

## **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**

**El-Bachir DIANE \* , \*\* et Vincent PERTHUISOT \* \***

**\*\*\*** Ecole Supérieure de l'Energie et des Matériaux - Université d'Orléans,  
*Rue Léonard de Vinci 45072 Orléans (France)*

**\*\*** Laboratoire de Géologie Appliquée - UPMC (PARIS VI),  
*4 Place Jussieu 75252 Paris Cedex 05 (France)*

**Résumé :** Les minéralisations sulfurées présentes dans le diapir du djebel Mesloula (Est algérien) sont contrôlées par les calcaires dolomités et silicifiés de la plate-forme aptienne. Les minéraux métalliques (galène, blende...) sont systématiquement associés à de la calcite dont les inclusions fluides ont été étudiées. L'étude microthermométrique des inclusions primaires biphasées (liquide + vapeur) a livré des valeurs de températures d'homogénéisation comprises entre 90° et 148,2°C. Les températures de fin de fusion, après congélation varient de -5,5° à -11,2°C, correspondant à des salinités allant de 8,55% à 15,17 % éq. NaCl. Ces résultats indiquent que les fluides qui ont circulé au cours de la cristallisation de cette calcite sont d'origine relativement profonde, drainés par les contacts diapir-couverture. Les salinités élevées seraient dues au lessivage du matériel triasique salifère par ces fluides. Les dépôts métalliques, légèrement postérieurs, se sont produits dans la continuité de cette dynamique.

**Mots-clés :** Minéralisation à Pb-Zn, Mesloula, Est algérien, Diapir, Trias, Calcaires aptiens, Inclusions fluides.

### **First approach of genesis conditions of Pb-Zn occurrences of Mesloula Djebel (Eastern Algeria): microthermometric study of primary fluid inclusions of the calcite**

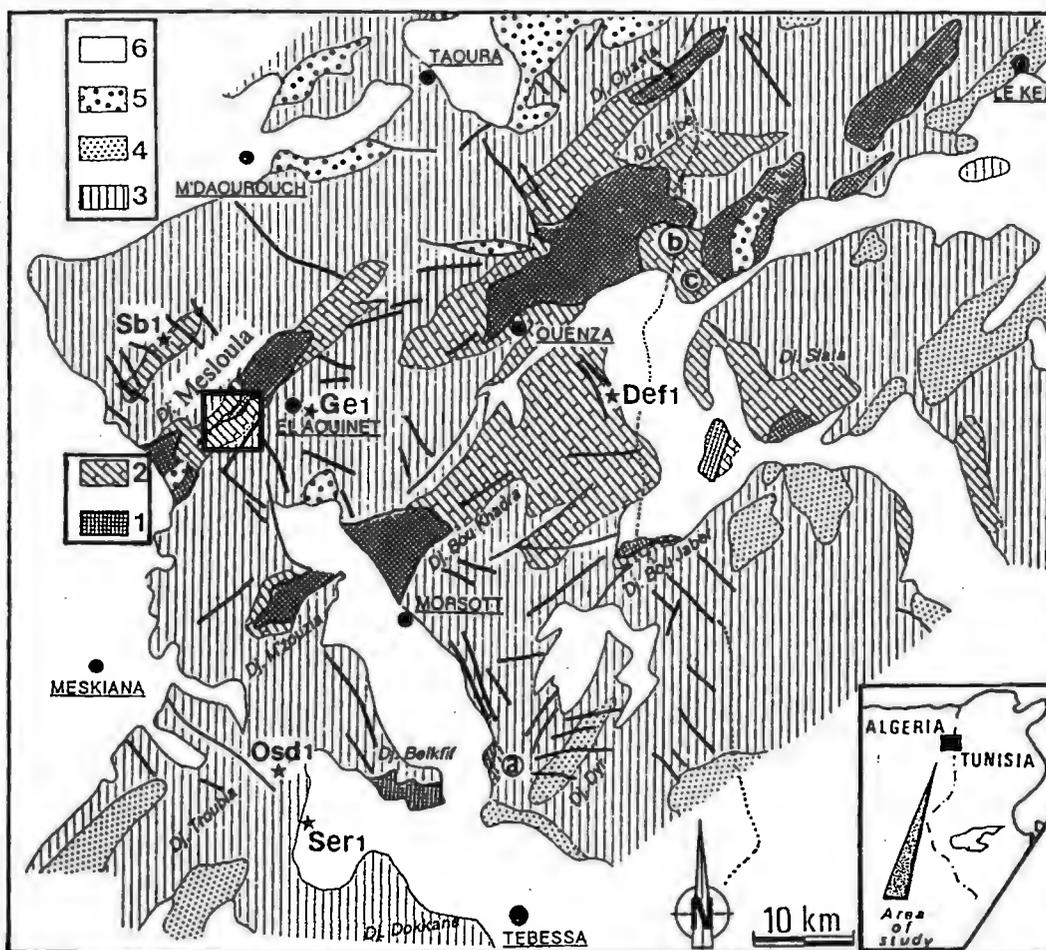
**Abstract :** The peridiapiric sulfide occurrences of Mesloula Djebel are hosted by aptian platform carbonates. In addition to the metallic minerals (galena, sphalerite...), the mineral paragenesis contains three generations of calcite. The latest one contains primary and secondary fluid inclusions. Microthermometric investigations on the primary fluid (liquid + vapor) inclusions yield homogenization temperatures from 90° to 148,2°C. The melting points after freezing spread from -5,5° to -11,2°C, calculated salinities are from 8,55% to 15,17 wt % NaCl equivalent. These results indicate that the trapped solutions originated at depth and that fluid circulation was related to the tectonic contacts of the diapir. The high salinity could be due to dissolution of Triassic salt by these fluids.

