

CARACTERISATION MICROTHERMOMETRIQUE DES MINERALISATIONS à Pb-Zn (F et Ba) de AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGERIEN

Abdelhak BOUTALEB*, Djamel Eddine AISSA* et Ch. MARIGNAC**

RÉSUMÉ

Le massif du Hadjar Labiod (Ain Azel) est situé sur la marge septentrionale de la chaîne du Hodna. Ce massif recèle divers gisements et indices métallifères, dont le gîte plombo-zincifère (\pm fluorite et barytine) de Aïn Kahla.

Les minéralisations rencontrées dans ce secteur consistent en des corps minéralisés associés aux dolomies du Lias moyen-supérieur et du Dogger. Les amas les plus importants sont géométriquement liés aux inconformités régionales, en particulier la surface infra-toarciennne.

La galène et la sphalérite se rencontrent dans des minerais à textures rubanées en petites dispersions aléatoires associées à la barytine, au quartz et à la fluorite ou disséminées dans les dolomies saccharoïdes. La minéralisation présente aussi des textures bréchiques à ciment de fluorite, barytine et galène. La fluorite brunâtre forme le ciment des éléments bréchiques de nature dolomitique. La fluorite vitreuse et massive (à inclusions fluides riches en hydrocarbures) est associée à la barytine laiteuse constituée de grandes lamelles enchevêtrées.

Trois générations de fluorites (I, II et III) de tailles et de formes différentes ont été reconnues à Aïn Kahla. La fluorite III contient trois types d'inclusions fluides : (1) des inclusions primaires aqueuses et biphasées sans hydrocarbures (non fluorescentes à la lumière UV) contenant des fluides à salinité proche de 12 % éq. poids NaCl et des Th de 100°C; (2) des inclusions primaires complexes monophasées (huile liquide), biphasées (huile liquide et gaz) et enfin triphasées (huile, gaz et saumure). Leurs solutions aqueuses ont des salinités de 6 % éq. poids NaCl et des Th qui varient entre 180 et 230°C; et (3) des inclusions secondaires à hydrocarbures contenant un fluide à salinité relativement basse de l'ordre de 3 % éq. poids NaCl qui homogénéisent à des températures de 150°C.

Les inclusions fluides à hydrocarbures piégées dans la fluorite III de Aïn Kahla ont été étudiées par différentes méthodes afin de caractériser les hydrocarbures piégées dans la fluorite des gîtes à Pb-Zn des Monts du Hodna. Les études microthermométrie et géochimique des hydrocarbures contenus dans les inclusions fluides des fluorites de Aïn Kahla indiquent que les fluides minéralisateurs qui sont à l'origine du dépôt de ces minéralisations sont des eaux connées chaudes et salées.

Mots clés - Minéralisations à Pb-Zn du Hodna - Fluorite - Inclusions fluides à hydrocarbures - Eaux connées.

*FSTGAT/USTHB, BP 32, 16 111 El Alia – Alger. Abdelhak_boutaleb_2000@yahoo.fr

** INPL – Nancy - France

- Manuscrit déposé le 02 Janvier 2006, accepté après révision le 28 Mars 2006.

MICROTHERMOMETRIE. CHARACTERIZATION OF Pb-Zn, (BARYTE-FLUORITE) MINERALIZATION OF AIN KAHLA (HODNA) NE, ALGERIA

ABSTRACT

The Hadjar Labiod massif (Ain Azel) is part of the northern margin of the Hodna mounts. Several Pb-Zn-F-Ba prospects and deposits are known in this region, and the Ain Kahla deposit is an example of these base metal ores.

The Aïn Kahla mineralization consists of ore bodies that are embedded in the upper Liassic and Dogger dolomites. The most significant base metal concentration is emplaced within regional unconformities, such that of the infra-toarcian. Galena and sphalerite are found either disseminated in banded ore textures along with barite, quartz and fluorite or as disseminations in the coarse grained dolomites. In places, the mineralization shows brecciated textures where fluorite, barite and galena form the cement of the elements. However, brownish fluorite is the cement of the brecciated dolomitic elements. Massive transparent fluorite often contains hydrocarbon-rich fluid inclusions and is usually associated with white barite that shows large intergrown lamellae.

Three fluorite generations (I, II and III) of different sizes and forms were identified. The Fluorite III generation reveals three types of fluid inclusions: (1) aqueous and two-phase primary hydrocarbon-free fluid inclusions showing a salinity of 12 NaCl equiv. wt% and homogenization temperature of about 100 °C; (2) complex primary fluid inclusions with single-phase (liquid oil), two-phase (liquid oil and gas) and three-phase (liquid oil, gas and brine), all showing salinity of 6 NaCl equiv. wt% and homogenization temperatures of 180 to 230 °C; and (3) secondary hydrocarbon-rich fluid inclusions showing relatively low salinity of about 3 NaCl equiv. wt% and homogenization temperatures around 150 °C.

Hydrocarbon-rich fluid inclusions trapped in fluorite III of the Aïn Kahla deposit were also studied in order to characterize the nature of the hydrocarbons trapped in the fluorites of the Hodna mounts Pb-Zn deposits. Microthermometric and geochemical studies of these hydrocarbon-bearing fluid inclusions indicate that the mineralizing fluids are hot and saline connate water.

Keywords - Hodna Pb-Zn deposits - Fluorite - Hydrocarbon-rich fluid inclusions - Connate water.

I - INTRODUCTION

Le massif du Hodna de part sa grande extension fait environ 120 km d'Est en Ouest et 50 km du Nord au Sud (fig. 1), il recèle les minéralisations à Pb-Zn en milieu carbonaté les plus économiques du NE algérien. Ces gisements sont localisés dans la région de Ain Azel qui renferme plusieurs gîtes stratiformes dont les plus importants sont Ain Kahla et Kherzet Youssef à l'Ouest et Gouzi, Debba et Chaabet El Hamra au Sud-Est. Les corps minéralisés constituent des "amas" multicouches, de deux à

plusieurs corps minéralisés dans la même strate ou dans plusieurs strates superposées. En outre, plus d'une dizaine d'autres gîtes sont connus dans cette zone et font de cette région un véritable "district métallogénique" à Pb-Zn.

