

Etude et rôle de la phase argileuse dans la mise en place de la minéralisation stratifiée Pb-Zn du gisement Kherzet Youcef (Hodna, Algérie).

A. HENNI*

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

Résumé : L'ensemble des études pétrologique, minéralogique et chimique détaillées des roches argileuses du gisement de Kherzet Youcef, Hodna, Algérie du centre, ont montré que ces roches sont composées de 30% de minéraux non argileux (dolomite, quartz \pm calcite \pm orthose \pm plagioclase \pm sidérite) et 70% de minéraux argileux (hydromica, hydromica - montmorillonite et chlorite). Ces études ont également démontré que compte tenu de leur composition minérale, ces argiles ont dû réduire d'une manière significative la perméabilité des roches encaissantes et augmenter leur capacité sorptionnelle. A cet effet, elles ont dû probablement jouer un rôle important en tant que barrière lithogéochimique pour un grand nombre d'éléments chimiques dans la mise en place de la minéralisation Pb - Zn de Kherzet Youcef. Il est suggéré d'utiliser les critères établis par la présente étude dans les prospections de gisements similaires et, en particulier, dans la région du Hodna.

Mots clés : minéraux argileux, interstratifiés, matière organique, dolomie, sulfure, minéralisation Pb-Zn.

Abstract : A detailed field, petrological, mineralogical and chemical study of rocks from the mine of Kherzet Youcef, Hodna, Central Algeria, shows that the rocks are made of 30% non-clay minerals (dolomite, quartz \pm calcite \pm orthoclase \pm plagioclase \pm siderite) and 70% clay minerals (hydromica, hydromica-montmorillonite, kaolinite and chlorite). It is shown that the clay minerals, with their composition and way of deposition, significantly decreased the permeability of the country rocks and increased their sorption capabilities and hence have probably played a major lithogeochemical barrier for many chemical elements leading to the formation of Kherzet Youcef Pb-Zn ore deposits. It is suggested that the criteria discussed in the present work could be used as prospecting tools in other similar areas particularly in the Hodna region.

Key words : clay minerals, interstratified, organic matter, dolomite, sulphur, Pb-Zn mineralisation.

INTRODUCTION

La distribution de la minéralisation Pb-Zn stratifiée, dans le district du Hodna est régie, en principe, par des facteurs lithologiques, stratigraphiques, paléogéographiques, paléohydrogéologiques et tectoniques.

Le minéral de Kherzet Youcef, composé principalement de blende (25-30%), galène (10-15%) et marcasite (15-20%) avec une gangue de dolomite, calcite, quartz et barytine, est encaissé dans les

limites des pièges lithologiques (dolomies) des différents niveaux stratigraphiques séparés par des couches argileuses.

Ces dernières ont dû probablement jouer un rôle de barrière lithogéochimique dans la mise en place de la minéralisation Pb-Zn.

La présente étude a pour but de caractériser cette matière argileuse et de préciser sa contribution dans les processus de formation du gisement de Kherzet Youcef.

CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

Les monts du Hodna et leurs analogues de Belezma et de l'Aurès constituent un point de jonction entre les Atlas Tunisien et Saharien (fig. 1). Tous ces édifices font partie des avants-pays autochtones plissés à séries sédimentaires mésozoïques épaisses et sont orientés suivant les directions SW-NE, ESE-WNW. Ces directions ont été respectées par la subsidence et la sédimentation au cours du Mésozoïque et même par des plissements au cours du Tertiaire. Les structures synsédimentaires anticlinales et synclinales du Mésozoïque bordées par des failles longitudinales et transversales, représentent les éléments tectoniques majeurs du cadre géologique régional. Dans la structure géologique actuelle, elles sont affectées par des écaillés chevauchant vers le Sud, parfois, en position renversée sur les flancs méridionaux. Le long des contacts tectoniques longitudinaux et à leurs intersections avec les fractures transversales, sont observés des injections et des diapirs de roches triasiques (Bertraneu, Glaçon, Lucas, 1952; Glaçon, 1967; Vydrine, 1972,; Wildi, 1983).