**Key-words :** Pb-Zn deposits, Mesloula, Algeria, diapir, Triassic, aptian carbonates, fluid inclusions.

### INTRODUCTION

Les méthodes d'étude des inclusions fluides sont actuellement très diverses et parfaitement maîtrisées (Roedder, 1984). Ces méthodes s'appliquent généralement et conjointement sur des minéraux plus au moins transparents (quartz, barytine, carbonates,...) associés aux différents types de concentrations minérales pour tenter de modéliser et de reconstituer les conditions de leur mise en place. Ces inclusions fluides ont été choisies du fait qu'elles conservent

l'information initiale qui caractérise les solutions minéralisantes qui ont circulé lors de la croissance cristalline des minéraux hôtes. Notre problème consiste à estimer les conditions de température et de salinité des solutions qui sont à l'origine des minéralisations sulfurées du Djebel Mesloula. Pour résoudre ce problème, on a procédé par microthermométrie et le traitement statistique des données obtenues sur les inclusions fluides piégées dans la calcite associée à ces minéralisations.



1 : Trias - 2 : Crétacé inférieur - 3 : Crétacé supérieur - 4 : Eocène - 5 : Miocène - 6 : Quaternaire  
 a : Hameimat - b : Harraba - c : Sidi Embarka ★ Forage - □ Secteur d'étude

**Fig. 1 - Carte géologique simplifiée de l'Atlas saharien oriental aux confins algéro-tunisiens**  
 (M. Aoudjehane *et al.*, 1993)

*Simplified geologic map of the Eastern saharian Atlas and algerian-tunisian confines*  
 (M. Aoudjehane and *al.*, 1993)

## I. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le massif de Mesloula est l'un des pointements du Trias de la zone des diapirs, qui prend en écharpe le Nord de la Tunisie et l'Est de l'Algérie. Situé à 50 km au NNE de la ville de Tébessa, à proximité de la frontière algéro-tunisienne (fig. 1), il s'allonge sur une distance de 8 km, avec une largeur de 2 km environ, suivant la direction des grandes structures atlasiques.

Il s'agit d'une structure anticlinale complexe, orientée NE-SW, à coeur triasique, affectant une couverture sédimentaire crétacée à dominante marno-calcaire, parfois incomplète. On note l'absence de Jurassique à l'affleurement, comme pour la plupart des diapirs de cette région (Dubourdiou, 1959).

### I.1. Le complexe triasique

Cet ensemble, très développé au nord de la structure, au voisinage immédiat du village de Mesloula (fig. 2), est essentiellement constitué d'un matériel argilo-gypseux attribué au Trias moyen et supérieur, comparable à celui des formations diapiriques décrites en Algérie et en Tunisie (Thibiérozet Madre, 1976; Rouvier, 1977; Perthuisot, 1978; Otmanine, 1987; Hatira, 1988; Aoudjehane, 1989; Bouzenoune, 1993; Vila, *et al.*, 1994).

La lithologie très bouleversée de cette formation est essentiellement représentée par des marnes bariolées argilo-gypsifères dans lesquelles sont emballés des blocs de dolomies sombres, de gypse et de calcaires. Des fragments de roches éruptives basiques ont été signalés (Rudis, 1968).

### I.2. La couverture crétacée

C'est une série relativement puissante, qui forme les flancs de l'anticlinal. Elle est essentiellement marno-gréseuse, avec un épisode carbonaté à l'Aptien.

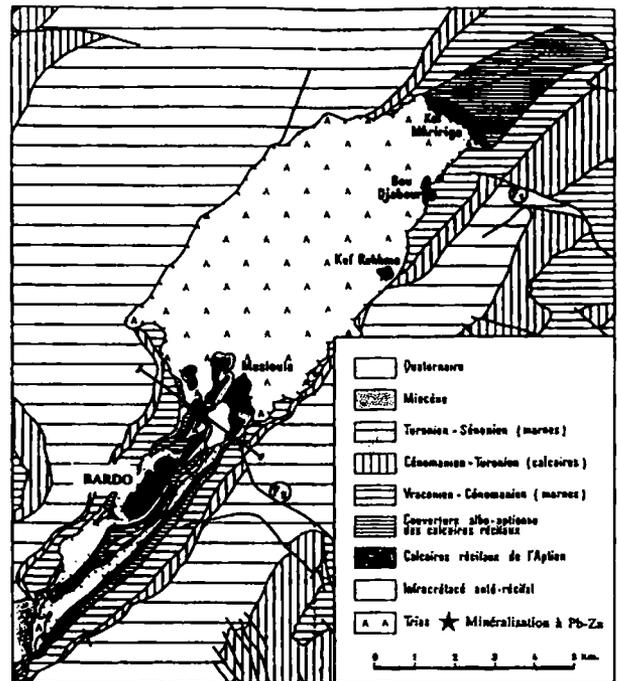


Fig. 2 - Carte géologique simplifiée du massif de Mesloula (Dubourdiou, 1959)

*Simplified geologic map of Mesloula mountain (Dubourdiou, 1959)*

#### I.2.1. La série basale

Formant la base de la série observable, on note à Mesloula la présence de niveaux détritiques gréseux, attribués d'abord au Barrémien par Dubourdiou (1959) puis au Gargasien supérieur par Masse *et al.*, (1982).