Les métaux de base (Pb et Zn) sont les principales substances minérales exploitées dans le passé (surtout les oxydés) mais actuellement, seul le gisement de Chaabet El Hamra est mis en exploitation après l'ennoiement de la mine de Kherzet Youssef. Les travaux de l'ORGM -

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN

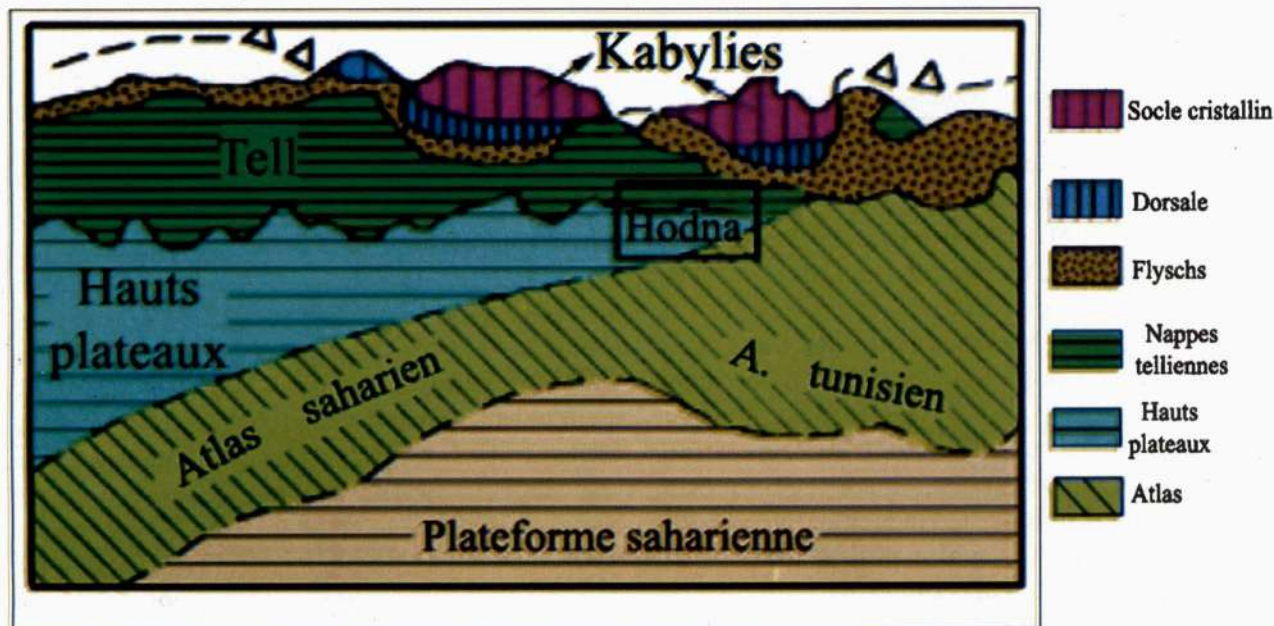


Fig. 1 - structure schématique du NE algérien.

Structural map of northeastern Algeria

(1981-1996) ont mis en évidence des amas à teneurs économiques en Ba et F dans les régions de Aïn Kahla et Gouzi-Debba.

Récemment, l'ORGM a développé plusieurs programmes d'exploration pour la recherche de Pb-Zn dans le Hodna, mais avec peu de résultats positifs.

Les études qui ont été faites sur les différents gîtes de la région du Hodna (Bertraneu, 1952; Glaçon, 1967; Khaldi, 1986; Beyoud, et Dagallier 1986; Touahri, 1987; Beyoud, 1990; Guiraud, 1990; Boutaleb *et al.*, 1999; Boutaleb, 2001 et ORGM, 1981-1996 inédit) s'accordent sur l'existence de deux types de minéralisations : (1) les minéralisations en "stratabounds" à Pb-Zn (Ba-F) et pyrite (d'ailleurs les plus intéressantes sur le plan économique) et (2) les minéralisations veinulées et en remplissage de cassures qui présentent la même composition minéralogique. Relevons dès à présent que ces minéralisations montrent de larges variations dans leur distribution verticale et dans la nature de leurs relations avec les roches

encaissantes mais leurs associations minéralogiques sont épigénétiques et polyphasées (Boutaleb et al, 1999 et Boutaleb, 2001).

Dans des études antérieures menées durant les années 1980 et 1990, Khaldi (1987), Beyoud, et Dagallier, (1986) et Beyoud (1990) rattachaient la mise en place de ces minéralisations à l'altération superficielle et à la sédimentation.

L'objectif de cet article est de caractériser les fluides minéralisateurs qui sont parfois associés aux hydrocarbures sur la base des résultats de l'étude microthermométrique et l'étude de la géochimie organique des inclusions fluides à hydrocarbures. D'ailleurs différentes études menées dans la région par Henni, 1984; Khaldi, 1987; Touahri, 1987; Beyoud, 1990, Boutaleb et al., 1999 et Boutaleb, 2001) montrent:

- L'existence d'hydrocarbures polycondensés solides, mis en place sous forme fluide dans les dolomies minéralisées du Lias de Aïn Kahla.

Présence de bitumes migrés cokéfiés dans les espaces géodiques du minerai encaissé dans les dolomies du Barrémien de Kherzet Youssef.

- Présence d'hydrocarbures dans les fractures qui affectent les calcaires éocènes au sud de Draa El Hamra; et enfin des hydrocarbures liquides et gazeux associés aux inclusions fluides piégées dans les fluorites de Aïn Kahla et Gouzi ainsi que dans le quartz, la barytine et la calcite des gîtes à minéralisation polymétallique du Dj. Bou Taleb.

Cette étude conduit à une interprétation différente des phénomènes métallogéniques à l'origine du gisement de Aïn Kahla. Partant des observations pétrographiques des minéralisations et de leur encaissant et de l'étude des inclusions fluides dans la fluorite (Aïn Kahla et Gouzi), et dans le quartz et la barytine du Djebel Bou Taleb, nous montrons que les minéralisations sont épigénétiques liées à la circulation des eaux connées sous couverture.

II - PRESENTATION DES INDICES ET GITES MINERALISES DE AÏN KAHLA

La zone minéralisée de Aïn Kahla est située à une dizaine de kilomètres à l'Ouest de Aïn Azel (fig. 2); elle occupe une superficie de 2 x 0,5 km² au cœur de la demi-boutonnière de l'anticlinal de Hadjar Labiod. Les corps minéralisés sont associés aux dolomies du Lias moyen-supérieur et du Dogger (fig. 3 et 4). Les amas les plus importants sont géométriquement liés aux inconformités régionales, en particulier la surface infra-toarcienne (Glaçon, 1967; Touahri, 1987 et Beyoud, 1990).

Les corps minéralisés peuvent être assimilés à des lentilles aplaties pénécordantes pouvant atteindre 800 m d'extension horizontale suivant une direction moyenne E-W et 300 m de profondeur avec un plongement de 40 à 50° vers le Nord. Les sondages effectués par l'ORGM (ex. SONAREM puis EREM) entre 1982 et 1985

ont permis de reconnaître 11 niveaux minéralisés se développant sur une épaisseur d'environ 450 m et qui intéressent le Lias moyen-supérieur et le Dogger (cinq niveaux dans le Lias et six dans le Dogger). La minéralisation consiste en des lits centimétriques de barytine en lamelles enchevêtrées associées à des disséminations et nids de sphalérite rougeâtre à mielleuse et de galène en mouchetures. Parfois cette minéralisation prend des allures de minerai à texture rubanée constitué d'une suite de niveaux alternativement clairs et gris. La couleur grise est liée à la concentration de quartz et de fluorite, tandis que les niveaux clairs se composent surtout de barytine. La galène et la sphalérite se rencontrent dans ces minerais à textures rubanées en petites dispersions aléatoires associées à la barytine, au quartz et à la fluorite ou disséminées dans les dolomies saccharoïdes. La minéralisation présente aussi des textures bréchiques à ciment de fluorite, barytine et galène. La fluorite brunâtre forme le ciment des éléments bréchiques de nature dolomitique. La fluorite vitreuse et massive à inclusions fluides riches en hydrocarbures est associée à la barytine laiteuse constituée de grandes lamelles enchevêtrées.

