

Etude géochimique de la matière organique associée à la minéralisation Pb-Zn du gisement de Kherzet-Youcef (Algérie).

A. HENNI*

*Office National de la Recherche Géologique et Minière, BP 102, BOUMERDES (Algérie).

Résumé: Le gisement de Kherzet-Youcef, situé au Nord de l'Algérie et exploité pour son minerai plombo-zincifère, est localisé dans les formations dolomitiques du Barrémien. Une coupe verticale du gisement permet de distinguer plusieurs niveaux minéralisés encaissés surtout dans les couches de dolomies et de calcaires dolomitiques imprégnés de matière organique qui remplit les pores et les fissures et s'associe intimement aux sulfures.

Les études pétrographique et chimique (spectrométrie de luminescence et d'infrarouge) révèlent que la matière organique, composée essentiellement de bitume (asphalte et asphaltite) et de débris végétaux carbonisés, a joué le rôle de barrière géochimique dans le processus de mise en place de la minéralisation Pb-Zn du gisement.

Mots clés: matière organique, bitume, minéralisation, sulfure, débris végétaux, dolomie, sulfate.

Geochemical study of the organic matter associated to the Pb-Zn mineralization of the Kherzet-Youcef deposit (Algeria).

Abstract: The Kherzet-Youcef mine, which is situated in the north of Algeria and being worked for Pb-Zn ore, is located in the Barremian dolomitic formations of Hodna. A vertical cross section through the ore deposit allowed distinction of several levels of mineralization which are contained mainly in dolomites and dolomitic limestones, impregnated in organic matter filling the pores and microfractures and is associated with sulphides.

Petrographic and chemical (infrared and luminescence spectrometry) studies reveal that the organic matter, which is made essentially of bitumens (asphalt and asphaltite) and carbonised vegetable fragments, played the role of a geochemical barrier during the mineralization processus of the Pb-Zn ore.

Key words: organic matter, bitumen, mineralization, sulphide, vegetable fragments, dolomite, sulphate.

INTRODUCTION

Dans le contexte général des gisements stratiformes de la région du Hodna, la présence de la matière organique a été souvent observée et soulignée (Glaçon, 1967; Popov, 1968; Tkachev, 1982; Henni, 1984). Certaines hypothèses et reconstitutions génétiques (Glaçon, 1967; Popov, 1968; Tkachev, 1982) n'ont pu définir la signification exacte de la présence de la matière organique au sein des

couches minéralisées. Contrairement aux minéraux métallifères, la matière organique n'a jamais été étudiée. Or son association aux minéraux sulfurés est en quelque sorte un guide indirect de recherche.

Pour cette raison, l'étude du facteur organique est d'actualité et pourra permettre une meilleure compréhension des mécanismes de mise en place de la minéralisation aussi bien dans la région du Hodna que dans les régions avoisinantes.

Cadre géologique général

Le gisement Pb-Zn de Kherzet-Youcef fait partie de la zone métallogénique du Hodna (Atlas saharien, Algérie). Cette zone minière est constituée de dépôts allant du Trias au Quaternaire, d'une puissance totale d'environ 4,5 km.

Les mouvements alpins subméridionaux ont exercé une grande influence sur la tectonique actuelle de la région. La plupart des cassures se sont formées et développées dans la couverture mésocénozoïque à l'époque de la tectogenèse alpine. Elles ont touché tout le district minier du Hodna avec l'apparition de fractures de remplissage, en partie, par la minéralisation hydrothermale.

Dans les dépôts crétacés, en plus des minéralisations métallifères, sont omniprésents des indices de pétrole, de gaz et de bitume (Aliev, 1971).

Les dépôts du Crétacé inférieur renferment des bitumes oxydés et des huiles lourdes. Les huiles paraffiniques légères prédominent dans les dépôts du Crétacé supérieur (dépression d'Aïn Azel). La plupart des gisements métallifères sont localisés à proximité immédiate des dépressions pétrogazifères, riches en eaux thermales (Popov, 1980).

Cadre géostructural du gisement de Kherzet-Youcef

Le gisement Pb-Zn de Kherzet-Youcef se situe à 5,5 km NO du village d'Aïn Azel sur le flanc nord de la structure anticlinale de Hadjar-Labioud (dépression d'Aïn Azel). Le territoire du gisement est traversé par une faille de décrochement subméridienne de direction Sud-Nord (fig.1). La minéralisation est surtout concentrée dans la zone péri-faillée du compartiment tectonique ouest.

