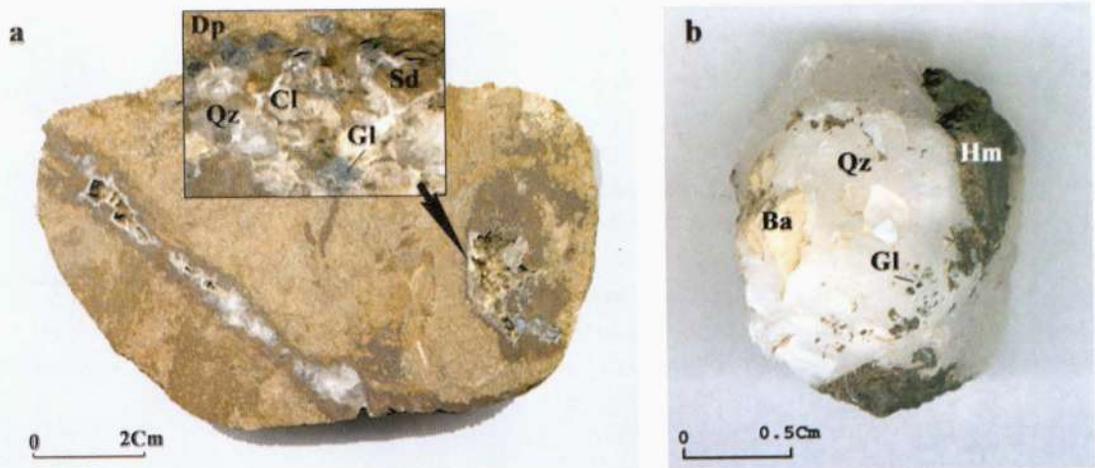


Fig. 9 : Aspect macroscopique des cristaux de quartz remplissant les fissures et vides géodiques

Macroscopic aspect of quartz crystals filling fissures and geodes

a : Cristaux de quartz associés aux sulfures et aux sulfates, en remplissage d'une fracture et d'un vide géodique dans les niveaux calcaires gréseux de l'Aptien, au contact immédiat avec les formations triasiques (**Quartz crystals associated with sulfides and sulfates filling a fissure and geodes in the levels sandy limestones of Aptian, in the contact with the Triassic formations**).

b : Quartz enrobant la barytine, la galène et l'hématite, en remplissage veinulé dans les formations carbonatées bréchiques (**Quartz coating barite, galena and hematite filling veinlets in the brecciated carbonated formations**).

Qz : Quartz (**Quartz**), Dp : Dolomite porphyroblastique (**Porphyroblastic dolomite**), Sd : Sidérite (**Siderite**), Gl : Galène (**Galena**), Ba : Barytine (**Barite**), Cl : Célestine (**Celestite**), Hm : Hématite (**Hematite**).

Les cristaux de quartz prélevés recèlent essentiellement des inclusions fluides biphasées (phase liquide et vapeur), dans la taille est d'environ 10 à 200 microns et où il est difficile de distinguer les inclusions primaires des inclusions pseudo-secondaires (fig.10). Par conséquent, les inclusions fluides étudiées sur les cristaux de quartz au nombre de sept (ES01 à ES07) regroupent des populations d'inclusions diverses.

Résultats microthermométriques

Les données microthermométriques obtenues sur les inclusions fluides biphasées sont consignées dans le tableau I. A partir de ces résultats, on peut déduire que :

- Les températures de dernière fusion de la glace (Tfg) montrent de larges variations, avec un mode à (- 12 à - 13,6 °C) qui représente plus de

80 % des mesures obtenues (fig.11). Ceci, correspond en moyenne à des salinités de 15,96 à 17,43 % éq. poids NaCl (tableau II).

- Les températures d'homogénéisation varient entre 96,3 et 180,8 °C (fig.12).

- Les températures eutectiques ont été mesurées uniquement dans certains échantillons (ES02, ES05 et ES06). Elles varient de - 49,6 à - 46,2°C, nettement inférieures à - 20,8 °C, température eutectique du système H₂O-NaCl.

Par ailleurs, la projection des valeurs de Th et Tfg (fig.13) ne montre pas une large variation des salinités pour des Th relativement peu variables (trend vertical). Ceci laisse suggérer que la cristallisation du quartz était probablement due à une diminution progressive de la température du fluide sans changement apparent des salinités.