Il faut noter aussi qu'à l'affleurement, on rencontre des filonets dont la puissance varie de quelques centimètres à quelques décimètres et qui ont des extensions verticales et horizontales d'ordre métrique à décamétrique. Leurs orientations se distribuent selon trois directions N045, N105 et N135°. Cette dernière étant la plus dominante. Le remplissage de ces veinules est essentiellement à barytine avec des quantités moindres de fluorite et de galène.

Une étude statistique de la microfracturation associée à la minéralisation de Ba-F et de galène qui affleure largement à Aïn Kahla, a permis de mettre en évidence une phase anté minérale, une phase contemporaine de la mise en place de la minéralisation et enfin une troisième phase qui affecte et remanie la minéralisation.

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AIN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN.

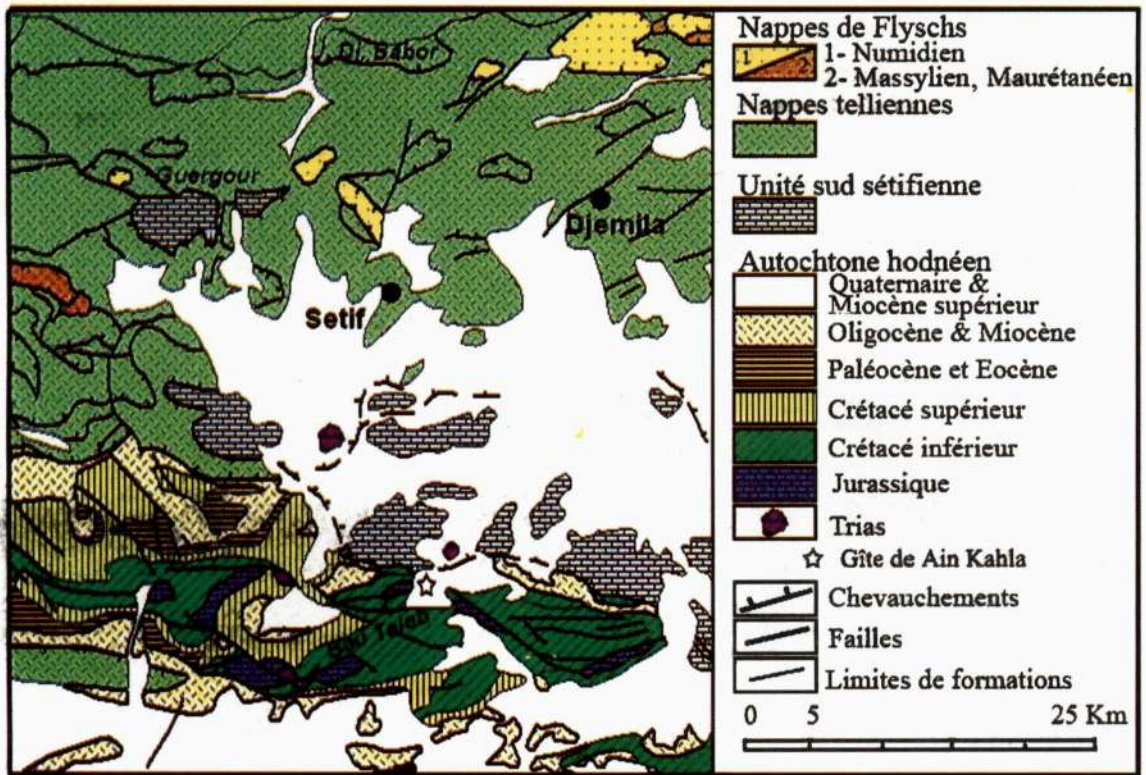


Fig. 2 - Carte géologique schématique du Hodna et de ses environs.

Geological map of the Hodna region and neighbored area

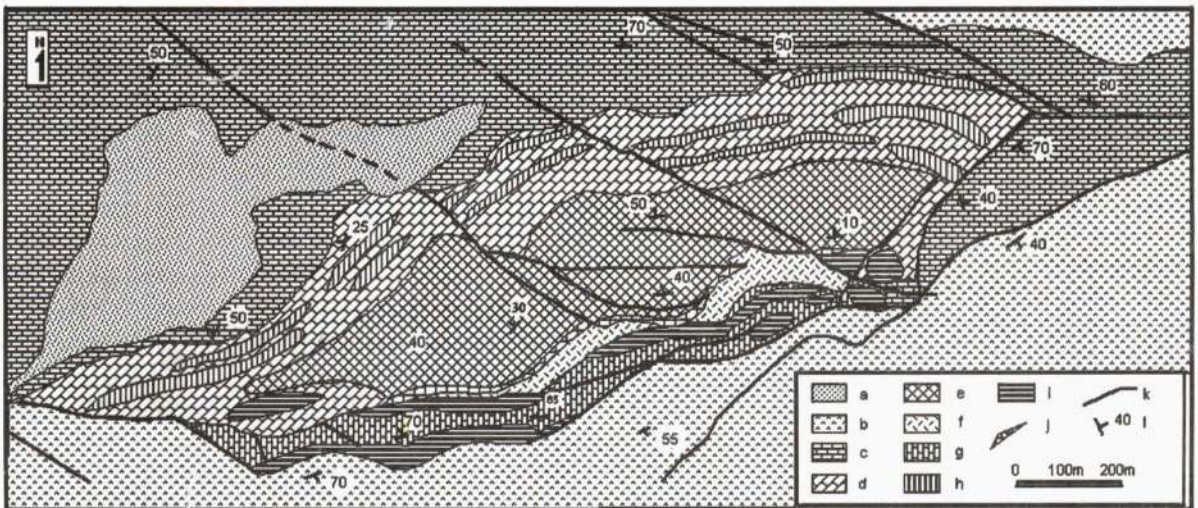


Fig. 3 - Carte géologique schématique des gîtes minéralisés de Ain Kahla.