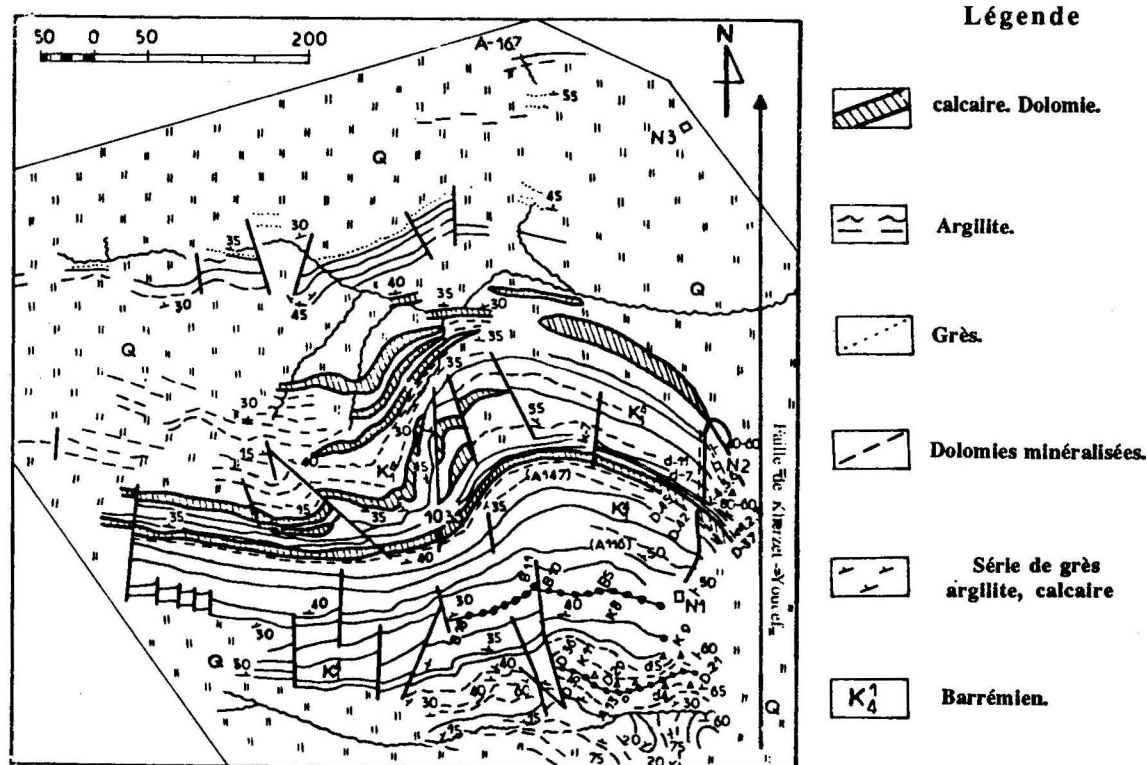


Fig. 1 - Schéma géologique du gisement de Kherzet-Youcef

Cette zone est constituée de dépôts affleurant du Barrémien (inférieur et supérieur) et de l'Aptien. La minéralisation, répartie suivant plusieurs niveaux, est du type stratiforme et se localise dans la partie inférieure du Barrémien supérieur constituée d'une alternance de couches de calcaires, de marnes et de dolomies (fig.1).

Les dolomies et les calcaires dolomitiques, constituent l'encaissant de la minéralisation. Les dolomies sont cavernueuses et poreuses, la quantité des vides représente 15 à 20% du volume de la roche.

La minéralisation polymétallique est représentée par la blende (25-30%), la galène (10-15%), la pyrite (0,5-1%) et la marcasite (15-20%). Les minéraux de gangue rencontrés sont : le quartz, la calcite, la dolomite, la barytine et l'anhydrite.

Méthodes analytiques

Le gisement de Kherzet-Youcef est caractérisé par une accumulation de matière organique (bitume solide ou visqueux, débris de végétaux carbonisés) localisée surtout dans les parties supérieures des couches minéralisées (3-9%). Elle est composée surtout de bitume remplissant les fissures et les cavités sous forme d'une fine dissémination associée, de préférence, avec les sulfures de fer.

L'échantillonnage a été conduit de façon à prélever de la matière organique associée aux minerais (caverneux, disséminés) et aux roches encaissantes (dolomies, marnes, argiles) de différents niveaux des couches minéralisées (3-2, 15-1, 10-5, 10-4, 8-5, 8-1) du gisement. L'étude a été menée aussi bien sur des échantillons (16) renfermant des inclusions de matière organique que sur des espèces de bitumes (solides ou visqueux) prélevées manuellement dans les fissures et les vides des roches

Les principales méthodes utilisées dans l'étude de la matière organique relèvent surtout de la spectroscopie I.R, de l'analyse élémentaire, de la pétrographie et de la luminescence.

Les spectres infrarouges (IR) des échantillons ont été obtenus sur le spectromètre IR-20 (Carl Zeiss) à double faisceaux, dans les intervalles de $3800-2400\text{ cm}^{-1}$ avec des prismes NaCl et LiF. Les spectres IR des échantillons solubles dans le chloroforme ont été analysés sur pastilles avec KBr et sur film (suspension). Quant aux espèces insolubles dans les solvants organiques, leur analyse n'a été effectuée que sur pastilles. La concentration du bitume dans les pastilles atteint 0,35%.