LES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) D'EL OUASTA (ALGÉRIE NORD ORIENTALE) : TYPOLOGIE ET APPORT
DES ÉTUDES D'INCLUSIONS FLUIDES

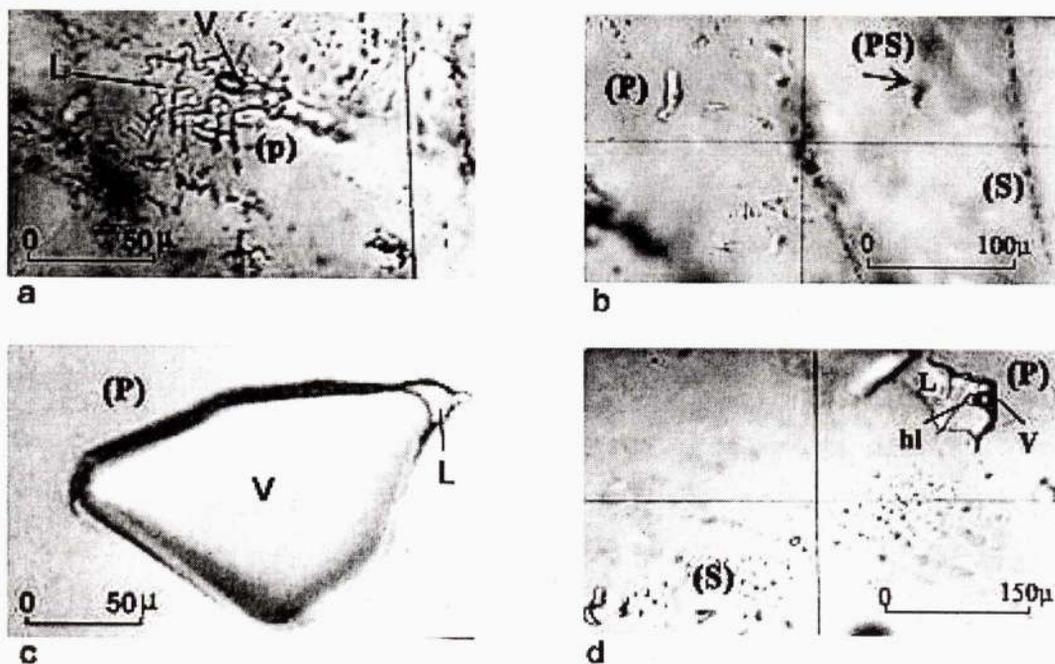


Fig. 10 - Aspects morphologiques de quelques inclusions fluides dans le quartz

Morphological aspects of some fluid inclusions in quartz

- a : Inclusion primaire (p) biphasée à contours irréguliers (*Two-phased primary (p) inclusion with irregular contours*),
b : Inclusions pseudo-secondaires (PS), secondaires (S) et primaires (P) biphasées (*Two-phased pseudosecondary (PS), secondary (S) and primary (P) fluid inclusions*).
c : Inclusion primaire (P) biphasée à grosse bulle de gaz (*Two-phased primary (P) inclusion with large vapour bubble*).
d : Inclusion primaire (P) triphasée (*Primary (P) fluid inclusion with three phases*),
L : Liquide (*Liquid*),
V : Vapeur (*Vapour*),
hl : Cube de halite (*Cube of halite*).

Tableau I - Tableau des différentes mesures microthermométriques des inclusions fluides du quartz des échantillons ES01 à ES07**Table of different microthermometric results of fluid inclusions of quartz samples ES01 to ES07**

n°	ES01		ES02		ES03		ES04		ES05			ES06			ES07		
	Tfg	Th	Te	Tfg	Th	Tfg	Th	Tfg	Th	Te	Tfg	Th	Te	Tfg	Th	Tfg	Th
1	-13.5	162.7	49.6	-12.3	155.5	-9.2	161.4	-21.5	137.4	-46.8	-12.5	121.5		-12.5	164	-27.3	107.9
2	-13.1	143.4		-12.2	164.1	-12.2	166.1	-21.6	137.1	-47.3	12.3	167.4		-12.2	164.5	-27.3	104.1
3	-13	176.7		-9.1	167.6	-9.2	177.7	-13.2	138.3	-49.1	-12	167.4		-12.8	171.4	-27.2	107.5
4	-13	178.4		-12.3	146.1	-9	163.7	-12.8	163.2		-12.5	180		-12.7	155.8	-27.2	107.2
5	-13	152.6		-12.9	170.5	-12.2	165.4	-13	139.7		-12.1	166.5		-12.2	159.7	-27.2	107
6	-12.9	145.5		-12.4	159.2	-9.2	162.7	-13.1	136.1		-13	169		-12.6	172.9	-13.4	137.6
7	-13.4	137		-12.6	160.1	-12.8	160.4	-12.4	148.5		-12.7	176.7		-12.6	153.6	-29.1	101.2
8	-12.7	142.7		-12.4	159.2	-9.3	159.2	-21.2	135.1		-12.2	176.3		-9.2	164.7	-13.5	112.4
9	-12.8	134.5		-12.4	176.7	-12.1	164.2	-12.9	144.3		-12.3	169.3		-9.2	164.2	-13.4	131.6
10	-12.9	143.8		-13	134.5	-12.2	161.9	-12.6	159.4		-12.1	161.9	-48.2	-8.9	168.2	-13.2	114.3
11	-13	133.5		-9.1	140.6	-9.2	171.1	-12.4	154.3		-12.2	180.8	-46.7	-13	172.3	-13.4	128.9
12	-12.6	157.3		-9.2	138.7	-12.3	169.7	-12.9	152.5		-12.3	160.1	-47	-12.7	178.2	-13.6	127.3
13	-13.2	161.8		-13.1	130.6	-9.3	172.5	-12.8	157.9		-12.2	158	-46.2	-11.9	177.1	-13.5	129.6
14	-12.1	163.3		-13	134.6			-13.6	133.4							-13.1	96.3
15	-12.5	159.9		-12.8	129.9			-21.4	132.9								
16	-12.7	147.8		-13.2	130.5			-21	138.9								
17	-12.9	157.7		-13.1	130.4			-21.3	140.3								
18	-12.7	155.4						-12.8	140.6								
19	-12.8	167.7						-12.6	170.8								
20								-12.8	156.8								