Geological sketch of the ore deposits and occurrences of Ain Kahla

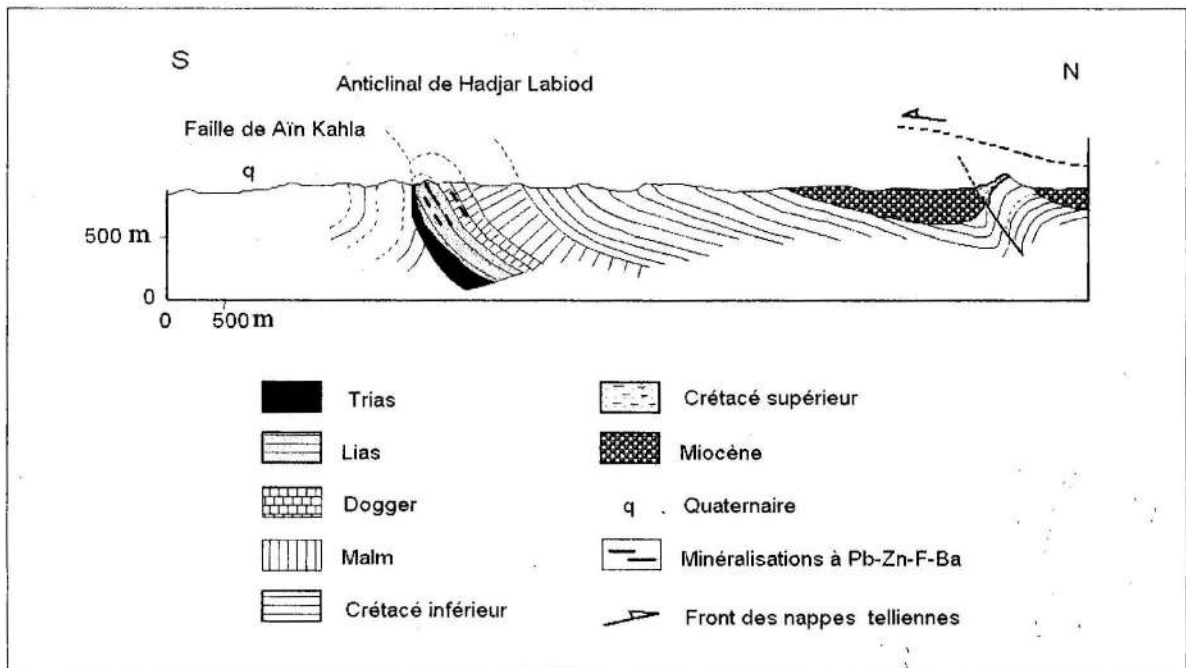


Fig. 4 - Coupe schématique NS à travers la boutonnière de Ain Kahla.

NS cross section through Aïn Kahla anticline

L'étude métallographique montre que la minéralisation de Aïn Kahla est simple.

La sphalérite est antérieure à la galène puisqu'on la trouve en petites inclusions dans cette dernière. La sphalérite remplit les espaces ouverts et montre des figures de remplacement de la dolomite porphyrique qui la précède.

La barytine se présente en lattes dans la fluorite massive affectée par une stylolitisation. Les lattes se déforment de façon "ductile" assez caractéristique. On trouve dans la barytine des inclusions de fluorite (I) automorphes de petite taille, de la sphalérite et de la galène. La fluorite (I) contient de fines inclusions de dolomite et de silice (fines baguettes de quartz automorphe).

Ainsi, on peut établir la succession suivante (tab. I):

III - ETUDE DES INCLUSIONS FLUIDES DES FLUORITES DE AÏN KAHLA

On distingue trois générations de fluorites de tailles et de formes différentes à Aïn Kahla. La fluorite I se présente en cristaux de petite taille (mm) au sein de larges cristaux de barytine en tablettes. Cette fluorite est associée au minerai de galène (fig. 5 photos. 1 et 4). La fluorite II correspond au ciment des brèches hydrauliques (fig. 5 ph. 2). Elle se localise entre les éléments de dolomite qui montre des recrystallisations au contact de la fluorite II. La fluorite III est massive (fig. 5 pho. 4). Elle se trouve en ciment de la barytine massive, cette dernière génération se rencontre aussi en remplissage de fractures de directions N120 E, ces fractures minéralisées sont à leur tour recoupées par des plans N100 E et N20 E (décrochements senestres) et N120 E (faille normale).

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN

Tableau I - Succession paragenétique de la minéralisation de Aïn Kahla.

Paragenetic sequence of the ore from Ain Kahla

	Diagenèse	Stade à sulfures	Stade à HC	
Dolomite	<u>do 1</u> <u>do 2</u>	<u>do 3</u> <u>do 4</u>		
Pyrite	<u>Py 1</u>			<u>Py 2</u>
Quartz		—		
Fluorite		<u>F1 1</u> <u>F1 2</u>	<u>F1 3 à HC</u>	
Sphalérite		—		
Galène		<u>Gn 1</u>		<u>Gn 2</u>
Barytine		<u>Ba 1</u>		<u>Ba 2</u>

L'étude des inclusions fluides a porté sur les fluorite II et III. La fluorite II montre des inclusions fluides de forme lenticulaire, amiboïde et géométrique plate. Il s'agit d'inclusions aqueuses biphasées à degré de remplissage de (0,8 à 0,6), leurs tailles varient de 20 à 100 microns. La fluorite III contient trois types d'inclusions fluides : (1) des inclusions primaires aqueuses et biphasées lenticulaires ou angulaires sans hydrocarbures (non fluorescentes à la lumière UV) contenant des fluides à salinité proche de 12 % éq. poids NaCl. Ces inclusions homogénéisent en phase liquide à des températures avoisinant les 100°C (fig. 7) et les températures eutectiques varient de -30 à -21°C, ce qui indique la présence d'autres cations que le Na dans les solutions minéralisatrices. (2) Des inclusions primaires complexes (fig. 6): monophasées (huile liquide), biphasées (huile liquide et gaz) et enfin triphasées (huile, gaz et solution aqueuse). Leurs solutions aqueuses ont des salinités de 6 % éq. poids NaCl et leurs températures eutectiques sont de l'ordre de -21 °C, ce qui

suggère qu'on est en présence d'un fluide correspondant au système à H₂O-NaCl. (3) Des inclusions secondaires à hydrocarbures. Elles contiennent un fluide à salinité relativement basse de l'ordre de 3 % éq. poids NaCl et des températures eutectiques qui varient de -19 à -20°C. Leurs températures d'homogénéisations oscillent autour de 150°C.

Les inclusions à hydrocarbures primaires ont des formes variées (sphériques, allongées ou tubulaires, elliptiques ou en forme d'ampoules). Certaines inclusions à hydrocarbures sont claires ou jaunâtres ou même rougeâtres en lumière monochromatique (naturelle). Différentes textures ou critères post-piégeage ont été reconnus : (1) on rencontre des fractures ouvertes ou remplies par des fluides fluorescents en UV (sûrement des hydrocarbures). (2) On trouve des inclusions satellites fluorescents ou non fluorescents autour de l'inclusion primaire. (3) Enfin, on observe aussi de