La méthode dite de film (suspension) a permis de mieux étudier les bandes d'absorption 3400 cm^{-1} (groupe OH) et 1600 cm^{-1} (liaisons C=C, liaisons conjuguées à C=O). Par contre, pour ces bandes, la méthode des pastilles est très sensible aux déformations éventuelles des spectres dues, en principe, à la superposition des complexes KBr-H₂O sur les bandes d'absorption de la matière organique.

Pour préciser l'affinité génétique des échantillons étudiés, il a été procédé à une analyse élémentaire de leur composition (C, H, N, S).

Les préparations pétrographiques (lames polies) ont été observées au microscope polarisant (600x). L'indice de réfraction des bitumes solides a été déterminé en liqueurs d'immersion (frange de Becke) avec une précision conventionnelle $\pm 0,006$. Tous les résultats obtenus ont été contrôlés par la mesure de leur pouvoir réflecteur (l'erreur relative ne dépassait pas-2%). L'interprétation des résultats a été effectuée d'après les travaux de Parparova (1964) et Jacob (1973).

L'étude microscopique par luminescence de la matière organique a été réalisée sur lames polies.

L'observation de la luminescence en lumière transmise, réfléchi et ultra-violet a été faite sur le microscope ML-2 avec les filtres UFS-3 et JS-3 pour les grossissements de 50 à 100.

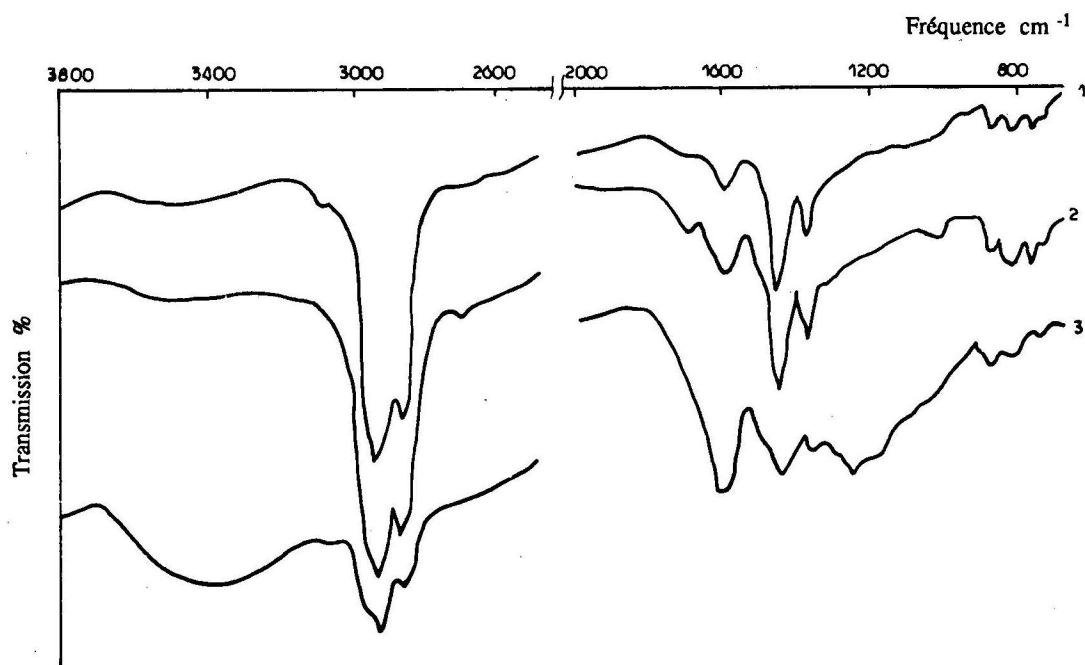
Composition et propriétés de la matière organique

L'examen macroscopique a permis de distinguer deux variétés de matière organique : solide et visqueuse. Sous l'action du chloroforme, tous les échantillons visqueux et la plupart des solides se sont totalement solubilisés. Une partie de ces derniers est restée insoluble. Les échantillons solubles (solides ou visqueux) se rapportent aux bitumes (malthes, asphaltes ou asphaltites). Les autres insolubles peuvent représenter des kérites, des imponsites ou des inclusions de charbon (Ouspensky, 1964).

Variété bitumineuse

L'analyse élémentaire de la variété soluble dans le chloroforme a donné de 74,1 à 84,8% de carbone et 7,76 à 8,81% d'hydrogène (tabl. 1). Cette variété correspond à un bitume asphaltique (asphalte-asphaltite). La différence en carbone de certains échantillons par rapport à leur classe (asphalte-asphaltite) peut être compensée par l'oxygène. Les teneurs en soufre sont de mêmes valeurs.