#### I.2.2. La série albo-aptienne

Trois termes ont été distingués de bas en haut (Masse *et al.*, 1979).

Un premier terme marneux repose sur les niveaux détritiques de base. A Mesloula, cette assise est en moyenne de 40 m d'épaisseur. Elle est datée du Gargasien supérieur (Chikhi-Aouimeur *et al.*, 1982).

Le terme suivant est représenté par d'importantes masses calcaires de plateforme redressées à la verticale, formant les reliefs les plus accusés du massif. Ces formations sont attribuées à l'Aptien et sont porteuses de la minéralisation, à Mesloulou, comme à l'Ouenza, à Bou Khadra, ou à Boujaber (Thibiéroz *et al.*, 1976; Rouvier, 1990; Bouzenoune, 1993). Il s'agit de carbonates organogènes à Madrépores, Rudistes et Orbitolines. Cet ensemble carbonaté totalise une épaisseur de 80 à 100 m et renferme localement des éléments insolubles remaniés du Trias. Pourtant ces formations sont ici toujours en contact tectonique avec le Trias. Par ailleurs, ces calcaires sont marqués par le développement d'innombrables cristaux de quartz automorphes néoformés, témoins d'une intense circulation de fluides riches en silice.

Le terme supérieur à dominante marneuse est très réduit à Mesloulou. Il correspond à la «zone de Clansayés» définie par G. Dubourdiou (1956) sur la base de la faune du Clansayésien inférieur. Des datations plus récentes montrent que cette série monte en fait dans l'Albien inférieur (Vila et Charrière, 1993; 1994).

De nombreux blocs de ces calcaires aptiens, de taille variable, sont parfois emballés dans ces marnes. Ces blocs ont été précédemment décrits comme le résultat de déformations dysharmoniques. Plus récemment Vila *et al.*, (1994) ont émis l'hypothèse de l'existence d'une formation sédimentaire des blocs remaniés ("complexe à blocs"). Elle serait l'équivalent latéral des formations albiennes à éléments remaniés du Trias connues à l'Ouenza ou au Jebel Ladjbel.

### 1.2.3. Le *Vracono-Cénomani*en

Les principaux affleurements post-albiens ont été décrits essentiellement sur les terminaisons périclinales NE et SW et sur les bordures E et W de la structure principale (Dubourdiou, 1959). Ils sont généralement masqués par un recouvrement quaternaire récent, relativement épais, ce qui leur donne ainsi une allure discontinue.

De nature marno-calcaire, les sédiments vraconiens sont caractérisés par une grande variation de faciès et d'épaisseurs, avec l'absence locale de certains horizons. Ces marno-calcaires sont parfois dolomités et renferment des éléments insolubles d'origine triasique.

Le Cénomanién inférieur est argileux, finement stratifié avec un contenu fossilifère très diversifié. Le Cénomanién supérieur représente un épisode calcaire, qui s'enrichit en composante marneuse vers le sommet de la série. Les variations d'épaisseurs, et parfois même la disparition de cette série à l'affleurement, seraient dues à la tectonique post-cénomaniénne, ou encore à l'action diapirique.

### 1.2.4. Le *Turono-Sénonien*

Le passage du Cénomanién supérieur au Turonien se fait d'une façon graduelle. Les dépôts turoniens sont très puissants; c'est une série de bassin fortement subsident, à dominante calcaire à la base et marno-calcaire au sommet.

En revanche, le Sénonien est très réduit dans cette région. Les seuls affleurements de cet étage, attribué au Coniacien, ont été décrits entre le village minier de Mesloulou et l'Oued Mellègue (Dubourdiou, 1959). Ils sont marneux à la base et argilo-calcaires vers le sommet.

## I. 3. Le Miocène

Il s'agit d'une série transgressive relativement épaisse, qui repose en discordance sur les terrains créacés ou triasiques sous-jacents. Il affleure dans trois secteurs différents: au NE à proximité du village minier, au Bardo et à Meslourh au SW (fig. 2).

- Au village minier, le Miocène est en contact tectonique avec le Trias ou discordant sur l'Aptien, avec la présence d'un conglomérat de base.

- Au Bardo, il est également discordant sur les mêmes formations.

- Le synclinal de Meslourh est le témoin le plus important de cette transgression miocène. La terminaison orientale de ce bassin apparaît en relief, bordant les calcaires aptiens, avec une discordance marquée sur le Trias (fig. 2).

Du point de vue lithologique, cette série est argilo-marneuse à la base, elle s'enrichit en calcaires vers le sommet, formant ainsi des barres épaisses qui apparaissent en relief.

#### I.4. Aperçu tectonique

L'évolution tectonique du massif de Mesloulou reste encore en partie énigmatique, les phases successives qui ont conduit à son architecture actuelle sont mal définies.

La structure actuelle (fig. 2), assez complexe, mais à peu près symétrique, est visiblement imputable en partie aux compressions postérieures au dépôt du Miocène marin (NW-SE), responsables de l'essentiel du plissement de l'ensemble de cette région.

Ce sont ces compressions qui pourraient être responsables de l'allure générale de l'anticlinal de Mesloulou et des recouvrements anormaux au cœur de la structure.