n° : numéro de mesures; Tfg : Température de dernière fusion de la glace (°C)

Te : Température eutectique (°C); Th : Température d'homogénéisation (°C).

Enfin, le fait que les températures d'homogénéisation (Th) semblent être relativement élevées suggère une origine profonde des fluides minéralisateurs qui seraient probablement drainés par des fractures profondes au contact Trias-couverture.

COMPARAISON ET DISCUSSION

Si on s'intéresse particulièrement à la province tunisienne où ces différents types de minéralisations sont nombreux et parfois très spectaculaires, le développement des concentrations sulfatées et des sulfures se localise à l'intérieur

ou autour des aires diapiriques et à proximité ou au-dessus dans le sédiment carbonaté (Sheppard *et al.*, 1996) (fig.14). Ainsi, pour les minéralisations portées par les zones corticales diapiriques, elles sont liées à l'évolution pétrographique du support rocheux carbonaté qui correspond à des brèches de dissolution métasomatique avec apparition des minéraux de néoformation, évoquant la zone calcitique du cap-rock (Price et Kyle, 1983; Posey *et al.*, 1994, Kyle et Saunders, 1996).

A l'échelle d'El Ouasta, ce support rocheux est généralement caractérisé par son intense bréchification et des reliques de minéraux rési-

LES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) D'EL OUASTA (ALGÉRIE NORD ORIENTALE) : TYPOLOGIE ET APPORT
DES ÉTUDES D'INCLUSIONS FLUIDES

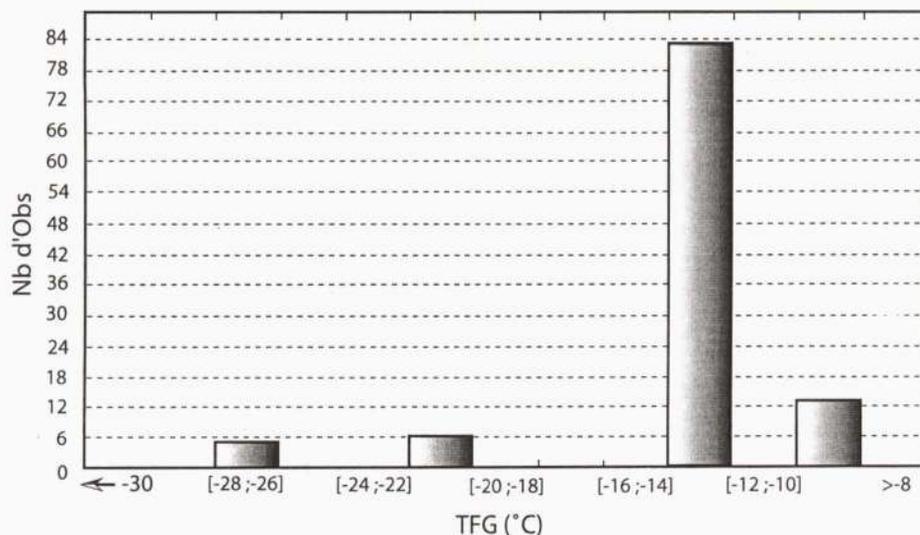


Fig. 11 - Histogramme des températures de dernière fusion de la glace (Tfg) des inclusions fluides du quartz

Histogram of the melting points after freezing spread (Tgf) of the fluid inclusions of quartz

Tableau. II - Tableau des salinités (% éq.NaCl) en fonction des températures de fin de fusion TFF (°C) des inclusions fluides en présence d'une phase vapeur (Bodnar, 1993).