L'examen des spectres IR (fig. 2) montre que les échantillons analysés présentent une structure chimique plus ou moins identique. Ils se caractérisent par des teneurs élevées en groupes CH , CH_2 et CH_3 des structures saturées (bandes intenses 2960, 2930, 2860, 1465 et 1378 cm^{-1}). La part des groupes hydroxyles et carbonyles est peu élevée. Leurs densités optiques respectives sont: $D_{3400} = 0,12-0,18$; $D_{1700} = 0,02-0,20$. Une



1,3 - Echantillons préparés sur pastille avec KBr.

2 - Echantillons préparés sur film (suspension).

Fig. 2 - Spectres IR des bitumes naturels (1,2) de la classe des asphaltes-asphaltites et des débris végétaux carbonisés (3) dans les roches carbonatées du gisement de Kherzet-Youcef (Algérie).

Tableau 1 - Caractéristiques pétrographiques et analyse élémentaire des bitumes.

N° Couches minéralisées/ Echantillons	Description des Roches	Caractéristiques pétrographiques							Analyse élémentaire [%]				
		Taille des inclusions [mm]	Couleur		Polarisation	Indice Réfraction IR	Pouvoir Réflecteur PR	Classe Bitumes	C	H	N	S	C _T organique
			Lum. Réfl.	Lum. Trans.									
10-5/9	Dolomies					1,686- 1,690			80,43	8,81	-	-	3,0
10-4/1	secondaires à								-	-	-	3,88	-
3-2/16	grains fin à	longueur 0,0 - 17		jaune- brun	Faible	Très soluble dans liqueurs	6,20	Asphalte	77,69	8,68	-	0,86	1,84
3-2/2	moyen,		gris- blanche						-	-	-	-	-
10-5/2	fissurées								-	-	-	-	-
8-5/8	et remplies de								82,32	7,54	0,3	1,32	13,6
3-2/9	calcite,	épaisseur		rouge- orange	isotrope	1,704- 1,720	6,4 - 7,0	Asphaltite	-	-			
15-1/8	minéraux	0,00 - 2		à rouge					84,80	8,78	0,3	1,22	15,9
3-2/4	métallifères					Peu soluble dans liqueurs			-	-			
8-1/13	et bitumes								79,42	8,30	0,4	1,28	5,3
8-5/68	solides								-	-			
3-2/5	et visqueux								74,10	7,76	0,3	3,81	1,86
3-2/7										8,44	0,3		6,8

Une seule valeur supérieure ($D_{1700} = 0,41$) a été obtenue par un échantillon (14-3-2) de la couche minéralisée n° 3.

Ces échantillons solubles se caractérisent aussi par une teneur relativement faible des liaisons aromatiques C-H (bande 3060 cm^{-1} et trois bandes de substitution de $900-700\text{ cm}^{-1}$). Par ailleurs, l'observation dans les spectres IR de la bande 1600 cm^{-1} d'intensité moyenne peut être due, non seulement, à la présence des liaisons C=C des structures aaromatiques et aromatiques oxygénées (type quinoïde), mais aussi, à la liaison hydrogène et, vraisemblablement, aux liaisons $\text{C}=\text{C}_2^6$ hétérocycliques (analogues des aromatiques). Ainsi, l'appartenance de cette variété à la classe des bitumes asphaltiques est bien confirmée par les spectres IR (Faizullina, 1968). La même structure chimique des asphaltes et asphaltites est due à la similitude de leurs compositions élémentaires.

Variété non bitumineuse

La variété insoluble dans le chloroforme présente des teneurs de 75,15 à 77,60% en carbone et 5,44 à 5,74 en hydrogène (tabl. 2). Les spectres IR de cette variété (fig.2), montrent que le rôle des groupes CH, CH_2 et CH_3 est relativement faible par rapport à celui de la variété bitumineuse (faible intensité des bandes 2960, 2860, 1465 et 1378 cm^{-1}) et l'absence du groupe CH_2 des longues chaînes paraffiniques. Par contre, les bandes d'absorption 3060 , 1600 et les trois bandes entre 900 et 750 cm^{-1} des structures aromatiques sont bien visibles. Les groupes oxygénés C=O, suite à de fortes déformations, sont à peine visibles (faible elongation à 1700 cm^{-1} vers la bande 1600 cm^{-1}) et ne peuvent en aucun cas constituer un critère d'identification de la variété insoluble. Ce type de structure chimique peut correspondre à celui des bitumes d'ordre supérieur (kérites, imphonite), ou des inclusions de charbons vitrinitiques.

Nature de la matière organique

L'étude pétrographique a démontré que le bitume est surtout associé aux dolomies secondaires, essentiellement, à grains fins et moyens. Ces dolomies présentent un système de fissures remplies de calcite, de minéraux sulfurés et de bitumes solides. Ces derniers forment des agrégats isolés ($0, n - 17\text{ mm} \times 0, n - 2\text{ mm}$) dans les fissures et s'intercalent même entre les grains des minéraux primaires de roches. Ils sont amorphes, isotropes, de couleur rouge-orange à rouge en lumière transmise et gris-blanc en lumière réfléchie sans immersion. Dans l'ultraviolet, les bitumes solides ne sont pas luminescents (tabl. 1).