Avant ce plissement, devait exister une structure diapirique peut-être assez simple, plus au moins extravasée, avec un corps vertical plus large qu'aujourd'hui, recouverte sur son sommet par une série incomplète de Crétacé et de Miocène marin. Cette première structure a dû se mettre en place avant les premiers remaniements du Trias au Crétacé connus dans la série.

## II. LA MINERALISATION

Les calcaires parfois dolomités et silicifiés de l'Aptien supérieur constituent le support des minéralisations sulfurées. Ces dernières sont

essentiellement plombifères, avec accessoirement du zinc et du cuivre. Elles se présentent sous forme d'imprégnations et de remplissage de cavités de dissolution de ces calcaires, comme pour tous les gisements de la région liés aux diapirs (Akrou et al., 1989).

### II.1. Caractéristiques de la minéralisation

Du point de vue de la géologie régionale, le gisement de Mesloulou est classé parmi les minéralisations de type «cassure» (Popov, 1968). Le corps minéralisé principal est de forme lenticulaire, encaissé dans un bloc calcaire de l'Aptien qui est enraciné dans le Trias (côte 862, fig. 2bis).

D'autres corps minéralisés, de moindre importance, ont également été mis en évidence dans le même contexte par les travaux de l'E.R.E.M (Rudis, 1968; Lutchnikov et al., 1974). Ces corps secondaires sont sous forme de filons ou de petites lentilles calcaires imprégnées par des sulfures. C'est le cas du gisement de M'Zeïta et de Kef Rakhma (fig.2).

En fonction de la minéralogie et de la distribution spatiale du minerai, quatre grands domaines ont été distingués (Vincienne et Meune, 1951) : domaines du plomb, du zinc, du cuivre, du baryum.

Le minerai est très oxydé en surface. Les niveaux minéralisés présentent plusieurs types de texture; les textures bréchique et disséminée sont les plus importantes. La paragenèse minérale (tabl. I) est à galène, blende, pyrite (chalcopyrite, cuivre gris), barytine, calcite, dolomite, quartz (Diane, 1994).

Le schéma de la figure 3 montre un aspect caractéristique de la minéralisation, où sont associés barytine, calcite et sulfures. La barytine en gerbes se développe à partir de la calcite en la corrodant. Les

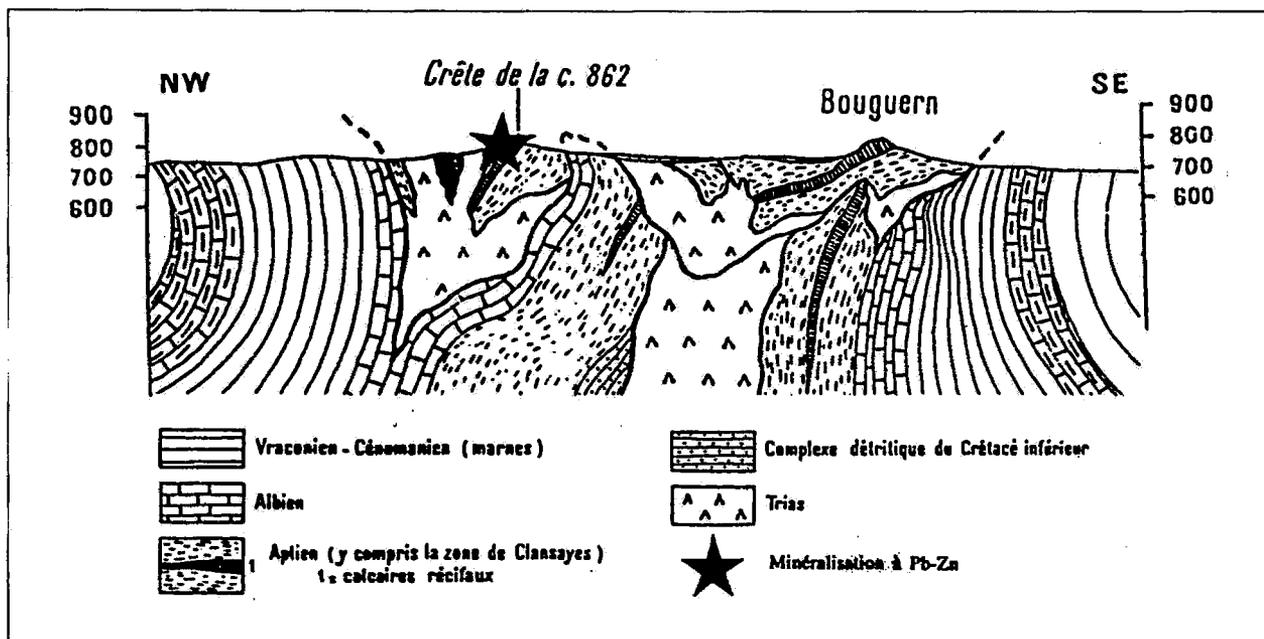


Fig. 2 bis - Localisation du corps minéralisé principal du gisement à Pb-Zn de Mesloula (Dubourdieu, 1959, modifiée)  
 Localization of the principal ore body of Mesloula Pb-Zn deposit (Dubourdieu, 1959, modified)

Tableau I- Succession paragénétique du gisement à Pb-Zn du gisement de Mesloula (Diane, 1994)  
 Paragenetic succession of Mesloula Pb-Zn deposit (Diane, 1994)