Table of salinities (w.% NaCl) that correspond to freezing point depressions TFF (°C) for fluid inclusions in the presence of vapor bubble (Bodnar, 1993).

TFF	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0.	0.00	0.18	0.35	0.53	0.71	0.88	1.05	1.23	1.40	1.57
1.	1.74	1.91	2.07	2.24	2.41	2.57	2.74	2.90	3.06	3.23
2.	3.39	3.55	3.71	3.87	4.03	4.18	4.34	4.49	4.65	4.80
3.	4.96	5.11	5.26	5.41	5.56	5.71	5.86	6.01	6.16	6.30
4.	6.45	6.59	6.74	6.88	7.02	7.17	7.31	7.45	7.59	7.73
5.	7.86	8.00	8.14	8.28	8.41	8.55	8.68	8.81	8.95	9.08
6.	9.21	9.34	9.47	9.60	9.73	9.86	9.98	10.11	10.24	10.36
7.	10.49	10.61	10.73	10.86	10.98	11.10	11.22	11.34	11.46	11.58
8.	11.70	11.81	11.93	12.05	12.16	12.28	12.39	12.51	12.62	12.73
9.	12.85	12.96	13.07	13.18	13.29	13.40	13.51	13.62	13.72	13.83
10.	13.94	14.15	14.15	14.25	14.36	14.45	14.57	14.67	14.77	14.87
11.	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.67	15.76	15.86
12.	15.96	16.05	16.15	16.24	16.34	16.43	16.53	16.62	16.71	16.80
13.	16.89	16.99	17.08	17.17	17.26	17.34	17.43	17.52	17.61	17.70
14.	17.79	17.87	17.96	18.04	18.13	18.22	18.30	18.38	18.47	18.55
15.	18.63	18.72	18.80	18.88	18.96	19.05	19.13	19.21	19.29	19.37
16.	19.45	19.53	19.60	19.68	19.76	19.84	19.92	19.99	20.07	20.15
17.	20.22	20.30	20.37	20.45	20.52	20.60	20.67	20.75	20.82	20.89
18.	20.97	21.04	21.11	21.19	21.26	21.33	21.40	21.47	21.54	21.61
19.	21.68	21.75	21.82	21.89	21.96	22.03	22.10	22.17	22.24	22.31
20.	22.38	22.44	22.51	22.58	22.65	22.71	22.78	22.85	22.91	22.98
21.	23.05	23.11	23.18							

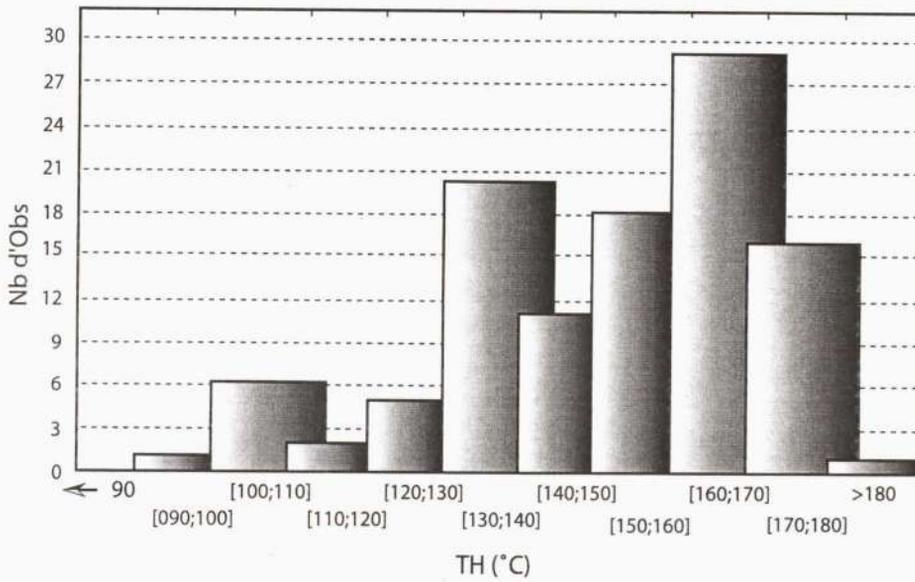


Fig. 12 - Histogramme des températures d'homogénéisation (Th) des inclusions fluides du quartz
Histogram of thomogenization temperatures (Th) of the fluid inclusions of quartz