La valeur des indices de réfraction de la plupart des échantillons de bitume solide et partiellement solubles dans les liqueurs d'immersion, varie de 1,704 à 1,720. Le pouvoir réflecteur (R° max. moy.) varie de 6,4 à 7% (tabl. 1).

Certains échantillons de bitume, très solubles dans les liqueurs d'immersion, présentent des propriétés optiques légèrement différentes. Ils sont jaunâtres ou brunâtres et faiblement polarisants et luminescents. La valeur de leur indice de réfraction varie de 1,686 à 1,690 (tabl. 1). D'après leur propriétés optiques, les bitumes solides sont en général des asphaltites, à part, quelques uns, qui peuvent être des asphaltes (Ouspensky, 1964; Parparova, 1964; Jacob, 1973).

En plus du bitume, existent aussi, des inclusions de débris végétaux carbonisés, composés principalement de microcompagnons du groupe de la vitrinite et parfois enrobés par une substance gélinifiée. D'après les propriétés optiques, la polarisation apparente, les valeurs de l'indice de réfraction de la vitrinite ($N_v = 1,735-1,746$) et sa réflectance (R° max-moy. = 7,4-7,7%), les particularités de la structure moléculaire et les données chimiques ($\text{C}=75,15 - 77,60\%$, $\text{H}=5,44-5,74\%$)

Tableau 2 - Caractéristiques pétrographiques et analyse élémentaire des débris végétaux carbonisés

N° Echantillon	Description des Roches	PR Vitrinite	IR Vitrinite	Composition	Degré de Catagénèse	Stade de Carbonisation	Type génétique (Infra-Rouge)	Description M.O.	Analyse élémentaire [%]		
									C	H	N
N-S-1	Dolomie fine argileuse riche en pyrite (10%)	1,735	7,4			D	Vitrinite	Solide avec éclat	77,60	5,74	0,03
3-3	Argilite peu carbonatée avec marne, dolomie, pyrite	1,746	7,7	Micro- composants groupe vitrinite ou leiptinite	D-MK ₁	D	Vitrinite	Brillant cassant	75,15	5,44	0,08
K-4	Roche argilo- carbonatée avec pyrite	1,740	7,5			D	Vitrinite + Sapropèle		75,50	5,60	0,04

(tab. 2), le degré de transformation catagénétique des débris végétaux carbonisés n'est pas élevé et correspond aux graduations D-MK₁ de la paléotempérature (environ 80-100°C).

Distribution de la matière organique

Matière organique dispersée

Elle abonde surtout dans la variété de roche argilo-silteuse finement litée, sous forme d'agrégats de couleur brun-foncée et associée aux minéraux argileux.

Dans les argiles et les marnes, la distribution de la matière organique est irrégulière. Elle teinte les minéraux argileux et forme parfois de fines lentilles homogènes. Des restes microscopiques de végétaux carbonisés, observés sous forme de lits très fins ou enveloppant en partie ou totalement des agrégats argileux isolés, présente une texture caractéristique litée ou alvéolaire (pl. I,A).

L'étude microscopique a, en outre, permis d'observer autour de la matière organique, la formation de zone de solidité accrue et de perméabilité réduite en raison de la sorption des minéraux argileux. Des sulfures associés au bitume lourd et résineux, de luminescence brun-foncée, sont observés surtout dans les fissures (pl. I,B). Ce bitume de nature épigénétique, est représenté par de la résine résiduelle oxydée. Dans les roches carbonatées, sont très répandues de petites lentilles et des interlits riches en matière argilo-organique.

Inclusions de bitumes

La quantité et la composition des inclusions bitumineuses dépendent surtout des particularités lithologiques des roches encaissantes. Des traces de bitumes sont constatées dans tous les échan-

tillons analysés, mais se présentent différemment dans les roches.

Dans les argiles et les marnes, ce sont des émanations légères d'hydrocarbures saturant uniformément un fin système poreux et luminescent (jaune-clair à gris-bleu). Une telle luminescence est caractéristique de la matière organique syngénétique finement dispersée et adsorbée par les minéraux argileux.

Dans les roches carbonatées, les traces de bitume les plus variées ont été observées. Outre la saturation générale en hydrocarbures, trois générations de fissures bitumineuses et plusieurs générations de veinules (deux au moins) remplies de calcite ont été mises en évidence. Les fissures de la génération plus ancienne contiennent un bitume noir, fragile et fortement transformé ou détruit par la recristallisation des roches. Des traces d'anciens bitumes plus ou moins conservés ont été constatées dans toutes les roches carbonatées. La génération intermédiaire est représentée par de minces veinules remplies de résine de couleur brune. Les fissures de génération plus récente sont remplies d'un fluide léger du type huileux. En lames minces, ces fissures ressemblent à des vides ouverts. Leur saturation en produits pétroliers (huiles) est confirmée par les auréoles de dispersion émanant des parois des fissures. La migration des fluides légers a été possible, sous forme de trainées, grâce au système fissural de la roche.