MINÉRAUX	PHASE SÉDIMENTAIRE DIAGÉNÉTIQUE	PHASE HYDROTHERMALE				
		F R	Altérations hydrothermales	F R	Étape de la minéralisation	Transformations tardives
MICAS	—	A		A		
DOLOMITE	—	C	—	C		
QUARTZ	—	T	—	T		
PYRITE	—	U		U		
BLENDE		R		R	—	
GALÈNE		A		A	—	
CUIVRE GRIS		T		T	—	
CHALCOPYRITE		I		I	—	
CALCITE	—	O	—	O	—	
BARYTINE		N		N	—	
CÉRUSITE						—
COVELLITE		D		D		—
GOETHITE		I		I		—
AUTRES OXYDES ET HYDROXYDES		S		S		—

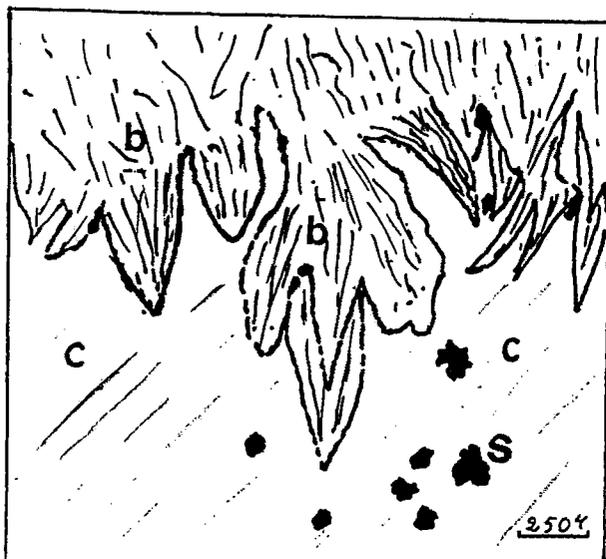


Fig. 3 - Relations minérales entre la barytine, la calcite et la galène

*Mineral relations ships between baryte, calcite and galena*

sulfures (notamment la galène) apparaissent sous forme de reliques entre les cristaux de barytine ou en inclusions dans la calcite spathique. La succession paragénétique est donc galène - calcite - barytine. La disposition générale des différents éléments de la paragenèse montre toutefois qu'ils se sont déposés dans une même logique. En particulier, il n'existe aucune phase de déformation permettant de mettre en évidence une discontinuité importante à l'échelle de l'échantillon. Cette absence de déformation semble indiquer que ces dépôts sont postérieurs aux phases tectoniques locales les plus récentes, néogènes.

Ces observations suggèrent donc une quasi contemporanéité des phases minérales (notamment calcite et sulfures) et le caractère très récent de la minéralisation étudiée.

### III. ETUDE DES INCLUSIONS FLUIDES

Notre étude a porté sur les inclusions fluides piégées dans la calcite spathique tardive des minéralisations sulfurées de Mesloul. Les échantillons étudiés ont été prélevés au niveau

de la carrière de M'Zeïta (fig. 2). Seuls les échantillons à texture rubanée, où cette calcite est associée à une barytine en gerbe (Diane, 1994), et les faciès de remplissage karstique ont été étudiés.

Le haut degré de l'altération météorique du minerai en surface constitue un obstacle majeur pour identifier et étudier les inclusions fluides dans les autres phases minérales (les autres générations de carbonates, les silicates et la barytine), susceptibles d'en contenir.

#### III.1. Etude morphoscopique

L'étude microscopique au grossissement x 50 a révélé la présence de deux générations d'inclusions fluides dans la calcite tardive (Diane, 1994).

##### III.1.1. Les inclusions primaires

Elles sont relativement nombreuses, de formes très irrégulières, parfois allongées, avec des parois rectilignes. Leur taille est également variable, mais elle n'excède en aucun cas les 30  $\mu\text{m}$ . Elles sont généralement intracristallines, disposées d'une façon arbitraire par rapport aux éléments cristallographiques (clivages) et présentent souvent des volumes répartis dans les trois dimensions des cristaux hôtes de calcite, indiquant ainsi une mise en place lors de la croissance cristalline. Elles sont souvent biphasées, la phase liquide constitue 80 à 90% du volume global de l'inclusion. Les bulles de gaz sont à parois épaisses, les plus petites sont parfois difficiles à observer autrement que par leur mobilité, sous l'action de la pression du liquide.

##### III.1.2. Les inclusions secondaires

Elles sont très rares et généralement monophasées. Elles sont de forme sphérique, de taille plus petite, allant de 5 à 10  $\mu\text{m}$ . Ces inclusions secondaires

présentent des structures en chapelet. Elles sont disposées suivant des plans réguliers (fractures), traversant parfois plusieurs cristaux successifs, parallèlement et/ou obliquement aux plans de clivage et aux contacts intercrystallins.

### III.2. Les données microthermométriques

L'étude microthermométrique a porté sur des inclusions primaires biphasées, à l'aide d'une platine chauffante et réfrigérante "Chaixmecca" (Poty *et al.*, 1976). Cette dernière a la capacité de refroidir jusqu'à  $-180^{\circ}\text{C}$ , par une alimentation en azote réfrigéré et de chauffer jusqu'à  $+600^{\circ}\text{C}$ , grâce à une résistance électrique.