Bull. Serv. Géol. Nation. Vol. 17 n° 2. 2006

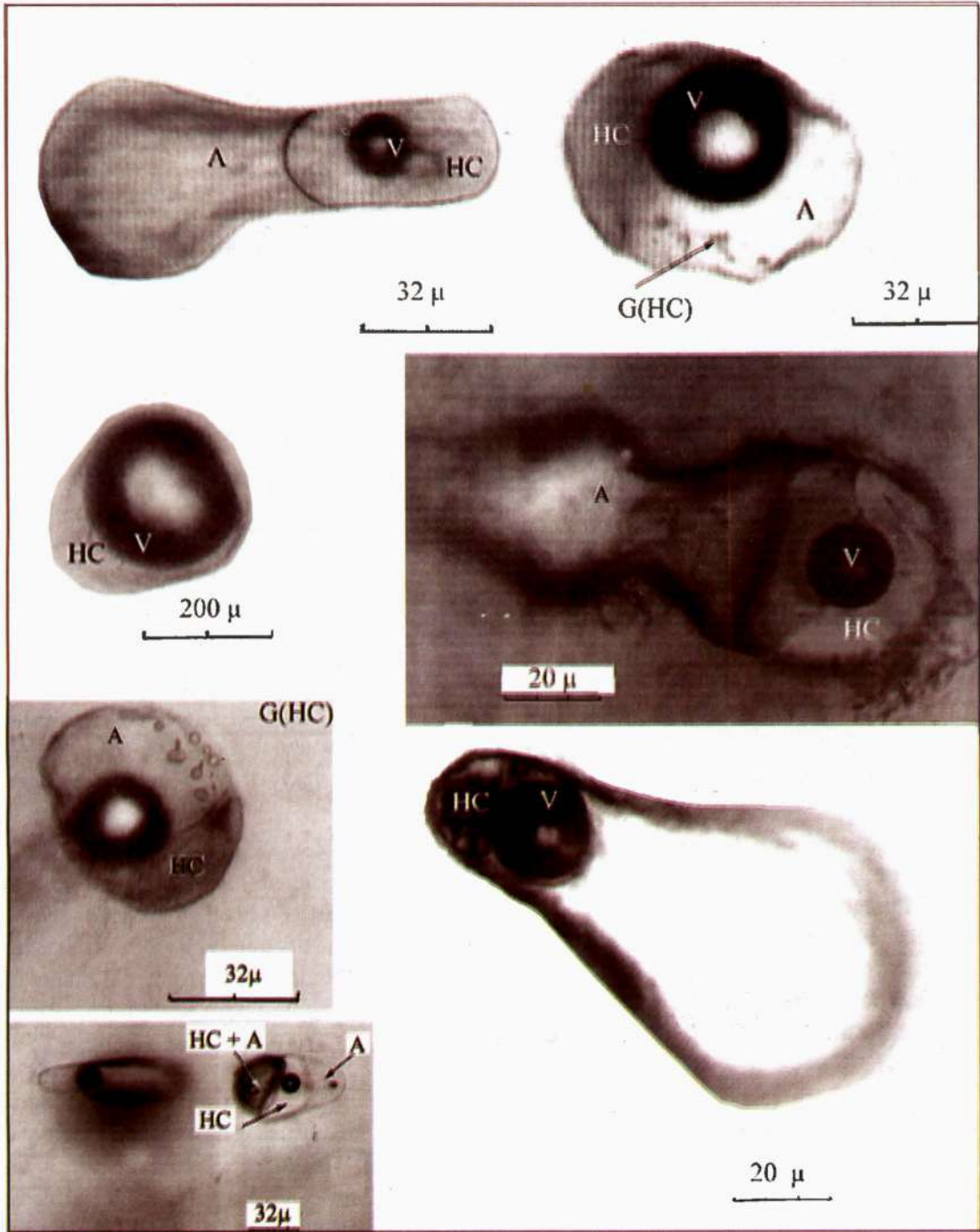


- 1 - Texture rubanée galène (sombre) et fluorite - barytine (claire)
 2 - Texture bréchique à éléments dolomitiques et ciment de fluorite II
 3 - Galène et barytine I recoupées par la barytine II
 4 - Association barytine et fluorite à inclusions fluides riches en hydrocarbure et galène

Fig. 5 - Quelques textures représentatives des minéralisations de Ain Kahla.

Some textures of ore deposits from Ain Kahla

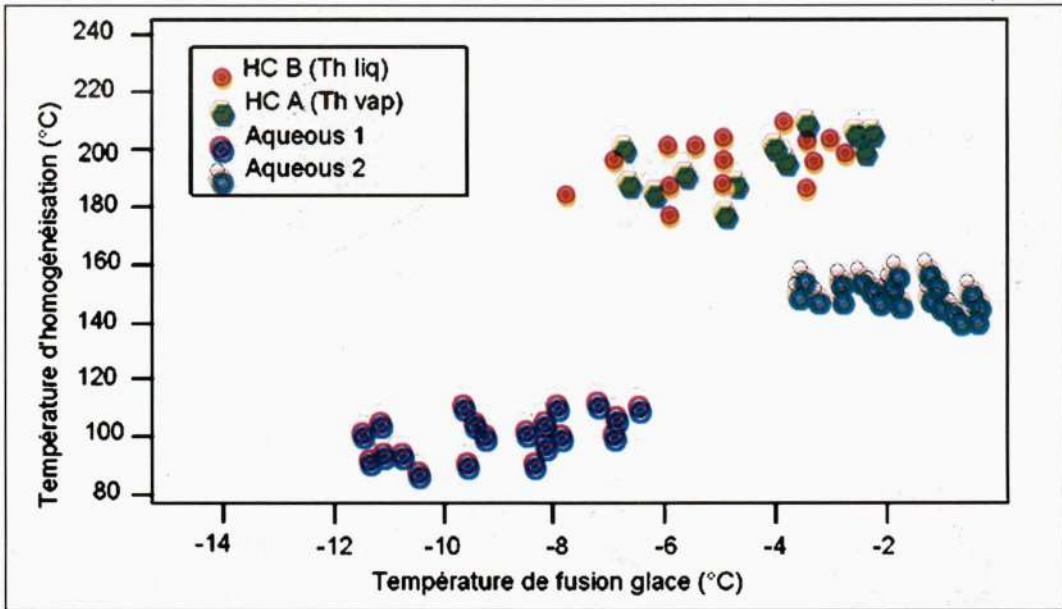
CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AIN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN



A : phase aqueuse, V : vapeur, G (hydrocarbures) : gouttelettes d'hydrocarbures, hydrocarbures : hydrocarbures liquides

Fig. 6 - Morphologies des inclusions fluides à hydrocarbures des fluorites de Ain Kahla.

Some hydrocarbon-rich fluid inclusions from Ain Kahla



Hydrocarbures B (Th_{liq}) : Inclusions fluides à hydrocarbures qui homogénéisent en phase liquide
 Hydrocarbures A (Th_{vap}) : Inclusions fluides à hydrocarbures qui homogénéisent en phase gazeuse
 Aqueuse 1 : Inclusions fluides primaires sans hydrocarbures
 Aqueuse 2 : Inclusions fluides secondaires sans hydrocarbures

Fig. 7- Diagramme Températures d'homogénéisation / Températures de fusion de la glace dans les différentes générations d'inclusions fluides contenues dans les fluorite de Aïn Kahla

Homogenization temperatures vs melting ice temperatures of the fluid inclusions from Aïn Kahla

minuscules inclusions dans les plans de fractures ou en halos autour des inclusions primaires de formes sphériques. Des inclusions primaires ou secondaires de même composition ont été observées dans les fluorites de Hammam Zriba en Tunisie (Touray et Yajima, 1967, Bouhlel et al., 1988, Touray, 1989 et Souici *et al.*, 1998) et montrent les mêmes caractéristiques.