Altérations hydrothermales

L'étude pétrographique a révélé aussi l'existence de traces d'altérations hydrothermales. La génération la plus précoce des hydrothermes correspond à celle intermédiaire des veinules saturées en bitume résineux associé aux sulfures. Le système des fissures de cette génération est rempli par de gros cristaux de calcite imprégnés

de produits pétroliers et associés à des agrégats formés de gros cristaux de minéraux de sulfures. Ces agrégats sont parfois importants et colmatent les veinules sur une distance de quelques centimètres (pl. I,C).

La génération la plus récente d'hydrothermes est caractérisée par un système de veinules de calcite monocristalline non luminescente. Cette calcite est par endroit teintée surtout au contact avec des zones riches en bitume. On y observe aussi quelques cristaux et agrégats de minéraux sulfurés.

Sulfures

La présence de sulfures sous forme de grains et d'agrégats minéraux a été observée dans tous les échantillons.

Dans les argiles et les marnes, ils se concentrent sur les grumeaux de la matière organique syngénétique sous forme de grains très fins ou de petits agrégats isolés. Leur distribution est uniforme dans la roche (pl. I,D).

Dans les roches silteuses, les concentrations de grains et d'agrégats de sulfures sont localisées dans les lits argileux riches en matière organique autochtone. Leur quantité décroît brusquement dans les lits silteux saturés en fluides légers.

Il faut signaler que les accumulations de petits grains de sulfures sont parfois le résultat de pseudomorphose des fragments de faune. Les amas de sulfures à grains fins se développent partout sur les restes de bitume des générations ancienne et intermédiaire. La forme de leurs accumulations ne laisse aucun doute sur leur origine authigène.

En conclusion, dans les roches, les sulfures forment de fines disséminations isolées, alors qu'ils se concentrent de préférence avec les

accumulations de la matière organique essentiellement oxydée et indépendamment de son origine.

Rôle géochimique de la matière organique dans la mise en place de la minéralisation

La matière organique est largement développée dans la région métallogénique du Hodna, notamment, dans le gisement de Kherzet-Youcef. Les données géologiques, pétrographiques et minéralogiques montrent l'existence d'une étroite liaison entre la minéralisation et la matière organique, ce qui confirme la participation effective du bitume dans les différents stades de minéralisation.

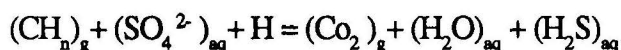
Les principaux faits relevés sont:

- a - la présence du bitume (asphalte et asphatite) qui selon toutes les apparences, est un produit de transformation des huiles (pétrole);
- b - le caractère discontinu de la saturation des dolomies en bitume sous forme de nids, de lentilles et d'inclusions. Ce bitume se présente aussi en fines dispersions dans les roches;
- c - la mise en évidence de complexes organo-métalliques dans les roches argilo-carbonatées;
- d - La présence de plusieurs générations de matière organique (primaire-sédimentaire et transformée);
- e - la distribution du bitume suivant les zones de croissance des cristaux de calcite et de dolomite;
- f - l'existence d'inclusions de bitume dans les minéraux de blende et de calcite leur conférant une teinte noirâtre.

Les particularités chimiques propres aux composés organiques, telles que leurs propriétés réductrices, leur capacité de former des complexes stables

avec de nombreux éléments, leur influence notable sur la structure des solutions et en particulier sur la solubilité des sels et des gaz dans l'eau, permettent de considérer que leur présence dans les systèmes chimiques des solutions hydrothermales a largement influencé les processus de mise en place de la minéralisation (Guermanov, 1961; Barton, 1967; Guermanov et Bannikova, 1972).

Les phénomènes oxydo-réducteurs, se déroulant dans la zone de minéralisation hydrothermale, consistent en ce que l'agent oxydant de la matière organique est non pas l'oxygène libre, mais les oxydants relativement légers tel que le soufre sulfaté (Bannikova et Galimov, 1967). Ces auteurs ont démontré que sur le plan thermodynamique, les réactions relatives aux ions sulfatés sont pleinement admissibles:



Lorsque les solutions contenaient des ions sulfatés, l'oxydation des composés non saturés a affecté directement, non seulement les liaisons C-C, mais aussi les liaisons conjuguées C-H et C-O. Les résultats des spectres IR des bitumes confirment la possibilité d'un tel processus.

Le carbonate de calcium (CaCO_3) peut aussi se former à la suite de la réaction des sulfates avec l'oxyde de carbone. Comme, il a été souligné ci-dessus, la calcite secondaire obtenue cimentée, sous forme de franges, les pores et les cavités des roches.

L'hypothèse retenue est que le dépôt des bitumes dans les roches carbonatées du Barrémien serait lié aux processus hydrothermaux qui se sont déroulés au cours de la tectogenèse alpine. Ces processus sont à l'origine des phénomènes de dissolution des roches carbonatées, de remaniement et de concentration des éléments métalliques (Pb, Zn, Ag) contenus dans les roches primaires de la région.