L'appareil a été préalablement calibré aux basses et aux hautes températures, par des échantillons standards, dont on connaît les compositions et les températures théoriques de fusion.

Pour les basses températures on a utilisé une inclusion de  $\text{CO}_2$  pur et une inclusion synthétique à  $\text{H}_2\text{O}$ . Pour les hautes températures, on a considéré trois étalons :  $\text{SK}70^{\circ}$ ,  $\text{NaNO}_3$  et  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . (Le sigle SK se rapporte aux corps fusibles commercialisés par la Société MERCK).

Les précisions sur les mesures réalisées sont respectivement de l'ordre de  $0,3$  et de  $2,5^{\circ}\text{C}$  pour les basses et les hautes températures.

### III.3. Résultats

#### III.3.1. Chauffage

Une quarantaine de mesures ont été effectuées. Un histogramme des fréquences a été établi à partir des valeurs corrigées (fig. 4). Ces dernières sont comprises entre  $90^{\circ}$  et  $148,2^{\circ}\text{C}$  pour les calcites karstiques (tableau II) et entre  $92,7^{\circ}$  et  $135,7^{\circ}\text{C}$  pour les calcites rubanées (tableau III). Le traitement statistique de ces données montre

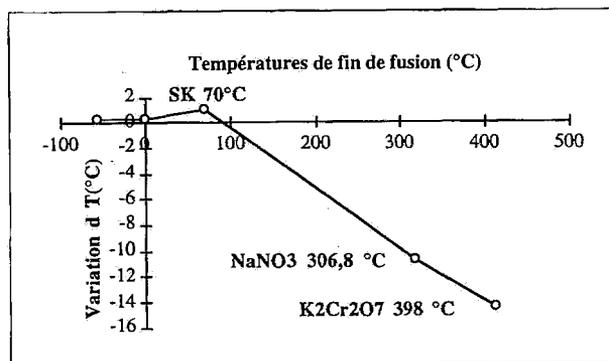


Fig. 4 - Courbe de calibration de la platine micro-thermométrique CHAIXMECA  
*Calibration curve of CHAIXMECA micro-thermometry stage*

Tableau II - Points de fusion des échantillons-étalons  
*Melting points of the standard samples*

	Etalon	Point de fusion théorique ( $^{\circ}\text{C}$ )	Point de fusion mesuré ( $^{\circ}\text{C}$ )	Correction ( $\Delta T$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )
Chauffage	SK $70^{\circ}\text{C}$	70,0	68,9	1,1
	$\text{NaNO}_3$	306,8	317,5	-10,7
	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	398,0	412,4	-14,4
Congélation	$\text{CO}_2$ pur	-56,6	-56,9	0,3
	$\text{H}_2\text{O}$ synthét.	-0,1	-0,4	0,3

une première répartition unimodale marquée entre  $110^{\circ}$  et  $120^{\circ}\text{C}$  pour la population d'inclusions fluides piégées dans le premier type de calcite et une deuxième entre  $100^{\circ}$  et  $110^{\circ}\text{C}$  pour celle du second (fig. 4).

#### III.3.2. Congélation

Elle a permis de mesurer les températures de fin de fusion ( $T_f$ ) des inclusions fluides. Les mesures ont été effectuées sur les mêmes inclusions précédentes. Les températures de fin de fusion corrigées fluctuent entre  $-5,5^{\circ}$  et  $-10,9^{\circ}\text{C}$  pour les calcites karstiques (tableau II) et entre  $-5,7^{\circ}$  et  $-11,2^{\circ}\text{C}$  pour les calcites rubanées (tableau III). L'histogramme des fréquences correspondant montre cette fois une même distribution unimodale entre  $-9^{\circ}$  et  $-10^{\circ}\text{C}$  pour les deux populations d'inclusions fluides

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

*table of salinities (wt. % NaCl) that correspond to freezing point depressions (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	-	-	-	-	-	-	-

des deux types de calcites (fig. 5). Ces valeurs ont été corrélées avec les salinités des fluides piégés, qui sont obtenues par l'équation suivante (Bodnar, 1993):

$$S = 0,00 + 1,78/\theta - 0,0442\theta^2 + 0,000557/\theta^3$$

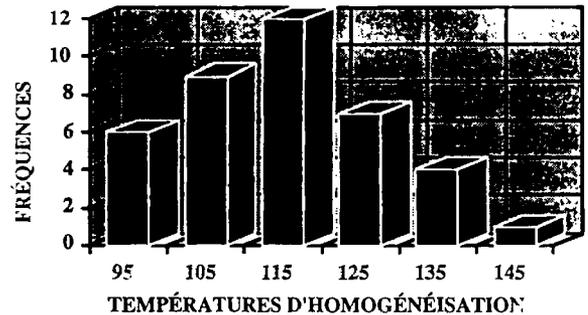
avec:

S → la salinité du fluide contenu dans l'inclusion (% poids équivalent NaCl)

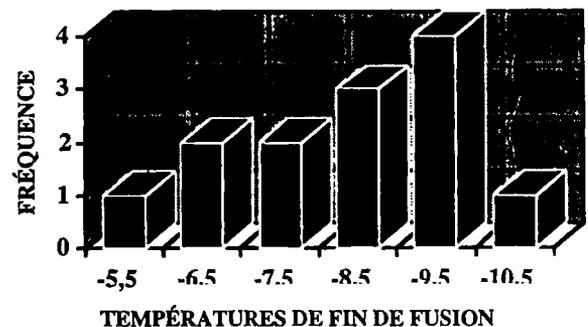
θ → sa température de fin de fusion corrigée (°C)

Les salinités correspondantes sont relativement élevées, avec une valeur moyenne de l'ordre de 13,4% pds éq. NaCl

La corrélation entre les températures d'homogénéisation et les températures de fin de fusion montre cependant une très grande dispersion des résultats (fig. 6), sans pouvoir distinguer la calcite rubanée de la calcite karstique.