Dans les dépôts crétacés, en plus des minéralisations métallifères, sont omniprésents des indices de pétrole, de gaz et de bitume (Aliev, 1971). La plupart des gisements sont localisés à proximité immédiate des dépressions pétrogazifères, riches en eaux thermales (Popov, 1968).

CADRE GEOSTRUCTURAL DU GISEMENT

Le gisement de Kherzet Youcef est localisé sur le flanc nord, peu incliné (20-45°), de la structure anticlinale sublatitudinale de Hadjar Labiode, à sa bordure orientale. Cette bordure est affectée par la grande faille subméridienne de Kherzet Youcef qui plonge (60-75°) brutalement vers l'Est et divise la surface en deux blocs tectoniques avec un rejet (500-100m) vertical du bloc occidental.

Le gisement se situe dans la zone faillée du bloc occidental formé de terrains affleurants du Barrémien et l'Aptien avec un pendage de 20-45° vers le Nord (fig. 2). A l'Est, c'est la dépression d'Aïn Azel, constituée de dépôt du Miocène, Pliocène et Quaternaire.

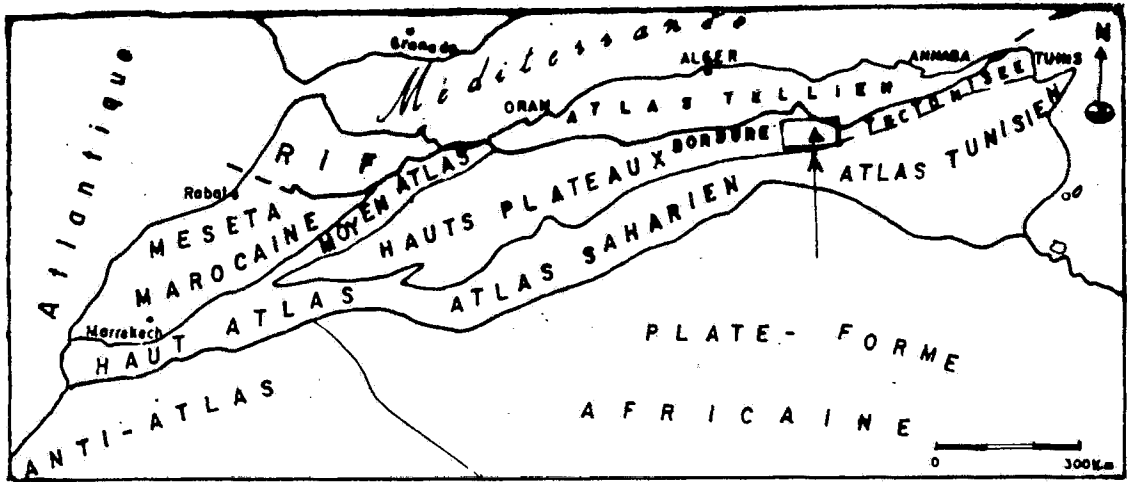
La minéralisation est localisée dans les dépôts carbonatés du Barrémien supérieur (Glaçon, 1952, 1967). Ces dépôts d'une puissance moyenne de 400m, sont constitués d'une alternance de calcaire, calcaire dolomitique et dolomitisé, dolomie, marno-calcaire et marne. La série présente une structure monoclinale dont les couches plongent vers le Nord.

Les couches minéralisées sont limitées par des intervalles argileux et de marne à dolomite d'une puissance de 5-20cm. La matière organique (bitumineuse) dispersée à travers les roches encaissantes, abonde dans les dolomies minéralisées. Des inclusions isolées de débris végétaux carbonisés sont observés surtout dans les roches argileuses et dans les marnes à dolomite.