Durant leur migration, les solutions hydrothermales ont dû lessiver des zones riches en pétrole, provoquant aussi la polymérisation des composants asphalto-résineux et le dépôt du bitume dans les fissures et les vides des roches carbonatées.

Le bitume résineux, huileux et léger observé dans de nombreux échantillons, semble témoigner de l'existence d'une liaison certaine entre les bitumes et les gîtes de pétrole.

Ainsi, on peut supposer que la minéralisation de Kherzet-Youcef s'est mise en place à l'issue de la rencontre des solutions sulfatées avec une barrière géochimique organique (roches bitumineuses). Le soufre réduit, a réagi avec les éléments métallifères dissous dans la solution hydrothermale pour former les minéraux sulfurés (blende, galène, marcasite ...).

CONCLUSION

La matière organique du gisement de Kherzet-Youcef est composée essentiellement de bitume (asphaltite et asphalte) avec des inclusions de débris végétaux carbonisés. Les bitumes sont des produits de transformation des pétroles alors que les débris sont constitués principalement de micro-composants du groupe de la vitrinite.

La matière organique a dû jouer un rôle de barrière géochimique dans la mise en place de la minéralisation à l'issue des réactions avec des solutions sulfatées. Après la réduction du soufre et sa réaction avec les éléments métallifères, les minéraux sulfurés formés se sont déposés dans les pores et les cavités des roches encaissantes.

L'association étroite du bitume avec les minéraux sulfurés peut servir de guide de recherche de minéralisation Pb-Zn du type de Kherzet-Youcef.

ETUDE GEOCHIMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE ASSOCIEE A LA MINERALISATION Pb-Zn

BIBLIOGRAPHIE

- Aliev, M.M., Aït Laoussine, N., Saïd, A. *et al.*, 1971. Géologie et potentialités gazopétrolifères des Atlas algériens. *Ed. Nedra*, Moscou, 256 p.
- Chaks, I.A., Faizullina, E.M. 1974. Spectres infrarouges de la matière organique fossilisée. *Ed. Nedra*, Lénigrad, 130 p.
- Connan, J., Orgeval, J.J. 1976. Un exemple de relation hydrocarbures minéralisations. Cas du filon de barytine de St. Privat (bassin du Lodève, France). *Bull. Centre Rech. SNPA*, Pau, 10, 1, 359-374.
- Faizullina, E.M. 1968. Etude des bitumes solides par spectroscopie. *In*: chimie des combustibles solides, n° 1, pp. 68-75.
- Forsman, J.P., Hunt, J.M. 1968. Insoluble organic matter in sedimentary rocks of marine origin. *In*: habitat of oil, Ed. L.G. Weeks, Tulsa, *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*
- Glaçon, J. 1967. Recherches sur la géologie et les gîtes métallifères du Tell sétifien (Algérie). *Bull. Service carte géologique de l'Algérie*, nouvelle série, n° 32, 2 vol., 750p.
- Goldberg, I.S. 1981. Les bitumes naturels de l'URSS (lois de mise en place et de distribution). *Ed. Nedra*, Lénigrad, t. Vnigri, 196 p.
- Gousseva, A.N., Faingerch, L.A., Tchachmakhtchov, V.A. 1968. Modification de la composition des pétroles bruts au cours d'enrichissement en soufre. *C.R. Acad. Sc. URSS*, série Géol., n°6, 67-73.
- Gransch, J.A., Eisma, E. 1966. Characterisation of insoluble organic matter of sediment by pyrolyses: the C_R/C_T ration *In*: Advances in organic geochemistry, Eds G.D. Hobson and G.C. Speers
- Gudfelloy, Y.D. 1982. Géochimie des gisements stratifiés Pb-Zn dans les roches sédimentaires du Bassin de Sylvie, Wikon, Canada. 6° *symp. sur la genèse des gîtes métal.*, Tbilici, 12.09.82.
- Henni, A., Parparova, G.M. 1983. Les bitumes des dépôts carbonatés du barème du champ minier Pb-Zn de Kherzet-Youcef (Algérie). *Vestnik*, LGY, n° 24, 93-98.
- Henni, A. 1984. La minéralogie, les particularités géochimiques et la genèse du gisement de Kherzet-Youcef (Algérie). *Thèse (PhD)*, Univ. Lénigrad.
- Jacob, H. 1973. Mikroskop-photometrische. Analyse naturlicker fester Erdolbitumina.
- Lebedev, B.A., Parparova, G.M., Tchistiakova, A.S. 1975. Méthode de diagnostic des bitumes solides des classes des kérites et des authraxolithes par microréflexométrie des substances carbonées. *Tr. Vnigri*, sér. 371, p. 74-94.
- Ouspensky, V.A., Radtchenko, O.A. 1964. Les bases de la classification des bitumes. *Ed. Nedra*, Lénigrad, 261p.
- Parparova, G.M. 1964. Essai d'étude des bitumes solides par méthode pétrographique. *In*: les bases de la classification génétique de bitumes. *Ed. Nedra*, Lénigrad, p. 115-122.
- Parparova, G.M., Neroutchev, S.G., Joukova, A.V. 1981. Catagenèse et potentialités en hydrocarbures. *Ed. Nedra*, Lénigrad, 240 p.
- Popov, A. 1968. Types morphologiques et répartition des gisements de Zn-Pb en Algérie. (Colloque sur les gisements de Pb-Zn en Afrique) *Ann. Mines et Géologie Tunisie*, n° 23, 202.
- Popov, V.V. 1980. Conditions géologiques de la métallogénie endogène-hydrothermale. *Ed. Nedra*, Moscou, 248 p.
- Radtchenko, O.A., Ouspensky, V.A. 1979. Les types génétiques des bitumes et leurs conditions de formation. *Tr. Vnigri*, Lénigrad, pp. 32-51.
- Richard, D.T., Willden, M., Marde, Y., Ryhage, R. 1975. Hydrocarbons associated with lead-zinc ores at Laisval, Sweden. *Nature*, 255, pp. 131-133.