**Fig. 5**- Histogramme des fréquences des températures d'homogénéisation des inclusions fluides biphasées dans la calcite spathique  
*Frequency histogram of homogenization temperatures from two-phase primary fluid inclusions in the sparry calcite*



**Fig. 6**-Histogramme des fréquences des températures de fin de fusion des inclusions fluides biphasées dans la calcite spathique  
*Frequency histogram of melting temperatures from two-phase primary fluid inclusions in the sparry calcite*

## CONCLUSION ET DISCUSSION

L'étude des inclusions fluides primaires a permis d'avoir une idée sur la température minimale de piégeage et sur la salinité des fluides qui ont circulé lors de la genèse de la calcite et par conséquent sur les conditions de mise en place des minéralisations sulfurées auxquelles elle est associée. Cette température est en moyenne de l'ordre de 110° à 120° C avec une salinité de 13,4% pds éq. NaCl.

Les températures d'homogénéisation obtenues, aux corrections de pression près, semblent être trop élevées pour être celles de fluides d'origine supergène. Elles correspondraient plutôt à celles de fluides provenant d'aquifères profonds situés dans le bassin, dont la mise en circulation aurait été causée par des processus tectoniques et la focalisation locale favorisée par la structure diapirique.

Les salinités moyennement élevées sont probablement dues à un enrichissement en sel des eaux de bassin grâce à une intense dissolution et au lessivage des formations salifères triasiques par ces fluides ascendants, vraisemblablement dilués par la suite dans les parties hautes. L'étude des minéraux néoformés confirme que ces fluides, relativement chauds, ont effectivement percolé dans ces formations triasique salifères.

La calcite spathique (karstique et rubanée) a cristallisé pendant l'étape de mise en place de la minéralisation (Diane, 1994); ses inclusions portent donc la signature géochimique de l'évolution en retait des conditions physico-chimiques des fluides responsables de la précipitation sulfurée.

Le caractère récent de ces dépôts, peu postérieurs aux phases de déformation alpines, laisse penser que celles-ci ont pu jouer un rôle majeur dans l'expulsion des fluides vers le haut des structures diapiriques et le long de leur contact, qui sont des formes de drainage importantes.

Les résultats obtenus ne montrent pas de différences sensibles au niveau des valeurs moyennes de  $T_h$ , et de salinité entre les inclusions fluides des deux types calcite (karstique et rubanée); cela confirme leur appartenance à une même génération et leur cristallisation en présence d'un même type de fluides. En revanche, la dispersion observée sur la corrélation Th-Tf laisse penser qu'il pourrait s'agir éventuellement d'un fluide-mélange, dont les constituants diffèrent en terme de composition (salinité) et de température.

Des résultats proches ont été obtenus sur les inclusions fluides de minéraux divers associés à des minéralisations à Pb-Zn-Ba situées dans des contextes géologiques analogues, qu'il s'agisse de minéraux de gangue (carbonates, quartz, barytine) ou des minéraux métalliques eux-mêmes (sphalérite). Les températures de formations reconstituées sont toujours situées entre 100° et 150°C, avec des salinités élevées (Laatar, 1980; Smati, 1986; Hatira, 1988; Akrou, 1991; Bouzenoune, 1993).

Tous ces résultats mettent en évidence le rôle double joué par le Trias :

- rôle mécanique assuré par le processus diapirique, qui aurait contribué efficacement à la mise en place d'un réseau de fractures ouvertes ayant servi de drain pour ces fluides minéralisateurs,

- rôle chimique avec un enrichissement de ces fluides en éléments ou groupements chimiques susceptibles de fixer des éléments métalliques et de les précipiter sous forme de sulfures.

Les auteurs tiennent à remercier Messieurs Ch. MARIGNAC et B. TOUAHRI pour leur lecture critique du manuscrit.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akrou H., Aoudjehane M., Thibieroz J., Otmanine A. et Touahri B. 1989. Gîtes et indices de fluorite d'Algérie du Nord: Inventaire et réflexions. *Bull. Off. Nat. Géol. Algérie*, vol. 2, n° 1, pp. 11-28.
- Akrou H. 1991. Fluid inclusions of F-Ba-Pb late paragenesis of borders of the Ouenza, Mesloula, Hameimat ed-Dahra diapirs (NE Algeria). In *Source, Transport and Deposition of Metals. M. Pagel et J. Leroy (eds)*, Balkema, Rotterdam, pp. 219-222.
- Aoudjehane M. 1989. Les concentrations à Ba, Sr, Zn, Pb dans le Trias, 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. M. Pagel et J. Leroy (eds)*, Balkema, Rotterdam, pp. 419-422.