Le gisement comprend une vingtaine de couches minéralisées d'intensité et d'épaisseur (2-4m) variables. L'épaisseur totale de la série dolomitique minéralisée est de 170 à 190m. La minéralisation commence à partir de 10-30m du mur de la faille, s'étire vers l'Ouest sur 50-150m et se termine au biseau vers l'Est et l'Ouest. Elle s'étend en aval-pendage sur 1000-1300m. L'épaisseur des corps minéralisés est fonction de celle de l'encaissant dolomitique et peut atteindre 3-4m au maximum (Henni, 1984; Touahri, 1987).

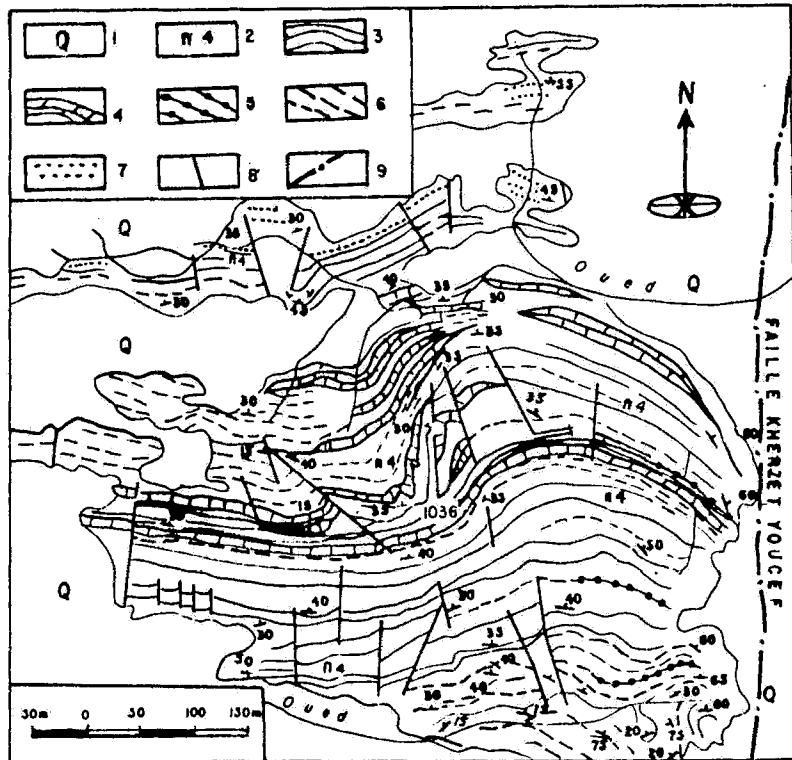
La minéralisation affecte de préférence les dolomies secondaires gréseuses et bréchifiées. Elle remplit les cavités et les fissures et se compose principalement de blende (25-30%), Galène (10-15%) et marcasite (15-20%). Les minéraux de gangue sont la dolomite, la calcite, le quartz, la barytine et l'anhydrite.

ETUDE ET ROLE DE LA PHASE ARGILEUSE DANS LA MISE EN PLACE DE LA MINERALISATION STRATIFIEE Pb-Zn



La flèche indique l'encadrement de la zone d'étude (Hodna). Δ Gisement de Kherzet Youcef.

Fig. 1 - Les grands ensembles structuraux du Maghreb (d'après P. Guardia, 1976).



1 - Quaternaire, 2 - Barrémien, 3 - Alternance des roches carbonatées et argileuses, 4 - Roches carbonatées (calcaire, dolomie), 5 - Corps minéralisés affleurants, 6 - Dolomies minéralisées, 7 - Grès, 8 - Failles secondaires et fractures, 9 - Faille de Kherzet Youcef.

Fig. 2 - Schéma géologique et structural du gisement de Kherzet Youcef (RUDIS, 1967, modifié).

ECHANTILLONNAGE ET METHODES ANALYTIQUES

L'échantillonnage a été effectué suivant trois sections transversales à chaque niveau argileux de la base et du toit des trois corps minéralisés n°3, 15 et 10.