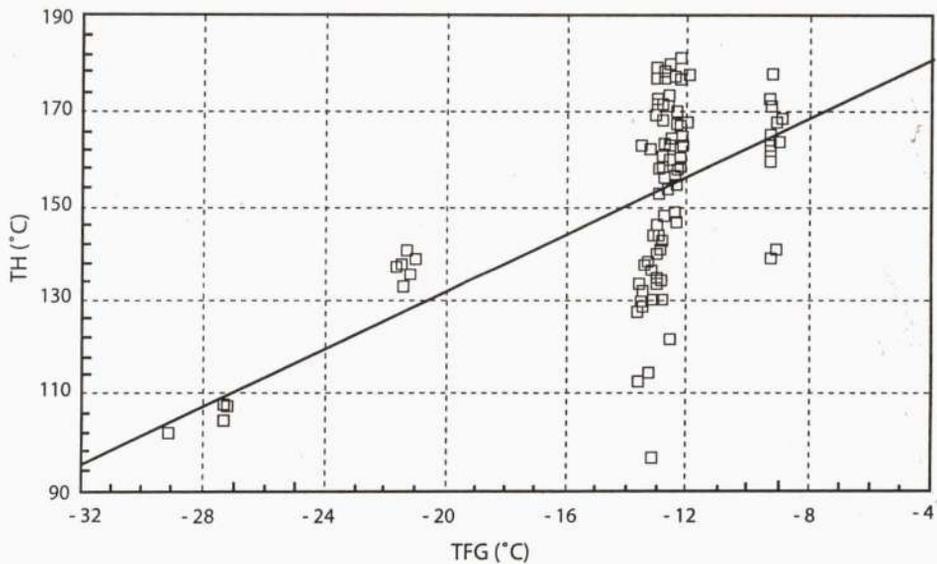


Fig. 13 - Diagramme température de fusion de la glace (Tfg) en fonction de la température d'homogénéisation totale (Th)

Diagram Tfg-Th of fluid inclusions in quartz

LES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) D'EL OUASTA (ALGÉRIE NORD ORIENTALE) : TYPOLOGIE ET APPORT DES ÉTUDES D'INCLUSIONS FLUIDES

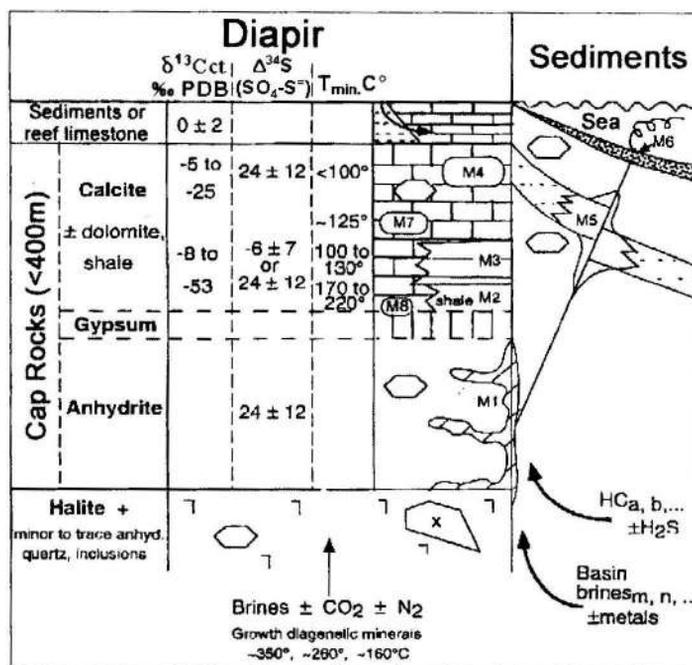


Fig. 14 - Section schématique à travers un diapir salifère surmonté par un cap rock à séquences complètes (anhydrite-gypse-calcite) et les sédiments environnants, montrant la localisation de huit (08) types de minéralisations (M1-M8) et les valeurs isotopiques du soufre et du carbone léger, correspondant aux différentes zones du cap rock. (d'après Sheppard *et al.*, 1996)

Schematic section of cap rock mantled diapir showing the location of the different types of mineralization (M1-M8), and inclusions of igneous, metamorphic and sedimentary rocks (represented by automorphic quartz crystals). (from Sheppard and *al.*, 1996)

duels (dolomites porphyroblastiques, quartz à inclusions d'anhydrite et phyllites) attribuables au matériel triasique. Seuls les minéraux sulfatés et le sulfure de fer (pyrite) primaires pourraient être considérés comme résultat de l'évolution pétrographique de l'extrusion triasique. Par leur nature, leur position structurale et leur encaissant, ils représentent un stade de l'évolution du cap-rock. La célestine pourrait être l'équivalent de la célestine I de la région de Sakiet Koucha (Hatira, 1988) et celle de Beni Mansour (Moula, 1998), résultant de la dissolution-remplacement (sulfates-sulfates) de la matrice originelle des brèches après l'halocinèse (Hatira, 1988; Moula, 1998).