On ne peut en aucun cas considérer que les grosses inclusions sombres que nous observons parfois dériveraient des inclusions primaires à hydrocarbures car aucune fluorescence à la lumière UV n'est détectée. Cependant leur texture suggère qu'elles ont subi une décrépitation qui semble avoir affecté beaucoup d'inclusions. Les plans de fractures qui contiennent les inclusions à hydrocarbures fluorescents sont des indicateurs de phénomène de "leakage". Certains composés organiques ont pu être perdu ou transformé durant la

décrépitation. Nous avons relevé que les inclusions à hydrocarbures qui montrent un remplissage gazeux de l'ordre de (20 à 30 % en vol.) homogénéisent en phase liquide, alors que les inclusions à hydrocarbures dont le remplissage gazeux avoisine les (60 à 70 % en vol.) homogénéisent en phase gazeuse. L'estimation des Th_v (température d'homogénéisation en phase vapeur) reste très difficile et elles peuvent être supérieures aux températures d'homogénéisation en phase liquide (Th_l). Un tel comportement des températures d'homogénéisations est typique d'un phénomène d'ébullition et de piégeage de liquide et gaz dans le domaine des deux phases de l'huile initiale. Darimont et Coepel (1982) ont fait la même description d'ébullition pour des inclusions aqueuses. Ces auteurs considèrent que la coexistence d'inclusions liquides et gazeuses avec les mêmes Th implique la reconstitution des conditions précises de P et T, en se basant sur la courbe de saturation de l'eau.

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN

Les inclusions fluides à hydrocarbures piégées dans la fluorite III de Aïn Kahla ont été étudiées par différentes méthodes (Fourier Transform Infra Red "FT IR", Laser, UV et micro spectrométrie Raman), afin de caractériser les hydrocarbures piégés dans la fluorite des gîtes à Pb-Zn des Monts du Hodna.

Ainsi, la fluorescence UV a été utilisée pour détecter des phases d'hydrocarbures liquides fluorescents dans les différentes inclusions fluides. Après illumination à 365 nm, deux types d'huiles deviennent fluorescentes dans les bandes bleu-vert et jaune-brun-rouge respectivement. Ces deux

types de fluorescence des huiles sont rencontrés dans les textures post-piégeage des inclusions à hydrocarbures. La "fluorescence laser provoquée" confirme l'existence des deux types d'inclusions. Les spectres typiques sont présentés sur la figure 8. Les grandes longueurs d'onde d'émission obtenues sur les inclusions à hydrocarbures du type B correspondent aux composés aromatiques plus lourds que dans les inclusions de type A.

En utilisant la micro spectrométrie infrarouge (fig. 9), les deux types d'inclusions à hydrocarbures ont été identifiés (tab. II):

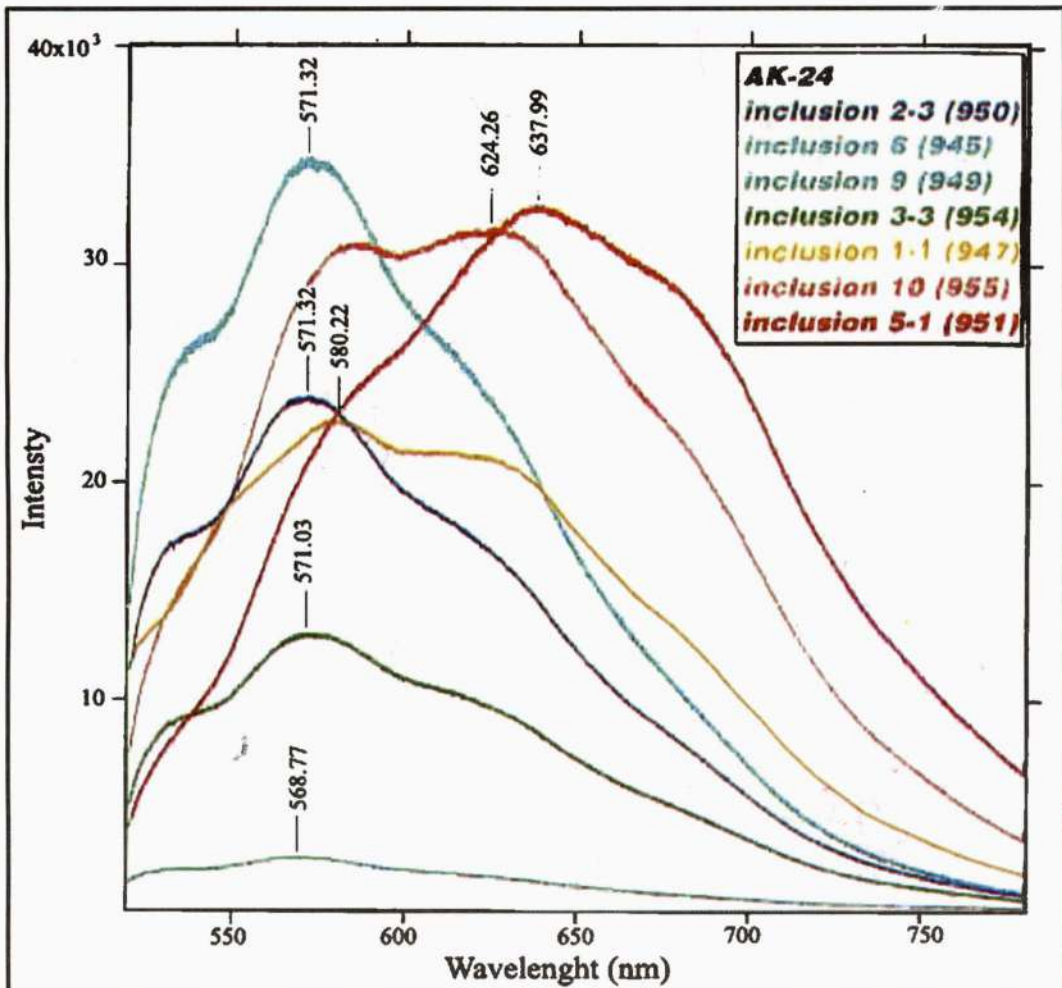


Fig. 8 - Spectres laser fluorescence des hydrocarbures piégés dans les inclusions fluides des fluorites de Ain Kahla.
Laser fluorescence specters of hydrocarbons-bearing fluid inclusions from fluorites of Ain Kahla