- Aoudjehane M., Bouzenoune A., Rouvier H. et Thibieroz J. 1993.** Halocinèse et dispositifs d'extrusion de Trias dans l'Atlas saharien oriental (NE algérien). *Géol. Médit.* t. XIX, n° 4, pp. 273-287.
- Bodnar R.J. 1993.** Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, vol. 57, pp. 683-684.
- Bouzenoune A. 1993.** Minéralisation peridiapiriques de l'Aptien calcaire: les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). *Thèse doct. 3ème cycle, Métallogénie*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 184 p.
- Diane E.-B. 1994.** Pétrographie des minéralisations à Pb-Zn et de leur encaissant carbonaté du massif de Mesloula (Est algérien). Etude préliminaire. *Mémoire de D.E.A "Matériaux Minéraux"*, E.S.E.M - Univ. d'Orléans, 40 p.
- Dubourdiou G. 1956.** Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). *Bull. Serv. carte géol. Algérie (nouvelle série)*, n° 10, 659 p.
- Dubourdiou G. 1959.** Esquisse géologique du Djebel Mesloula. *Bull. Serv. carte géol. Algérie (nouvelle série)*, n° 21, 162 p.
- Hatira. 1988.** Les concentrations de Zn-Pb-Sr (Ba), dans le cortex des diapirs de Trias salifère; exemple du diapir de Sakiet Koucha (Tunisie septentrionale). Comparaison avec d'autres massifs tunisiens et avec le cap-rock de la Gulf Coast (U.S.A.). *Thèse Doct. 3ème cycle, Métallogénie*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 288 p.
- Laatar E. 1980.** Gisements de Pb-Zn et diapirisme du Trias salifère en Tunisie septentrionale. Les concentrations périadiapiriques du district minier de Nefate-Fedj-el-Adoum. *Thèse Doct. Métallogénie*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 280 p.
- Lutchnikov B. 1974.** Rapport sur les travaux de recherches exécutés en 1973 dans la région du champ minier de Mesloula. *Rapport interne S.O.N.A.R.E.M.*, inédit.
- Masse J-P. et Thieuloy J-P. 1979.** Précisions sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien sud-constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. *Bull. Soc. géol. France*, t. XXI, n°1, pp. 65-71.
- Masse J-P. et Chikhi-Aouimer F. 1982.** La plate-forme carbonatée de l'Ouenza (Sud Constantinois-Algérie). Organisation et dynamique durant l'Aptien supérieur. *Géol. Médit.*, vol. IX, n° 3, pp. 259-267.
- Otmanine A. 1987.** Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et Fe sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott. Relation entre la paléogéographie albo-aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. *Thèse Doct. 3ème cycle*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI).
- Perthuisot V. 1978.** Dynamique et pétrogenèse des extrusions triasiques en Tunisie septentrionale. *Trav. Labo. Géol., ENS*, Paris n° 13, 312 p.
- Popov A. 1968.** Gisements de Plomb et de Zinc en Afrique: les types morphologiques et la répartition des gisements du Zinc et du Plomb en Algérie. *Annales Mines et Géologie - Tunis*, n° 23, pp. 103-203.
- Poty B., Leroy J. et Jachimowicz L. 1976.** Un nouvel appareil pour la mesure des températures sous le microscope: l'installation de microthermométrie CHAIXMECA. *Bull. Soc. franc. Minéral. Cristallogr.*, vol. 99, pp. 182-186.
- Roedder E. 1984.** Fluid inclusions *Review in Mineralogy*, serie editor P.H. Ribbe, vol. 12
- Rouvier H. 1977.** Géologie de l'extrême-Nord tunisien: tectoniques et paléogéographies superposées à l'extrémité de la chaîne nord-maghrébine. *Thèse Doct. d'Etat*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 427 p.
- Rouvier H., Perthuisot V., et 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 E.R.E.M. Boumerdès - Algérie*, 71 p., inédit.
- Rudis Lubjana 1968.** Recherches géologiques sur Mesloula. *Rapport interne S.O.N.A.R.E.M.*, Boumerdès-Algérie inédit.
- Smati A. 1986.** Le gisement de Pb-Ba et de Fe du Jebel Slatat (Tunisie du centre-nord): minéralisations épigénétiques dans le Crétacé néritique de la bordure d'un diapir du Trias. Gisement de Sidi Amor Ben Salem et de Slatat-Fer. *Thèse 3ème cycle*, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 250 p.
- Thibieroz J. et Madre M. 1976.** Le gisement de sidérite de djebel Ouenza est contrôlé par un golfe de la mer aptienne. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, Alger, 67, 3-4, pp 125-150.
- Vila J.M. et Charrière A. 1993.** Découverte d'Albien calcaire et de Trias resédimenté au Djebel Bou Jaber (partie ouest, Algérie): corrélation avec les forages et conséquences sur l'organisation du Crétacé inférieur des confins algéro-tunisiens. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 316, série II, pp. 243-249.
- Vila J.M., Benkherouf F. et Charrière A. 1994.** Interprétation du matériel triasique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens): un vaste "glacier de sel" sous-marin albien, à l'image des structures off shore d'Aquitaine. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 318, série II, pp. 109-116.
- Vila J.M. et Charrière A. 1994.** Définition d'un domaine à "glacier de sel" sous marin dans les confins algéro-tunisiens. *15ème Réunion des Sci. de la Terre*, Nancy, pp. 38.
- Vincienne H. et Meune M. 1951.** Rapport géologique et métallogénique sur Djebel Mesloula. *Rapport interne S.O.N.A.R.E.M.*, inédit.