La mise en place de ces sulfates est antérieure aux sulfures; ce caractère tardif de ces sulfures

par rapport aux sulfates est confirmé aussi bien dans la formation anhydritique que dans la formation corticale triasique de Sakiet Koucha (Hatira, 1988). A Koudiat Safia, dans la région de Berouaghia (Aoudjehane, 1989), les minéralisations sulfurées (pyrite, sphalérite) liées aux amas à célestine-barytine du porteur triasique se sont simultanément mises en place lors de nombreuses transformations dans le diapir. Par contre, en Tunisie (Hatira, 1988) et dans le secteur d'El Ouasta, elles sont postérieures à la phase sulfatée. Ceci, suggère une remobilisation tectonique post bréchification, dans laquelle les sulfates secondaires montrent des expressions tardives liées à des indices fissuraux ou géodiques, mais dans une étape antérieure par rapport à la mise en place des sulfures.

Les minéralisations rencontrées au niveau de l'ancienne mine d'El Ouasta sont décrites depuis longtemps comme gîte de remplissage de cassures dans les calcaires du Cénomano-Turonien (David, 1956). La découverte ici d'une minéralisation très fine disséminée dans les dolosparites diagénétiques et les lamines micritiques du faciès Bahloul, suggère une pré-concentration syn-diagénétique. Ces caractéristiques nous rappellent les minéralisations stratiformes de Bou Grine (Orgeval *et al.*, 1986) bien développées en Tunisie, qui évoquent pour certains auteurs un mécanisme de dépôt de type "SEDEX" (Sheppard *et al.*, 1996).

Les minéralisations de cassures s'expriment essentiellement sous forme de remplissages veinulés et de vides géodiques de diverses directions (NW-SE, E-W et NE-SW). La paragenèse minérale est composée principalement de galène, sphalérite, pyrite, barytine et célestine. Les cristaux de quartz (associés aux sulfures et sulfates), liés au remplissage de fractures affectant les formations albo-aptiennes et les formations bréchiques triasiques de contact, montrent essentiellement :

- Des températures de dernière fusion de la glace avec essentiellement un mode autour de - 12 à - 13,6 °C; ce qui correspond en moyenne à une salinité entre 15,96 et 17,43 % éq. poids NaCl.
- Des températures d'homogénéisation comprises entre 96,3 à 180,8 °C.
- Des températures eutectiques variant entre - 49,6 à - 46,2 °C, ce qui suggère la présence de CaCl₂ dans la phase saline.

Ces données, caractéristiques des minéralisations de type "MVT", sont proches des résultats microthermométriques obtenue sur des inclusions fluides piégées dans la fluorine associée aux minéralisations tardives de l'Ouenza, Mesloul et Hameimat (Akrou, 1991) et qui montrent des températures d'homogénéisation de 80 à 150°C et des salinités de 9 à 25% éq.

poids NaCl. De même, ces données sont similaires aux résultats obtenus sur les inclusions fluides de minéraux divers (carbonates, quartz, barytine et sphalérite) associés à des minéralisations à Pb-Zn-F, situées dans des contextes géologiques analogues (Smati, 1986; Hatira, 1988; Bouzenoune, 1993; Diane *et al.*, 1996; Boutaleb, 2001). Ces mesures donnent souvent des températures d'homogénéisation qui varient de 100 °C à 150 °C et des salinités élevées.

Le caractère tardif de cette minéralisation veinulée, ainsi que la nature minéralogique similaire à celle liée au faciès à lamines du Bahloul et à celle liée au contact Trias-Crétacé, suggèrent une recristallisation due à des remobilisations tectoniques de ces minéralisations. Au niveau de l'ancienne mine d'El Ouasta, ce type de minéralisations se rapproche des minéralisations en "amas du toit" recoupant la série du Cénomano-Turonien moyen, reconnues dans la région de Bou Grine (Orgeval *et al.*, 1986). D'après Sheppard *et al.* (1996), ce type de concentration est lié à des fractures profondes en connexion avec le diapir.

CONCLUSION

Les minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) d'El Ouasta se rattachent aux types de concentrations associés aux diapirs triasiques de l'Afrique du Nord. Elles se rapprochent par leurs caractères géologiques et gîtologiques aux différents types de concentrations minérales définies récemment par Sheppard *et al.* (1996) dans la province tunisienne.

En effet, par ce travail nous avons distingué :

- Une minéralisation essentiellement à Fe, Ba (Sr), portée par des zones bréchiques carbonatées triasiques, actuellement considérées comme équivalente de la zone calcitique des caps-rocks et une variante des gisements "MVT" (Price et Kyle, 1983; Perthuisot et Rouvier, 1988; Kyle et Saunders, 1996; Sheppard *et al.*, 1996).