PLANCHE I

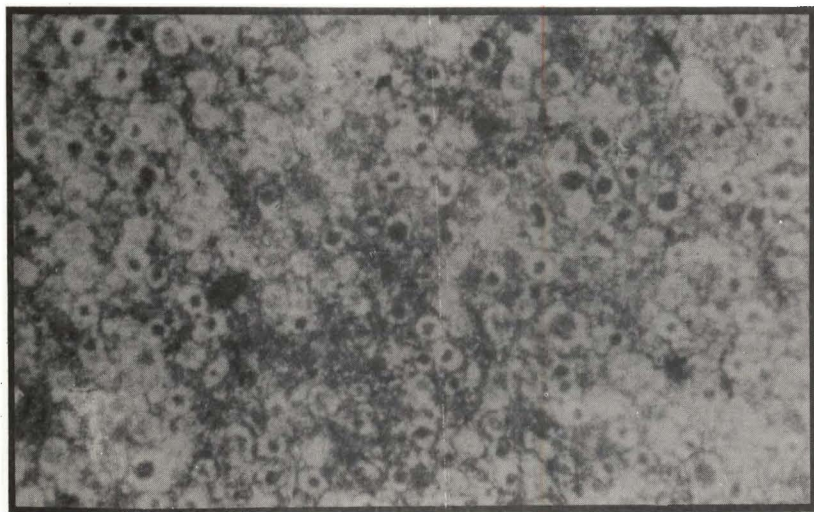
A - Textures alvéolaires formées par des spores moulant des masses argileuses.
(Photo LP, 1 nicol, x175).

**B - Veinules dans la marne remplies de sulfures (noirs) et de bitume
lourd résineux (brun-foncé). (Photo LP, x175).**

**C - Veinules de gros cristaux noirs (sulfures) et blancs (calcite) entrecoupant
d'importantes concentrations de bitume (x12.000)**

**D - Roche marno-calcaire avec des agrégats dispersés de sulfures imprégnés
de bitume. Les cristaux de dolomite (d) sont très imprégnés de bitume,
surtout aux extrémités. (Photo LP, 1 nicol, x110,25).**

ETUDE GEOCHIMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE ASSOCIEE A LA MINERALISATION Pb-Zn



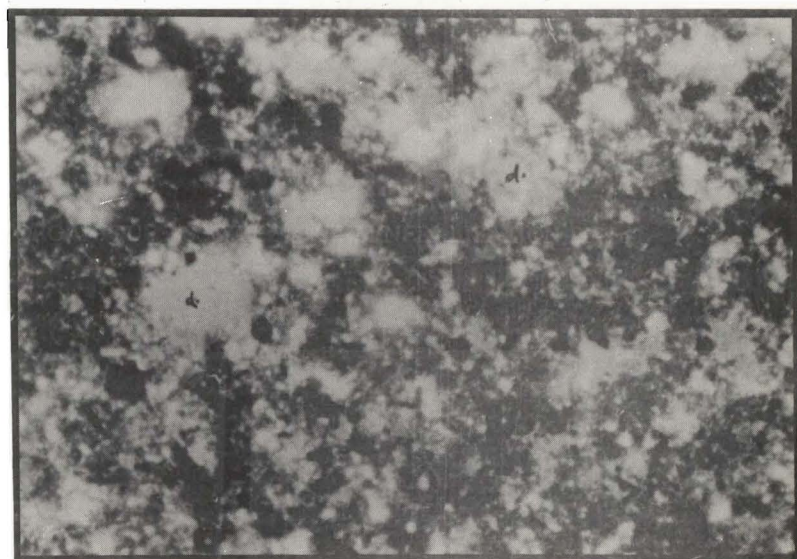
A



B



C



D