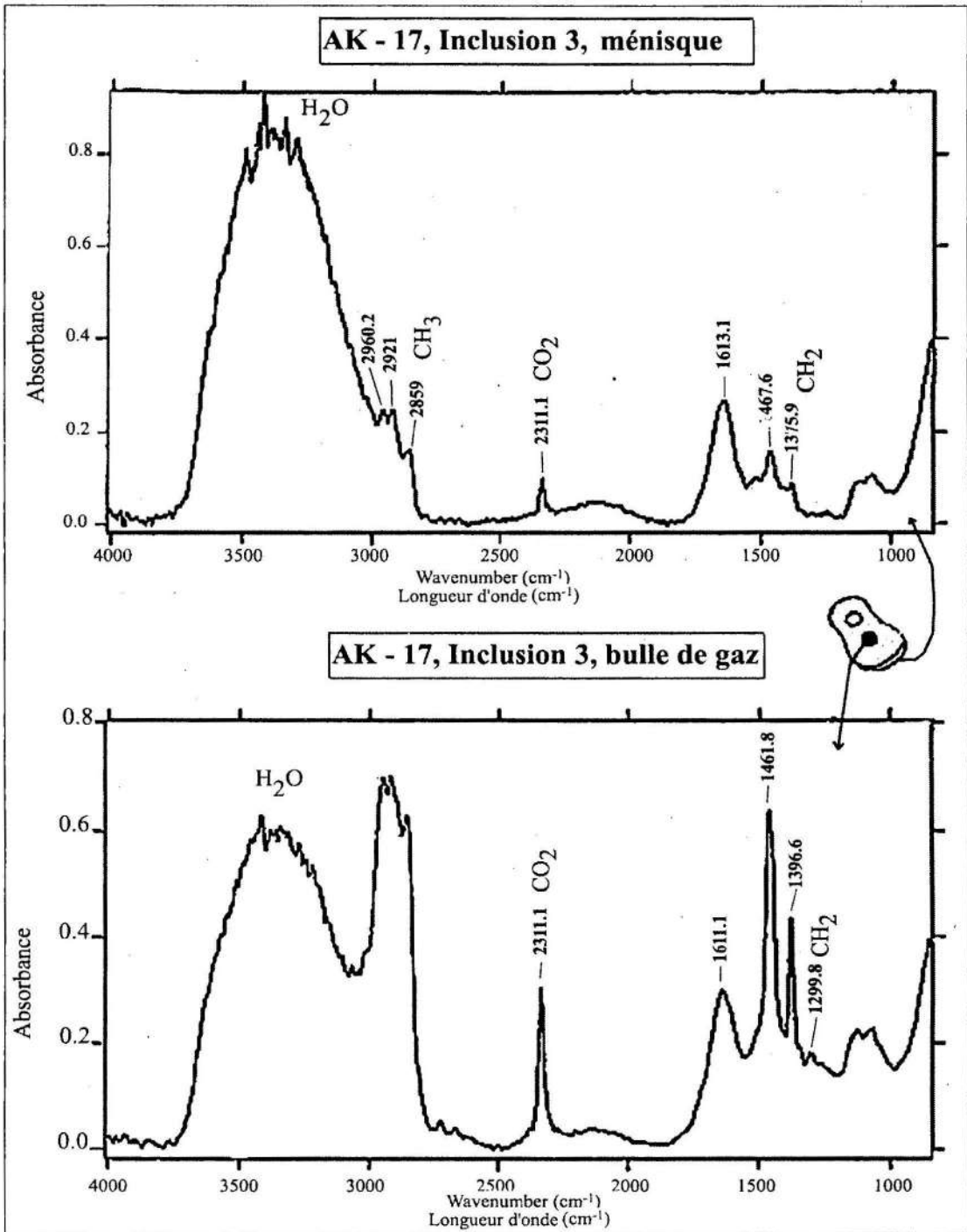


Fig. 9 - Spectres FT IR des hydrocarbures des inclusions fluides de Ain Kahla.

FT IR specters of hydrocarbons-bearing fluid inclusions from Ain Kahla

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN

Tableau II - les analyses chimiques d'inclusions à hydrocarbures

Chemical composition of hydrocarbons-bearing fluid inclusions from Ain Kahla

inclusion	CH ₄ (mole%)	alkane (mole%)	CO ₂ (mole%)
ak17-3	3.97	95.08	0.95
ak24-1	1.94	98.06	0.00
ak24-2	4.86	93.54	1.60
ak24-3	3.46	96.43	0.11
ak24-5	0.00	99.97	0.03
ak24-6	2.31	96.04	1.64
ak24-7	5.84	92.50	1.66
ak24-8	2.22	97.74	0.04
ak1-1	0.60	99.40	0.00
ak1-3	3.04	96.74	0.22

- Le type A est riche en composés aliphatiques linéaires, en CO₂, et plus ou moins riche en oxygène;

- le type B est riche en composés aliphatiques linéaires, pauvres en CO₂ libre, et riche en composés d'oxygène.

L'eau est systématiquement présente dans les deux types caractérisée par les vibrations proche de 3410 cm⁻¹ et 1645 cm⁻¹. Les aliphatiques montrent des vibrations matérialisées par les quatre sommets principaux (fig. 9) assignés à CH₂ à 2925 et 2854 cm⁻¹ et CH₃ à 2956 et 2870 cm⁻¹.

Les inclusions gazeuses, avec liquide faiblement fluorescent ont été analysées par micro spectrométrie Raman (tab. III). Ainsi, on trouve du CH₄ et du CO₂. Ceci est confirmé par une proportion de CH₄/CO₂ molaire supérieure ou égale à 1. Cette proportion est extrêmement variable comme il a été vu par analyse FT-IR dans les inclusions à huile. L'azote moléculaire est aussi détecté à basse teneur dans les inclusions fluides des fluorites de Ain Kahla et comme composant principal dans les fluorites et barytines de Gouzi - Debba.

Tableau III - Composition en CO₂-CH₄ et N₂ des IF les moins fluorescentes des fluorites de Gouzi, Ain Kahla et Barytine de Debba.

CO₂-CH₄ and N₂ fluid inclusions from Ain Kahla, Gouzi and Debba ore deposits

inclusion	composition (mole %)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂
AK2-1	6.4	85.4	8.2
AK2-2	7.7	92.3	0.0
DEB-1	22.2	19.3	58.5
GOU-1	18.8	40.3	40.9

IV - CONCLUSION

Les minéralisations à F, Ba, Pb et Zn du Sétifien-Hodna étaient rattachées à l'altération continentale et à la sédimentation (Beyoud et Dagallier, 1986; Khaldi, 1987 et Beyoud, 1990). Cette étude montre que les minéralisations de Ain Kahla d'ailleurs comme toutes les autres minéralisations à Pb-Zn de la région du Sétifien - Hodna sont épigénétiques liées à la circulation des eaux de formation sous couverture ceci confirme les résultats métallogéniques obtenues par Boutaleb *et al.*, 1999 et Boutaleb, 2001.

L'étude microthermométrie a permis de montrer que deux types de fluides sont ainsi nettement différenciés :

- Un fluide aqueux sans hydrocarbures dont les températures de piégeage sont comprises entre 90 et 110°C dans les fluorites II, avec des températures eutectiques allant de -30 à -21°C ce qui indique la présence d'autres cations que le Na dans les solutions minéralisatrices.

- Un fluide caractérisé par les températures d'homogénéisation en phase liquide et en phase vapeur comprises entre 180 et 230°C pour les

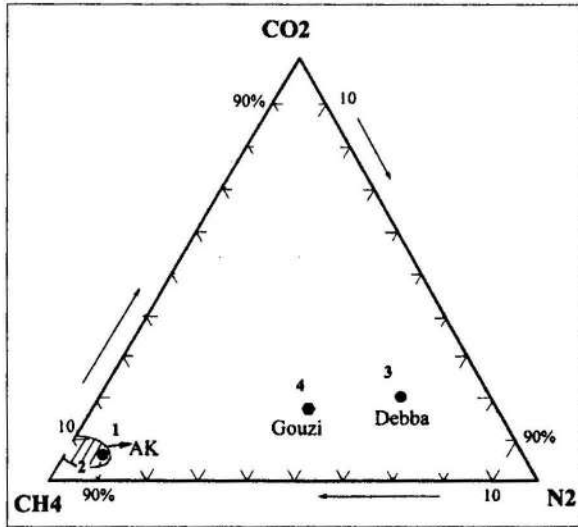


Fig. 10 - Projection des compositions des inclusions fluides des fluorites de Gouzi, Debba et Ain Kahla sur un diagramme ternaire CO_2 - CH_4 et N_2 .