L'analyse granulométrique des argiles a porté sur huit (08) échantillons d'une masse unitaire de 400 grammes. Après séchage, broyage et séparation, la fraction inférieure à 1mm a été retenue pour analyse.

Les argiles ont été étudiées par la diffractométrie RX et la microscopie électronique. L'analyse minéralogique de la fraction argileuse a été effectuée sur 20 échantillons au microscope électronique. L'analyse de phase a porté sur tous les échantillons et la fraction argileuse a été analysée au rayon X successivement à l'état naturel, saturé (éthylène-glycol, iodure de potassium) et chauffée à 800°C.

La capacité d'échange de base a été déterminée sur 14 échantillons par la méthode des échanges d'ions. L'extraction des cations alcalin (Na⁺, K⁺)

et alcalino-terreux (Ca²⁺, Mg²⁺) a été effectuée à l'aide d'une solution de chlorure d'ammonium en milieu neutre.

Les analyses géochimiques ont été réalisées par les méthodes chimiques, spectrométriques d'émission et de fluorescence X sur les éléments Li, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Ag, Ba, Pb, Ra, Th, U.

COMPOSITION GRANULOMETRIQUE ET MINERALE DES ROCHES ARGILEUSES

L'analyse granulométrique (tab. I) montre que les intercalations argileuses de la base du corps de minéral sont plus riches en fractions inférieures à 0,01 mm, alors que celles du toit le sont en fractions supérieures à 0,01 mm.

Les compositions minérales qualitatives des fractions 0,25-0,1 et 0,1-0,01 mm sont identiques ainsi que celles des fractions lourdes (tab. II). La différence réside dans les rapports quantitatifs des minéraux. Par contre, les fractions légères présentent des différences notables pour les deux intervalles granulométriques.

Tab. I - Composition granulométrique des argiles (P %).

Echant.	Corps minéralisé	F r a c t i o n s [mm]						
		1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
A-12	10 T ₁	5,8	12,0	8,3	35,9	38,0	-	-
A-15	10 T ₂	0,3	0,60	1,8	27,1	42,0	13,4	14,2
A-11	15 T ₁	5,6	12,9	10,3	30,5	28,8	5,8	6,6
A-17	15 T ₂	0,3	1,6	2,8	39,1	25,8	12,8	17,6
A-13	10 B	3,3	6,7	7,6	28,4	26,4	13,8	13,8
A-10	15 B ₁	0,6	2,2	5,6	18,9	54,6	8,7	9,4
A-14	15 B ₂	0,3	2,9	7,9	18,5	47,2	8,7	14,5
A-16	15 B ₃	0,2	0,5	1,7	33,5	44,5	10,1	9,5

T- Toit; B- Base. Les chiffres portés en indice indiquent les numéros de sections Est, Centre et Ouest des corps minéralisés.

ETUDE ET ROLE DE LA PHASE ARGILEUSE DANS LA MISE EN PLACE DE LA MINERALISATION STRATIFIEE Pb-Zn

Tab. II - Composition minérale par fractions des argiles (V %).