- Une minéralisation principalement à Pb-Zn d'aspect stratiforme dans les lamines carbonatées du faciès Bahloul, riche en matière organique. Ce type découvert récemment à Bou Grine (Orgeval *et al.*, 1986) est assimilé au type "SEDEX" (Sheppard *et al.*, 1996).

- Enfin plus tardivement, lors des divers événements tectoniques précoces tertiaires (Eocène-Miocène) une redistribution métallique probable des concentrations précédentes sur l'ensemble du secteur d'El Ouasta. Dans ce cas, les caractères des fluides inclus dans les cristaux de quartz, associés aux sulfures et aux sulfates tardifs sont ceux des solutions appartenant au grand groupe des "MVT" : températures d'homogénéisation modérées entre 96,3 et 180,8 °C, une salinité variant en moyenne entre 15,96 à 17,43% éq. poids NaCl et des températures eutectiques entre - 49,6 et - 46,2 °C. Ceci suggère la présence de CaCl₂ dans ces fluides.

Cette diversité reflète en fait l'interférence de différents paramètres qui concourent à la formation de ces concentrations métallifères. Ceux-ci, peuvent se rapporter comme dans les gîtes périadiapiriques de l'Algérie et de Tunisie à deux types de phénomènes : les phénomènes syn-diagénétiques (liés au faciès à lamines de Bahloul) et les phénomènes épigénétiques (en relation avec l'évolution pétrographique du diapir et post-dépôt liés à des remobilisations tectoniques tardives).

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier Messieurs V. Perthuisot et A. Bouzenoune pour leur lecture critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AKROUR, H., 1991.** Fluid inclusions of the F-Ba-Pb late paragenesis of the borders of the Ouenza, Mesloul, Hameimat ed Dahra diapirs (N-E Algeria). *Source, Transport and Deposition of Metals, Belkema, Rotterdam.* pp. 219-222.
- ANDERSON, G.M., 1975.** Precipitation of M.V.T. ores. *Econ. Geol. Vol. 70,* pp. 937-942.
- AOUDJEHANE, M., 1989.** Les concentrations à Ba, Sr, Zn, Pb dans le Trias, le Crétacé et le Miocène de la région de Berrouaghia (Biban, Algérie) : diapir, "Cap-rock" et minéralisation dans le sillon tellien subsident. *Thèse. Doct. (Métallogénie), Univ. P. et M. Curie, Paris VI,* 267 p.
- AOUDJEHANE, M., 1991.** Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidéritique dans le NE algérien, *In : Source, Transport and deposition of metals. Pagel & J. Leroy (eds), Belkema, Rotterdam,* pp.419-422.
- BEALES, F.W., 1975.** Precipitation Mechanisms for Mississippi Valley-Type Ore Deposits. *Econ. Geol., vol.70,* pp. 943-948.
- BODNAR, R.J., 1993.** Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochemica and Cosmochemica Acta, vol. 57,* pp. 683-684.
- BOUHLEL, S., 1993.** Géologie, minéralogie et essai de modélisation des minéralisations F-Ba-Sr-Pb-Zn (S) : Un pub, thesis. *Doct. d'Etat. Univ. Tunis II,* 293.
- BOUTALEB, A., 2001.** Les minéralisations Pb-Zn du domaine Sétifien-Hodna : Gîtologie, pétrographie des dolomies, microthermométrie et implications métallogéniques. *Thèse. Doct. D'Etat, USTHB (FSTGAT), Alger. Algérie.*
- BOUZENOUNE, A., 1993.** Minéralisations périadiapiriques de l'Aptien calcaire : Les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). *Thèse Doct, d'Univ. Paris VI. P 206.*
- BOUNANES, A., HAMRI, M.S ET GUETTAL, A., 1996.** Rapport sur les résultats des travaux de prospection des polymétaux dans les confins algéro-tunisiens (El Ouasta, El Khanga, Dj. Ledjbel, Elma Labiod et Selsoul El Agab). *Rapport inédit n°32 Boumerdès Algérie.*
- 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), Jbel Hallouf Sidi Bou Aouane et Fedj El Adoum Tunisie. *Thèse Doct Etat., Inst. Nat Polytech. Lorraine., Nancy.*