CO_2 - CH_4 et N_2 ternary diagram showing the composition of fluid inclusions in fluorite from Ain Kahla, Gouzi and Debba ore deposits.

inclusions fluides primaires à hydrocarbures contenus dans la fluorite III. Leurs températures eutectiques sont proches de -21°C et leurs températures de fusion de la glace (tfg) varient de -5 à -10°C .

L'étude géochimique des hydrocarbures contenus dans les inclusions des fluorites permet d'identifier deux types d'inclusions en fonction de leur contenu en hydrocarbures (deux types : A et B) : Le type A est riche en composés aliphatiques linéaires, en CO_2 , et plus ou moins riche en oxygène ; alors que le type B est riche en composés aliphatiques linéaires, pauvres en CO_2 libre, et riche en composés d'oxygène.

L'intégration de ces deux approches, qui lient les réponses microthermométriques (Température d'homogénéisation "Th" et température de fusion de la glace ou tfg) aux données géochimiques de la matière organique contenue dans les inclusions

fluides, permet une analyse globale plus objective des fluides responsables de la mise en place des minéralisations à fluorite de Ain Kahla.

Remerciements : L'étude a été réalisée dans le cadre de l'accord CMEP interuniversitaire USTHB-Nancy, sous l'impulsion des professeurs D. E. Aïssa et Ch. Marignac. Nous remercions J. Pironon du CREGU de Nancy qui nous a fait toutes les analyses sur les hydrocarbures en UV, FT IR en fluorescence Laser et micro spectrométrie Raman. O. Kolli et R. Laouar ont bien voulu relire notre texte.

BIBLIOGRAPHIE

- BENZARGA, M., 1974.** Première contribution à l'étude géologique et métallogénique des chaînes intermédiaires Sud Sétifien (Algérie). *Thèse 3ème cycle, Univ. Nancy.*
- BERTRANEU, M., 1952.** Contribution à l'étude des Monts du Hodna : le massif de Boutaleb, *Pub. Serv. Géol. Algérie. Nelle série, Bull. n°4.*
- BEYOND, Z ET DAGALLIER, G, 1986.** Les minéralisations à Zn-Pb-Ba-F du Lias carbonaté littoral d'Aïn Azel (Algérie) : un modèle de concentrations stratiformes syn-diagénétiques et de remobilisations épigénétiques liées à des émergences successives. *C. R. Acad. Sc. Paris t. 303, série II, N°9, pp. 831-836.*
- BEYOND, Z., 1990.** Les tidalites carbonatées et les minéralisations à Pb-Zn-Ba-F du Jurassique inf. et moy. de Ain Azel (Hodna-Algérie). *Thèse de Doctorat de l'INPL Nancy. 162 p.*
- BOUHLEL, S., FORTUNE, JP., GUILHAUMOU, N. ET TOURAY, J.C. 1988.** Les minéralisations stratiformes à F-Ba de Hammam Zriba, Jebel Guebli (Tunisie Nord Orientale) : l'apport des études d'inclusions fluides à la modélisation génétique. *Mineral. Deposita Vol. 23, N°3, pp. 166-173.*
- BOUTALEB, A., AÏSSA, DJ. E. ET TOUAHRI, B., 1999.** Les gîtes plombo-zincifères du Hodna : Minéralisations comparables au type "Vallée du Mississippi". *Bull. Serv. géol. Algérie. Vol. 10, n°1, pp. 55-71.*

CARACTÉRISATION MICROTHERMOMÉTRIQUE DES MINÉRALISATIONS À Pb-Zn (F ET Ba)
DE AÏN KAHLA (HODNA) - NE ALGÉRIEN

- BOUTALEB, A., AFALFIZ, A., AÏSSA, DJ. E., KOLLI, O., MARIGNAC, CH. ET TOUAHRI, B., 2000.** Métallogénie et évolution géodynamique de la chaîne tellienne en Algérie. *Bull. Serv. géol. Algérie. Vol. 11, n°1, pp. 3 – 27.*
- BOUTALEB, A., 2001.** Etude des minéralisations des domaines sétifien-Hodna – Gîtologie, pétrographie des dolomies, microthermométrie et implications métallogéniques. *Thèse de Doctorat-USTHB 400 p.*
- DARIMONT, A. ET COEPEL, J., 1982.** Dispersion des températures d'homogénéisation des inclusions aqueuses : ébullition ou division par étranglement. *Chemical Geology, 37, pp. 151-163.*
- GLAÇON, J., 1967.** Recherches sur la géologie et les gîtes métallifères du Tell sétifien. *Pub. Serv. Géol. Algérie, Nelle Série, Bull. N° 32, 751 p.*
- GUIRAUD, R., 1990.** L'évolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines: *Thèse Doct. Sci. Univ. Nice, Mémoires n°3, Publ. de l'ONIG, Alger, 259 p*
- HENNI, A., 1984.** La minéralogie, les particularités géochimiques et la genèse du gisement de Kherzet Youssef. *Résumé de Thèse de 3^{ème} Cycle Univ. Lénigrad URSS.*
- KHALDI, A., 1987.** Le gisement de Kherzet Youssef: une minéralisation Pb-Zn-Fe-(Ba) stratiforme dans le membre médian marno-carbonaté du Barrémien de la région de Aïn Azel (Hodna, Algérie). *Th. Doct; 3 Cycle, ENSG Nancy, 439 p.*
- SOUICI, F., FORTUNE, J. P. ET SASSI, R., 1998.** La minéralisation fluorée de type Mississippi Valley du Jebel Stah (Tunisie orientale). – *Bull. Soc. géol. France. t. 169, n°2, pp. 163-175.*
- TOUAHRI, B., 1987.** Géochimie et métallogénie des minéralisations à Pb-Zn du Nord de l'Algérie. *Th. Doct. Sc. Univ. Paris VI, 380 p.*
- TOURAY, J. C. ET YAJIMA, J., 1967.** Hydrocarbures liquides inclus dans le fluorites tunisiennes. – *Mineral. Deposita, 2. pp. 286-290*
- TOURAY, J. C., 1989.** Etude d'inclusions fluides et modélisation de la genèse des gîtes du type "Mississippi Valley". *Chron. Rech. Min. n° 495, pp. 21-30.*
- VILA, J. M., 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro- tunisiens. *Thèse Doct. d'Etat, Uni. Paris VI, 663 p.*
- WILDI, W., 1983.** La chaîne tello-rifaine (Algérie – Maroc - Tunisie): Structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. de géol. dynam. et de géogra. physique, Vol. 24, Numéro spécial, pp. 201-297.*