- CRAMPON, N., 1973.** Métamorphisme hydrothermal en faciès salins et pénésalins sur l'exemple du complexe salifère de l'extrême Nord tunisien. *Contrib. Minéral. Pétrol., Berlin*, 39, p. 117-140.
- DAVID, L., 1956.** Etude géologique des monts de la haute Medjerda. *Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, n.s., Bull, n°11, 189p.*
- DIANE, E.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.*
- HADDOUCHE, O., 2003.** Contribution à l'étude des minéralisations à Pb-Zn, Fe (Ba-Sr) d'El Ouasta (Atlas saharien oriental, Algérie). *Thèse. Magister. USTHB (FSTGAT), Alger. Algérie.*
- 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.*
- HAYASE, K., MAS, G.R. AND BENGOCHEA, A.L., 1977.** Synthesis of barium-strontium sulfate solid solution and some considerations of the genesis of barite-celestite deposits. *In Neuquen Province, Argentina. J.Jap. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol. Sendai, vol.72, p. 93-102.*
- KULKE, H., 1972.** Le rocher de sel de Djelfa (Atlas saharien algérien). Géologie et morphologie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, 63, fasc.3 et 4, pp.81-134.*
- KULKE, H., 1979.** Sédimentation, diagenèse et métamorphisme léger dans un milieu sursalé, exemple du Trias maghrébin. *Sciences de la terre, t.XXIII, n°2, pp. 39-74.*
- KYLE, J.R. AND SAUNDERS, J., 1996.** Metallic deposits of the Gulf Coast Basin : Diverse mineralization styles in a young sedimentary basin. *Soc. Econ. Geol. Spec. Publ (Sangster Edition). U.S.A, n°4, 1996, pp. 218-229.*
- MOULA, S., 1998.** Gisement de célestine de Beni-Mansour en contexte diapirique dans la chaîne des Bibans (Algérie). *Thèse. Doct. d'Univ. Paris VI. pp 203.*
- ORGEVAL, J.J., GIOT, D., KAROU, 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.*
- OTMANINE, 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, Paris, 220p.*
- PERTHUISOT, V., 1978.** Les inclusions fluides hypersalines et gazeuses des quartz et dolomites du Trias évaporitique Nord-tunisien. Essai d'interprétation géodynamique. *Bull. Soc. Géol., France, (7), t.XX, n°2, pp.145-155.*
- PERTHUISOT, V. ET GUILHAUMOU, N., 1983.** Les diapirs triasiques du domaine vocontien : Phases diapiriques et hydrothermales du comaine périalpin. *Soc. Géol. Fr. Bull., vol. 15, pp. 397-410.*
- PERTHUISOT, V. ET ROUVIER, H., 1988.** Les relations métal-soufre-eau-hydrocarbures-micro-organismes et la genèse des concentrations de sulfures et de soufre des diapirs évaporitiques. In : H. Pélissonier et J.F. Sureau (éds) : Mobilité et concentration des métaux de base dans les couvertures sédimentaires. Manifestations, mécanismes, prospection. *Document du BRGM, n°183, pp. 269-278.*

LES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn, Fe, Ba (Sr) D'EL OUASTA (ALGÉRIE NORD ORIENTALE) : TYPOLOGIE ET APPORT
DES ÉTUDES D'INCLUSIONS FLUIDES

- POSEY, H.H., KYLE, J.R. AND AGEE, W.N., 1994.** Relations between diapiric salt structures and metal concentrations, Gulf Coast sedimentary basin, Southern North America. *Soc. Econ. Geol. Spec. Publ (Sangster Edition). U.S.A, n°4, 1996, pp. 239-163.*
- PRICE, P.E. AND KYLE, J.R., 1983.** Metallic sulphide deposits in Gulf Coast salt dome cap-rock. *In : M.B. Bograd ed., Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., vol.23, pp. 189-193.*
- 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.*
- ROUVIER, H., 1990.** Les concentrations polymétalliques liées aux diapirs évaporitiques des confins algéro-tunisiens. *Rapport interne EREM, Boumerdes-Algérie, 71 p.*
- SAINFELD, P., 1952.** Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie. *Ann. Mines et Géol. Tunis, n° 9, 285 p.*
- SASS-GUSTKIEWIEZ, M AND MOCHNAKA, K., 1994.** Genesis of sphalerite Rhytmities from the Upper-Silesian Zinc-Lead Deposits :A Discussion. *Spec. Publ. N° 10. Geol. Applied to Mineral Deposits. Fontboté/Boni (Eds).*
- 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, 1996, pp. 230-243.*
- SMATI, A., 1986.** Les gisements de Pb-Ba et de Fe du djebel Sлата (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 Sлата fer. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Lab. Géol. Appl., Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 250 p.*
- THIBIÉROZ, J., 1974.** Hammam Jédidi et Hammam Zriba : Etude géologique et minière de deux gisements stratiformes dans le cadre de la province fluorée tunisienne; l'association des concentrations fluorées aux surfaces d'émersion : *Thèse de 3^e cycle, (Paris VI).*
- VILA, J.M., BEN YUCEF, M., CHIKHAOUI, M., GHANMI, M. ET KECHID-BENKHEROUF, F., 1996.** Les grands <glaciers de sel> sous-marins albiens des confins algéro-tunisiens. *Mém. n°10. Entreprise Tunisienne d'Activités Pétrolières. Tunisie.*