Fractions		0,25 - 0,1 mm						0,1 - 0,01 mm					
Corps minéralisé		10 T ₁	15 T ₁	15 T ₂	10 B	15 B ₁	15 B ₂	15 B ₃	10 T ₂	15 T ₁	10 B	15 B ₁	
Minéraux		Echant.	A-12	A-11	A-17	A-13	A-10	A-14	A-16	A-15	A-11	A-13	A-10
Minéraux terrigènes / Fraction lourde													
Minéraux métalliques		13,9	4,1	gs	0,2	20,5	8,1	1,3	9,1	7,1	5,5	11,6	
Leucoxène		0,6	0,3	gs	0,4	-	0,6	0,2	0,2	-	0,1	-	
Tourmaline		0,2	-	-	-	-	gs	-	-	gs	gs	-	
Zircon		0,1	-	0,3	0,2	0,3	gs	-	1,2	0,3	0,3	0,1	
Sphène		-	gs	-	gs	0,1	-	-	0,2	-	gs	gs	
Rutile		-	-	-	-	-	-	-	gs	gs	-	gs	
Anatase		gs	0,5	-	-	-	0,3	-	gs	0,2	gs	-	
Epidote		0,4	gs	gs	0,1	0,3	gs	0,2	gs	0,2	0,3	0,3	
Pyroxène		1,4	0,5	gs	0,6	1,4	0,4	0,2	0,3	0,2	gs	0,3	
Amphibole		3,9	0,3	gs	0,2	11,3	0,7	0,2	0,4	0,3	0,8	1,7	
Grenat		0,2	-	-	0,1	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	gs	
Staurotite		-	-	-	-	-	-	-	gs	-	-	-	
Dishène		-	-	-	-	0,2	-	gs	-	-	0,1	-	
Monazite		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	gs	
Biotite		2,0	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	
Apatite		0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minéraux terrigènes / Fraction légère													
Quartz		2,6	0,1	14,1	0,9	0,6	0,1	1,3	1,2	1,2	2,9	2,5	
Feldspath		gs	gs	1,4	gs	0,2	gs	gs	0,1	0,1	0,1	0,2	
Biotite		-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	gs	gs	
Muscovite		-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,1	0,1	0,3	
Hydromica		33,4	22,0	19,8	50,1	65,2	65,0	41,0	26,0	24,6	31,9	38,0	
Carbonates		64,0	70,0	64,7	49,0	34,0	34,0	57,7	72,0	74,0	65,0	59,0	
Minéraux autigènes / Fraction lourde													
Barytine		0,6	6,8	0,2	0,5	gs	2,6	0,4	0,3	6,8	0,3	0,3	
Fluorine		-	-	-	-	-	-	-	gs	-	-	-	
Sulfure de Fe		63,9	22,7	93,6	87,7	59,7	28,3	88,7	79,2	39,9	75,8	79,9	
Blende		3,4	54,2	0,9	4,4	1,4	52,7	2,6	3,8	41,3	10,0	0,6	
Carbonates		3,4	7,7	1,5	2,1	0,5	4,6	5,3	4,4	3,5	5,4	4,2	
Phosphates		2,7	-	1,2	0,9	0,5	-	0,2	-	-	0,1	-	
Oxydes-Hydroxydes de Fe		gs	0,3	-	0,2	gs	0,4	0,1	gs	0,2	0,3	gs	

T- Toit; B- Base; gs - quelques grains.

Tab. III - Composition minérale des roches argileuses (P %).

Echant.	Minéraux non argileux						Matière argileuse	Minéraux argileux			
	Quartz	Calcite	Dolomite	Sidérose	Orthose	Plagioclase		Kaolinite	Hydromica	Chlorite	Hydromica-Montmorillonite
1 T	5	-	30	-	2	-	63	-	80	-	20
2 T	6	-	25	-	-	-	69	-	75	10	15
5 T	7	-	27	-	-	-	66	-	75	10	15
6 T	11	-	30	-	-	-	59	-	75	10	15
7 T	6	-	20	-	-	-	74	-	85	5	10
23 T	4	-	42	-	-	-	54	10	75	5	10
24 T	6	7	40	-	-	-	47	-	85	5	10
30 T	6	4	32	1	-	-	57	-	85	5	10
A-11	6	-	18	-	2	-	74	-	80	-	20
A-12	7	4	24	-	-	-	65	15	75	5	5
A-15	6	-	35	-	1	-	58	-	90	-	10
8 B	6	-	16	-	-	-	78	-	80	10	10
20 B	6	-	18	-	6	-	70	-	85	5	10
21 B	5	-	3	-	-	-	92	5	80	5	10
22 B	6	-	10	-	2	-	82	10	75	5	10
31 B	4	-	12	-	-	-	84	5	80	5	10
32 B	5	-	12	-	1	1	81	5	80	5	10
A-10	4	-	40	-	-	-	56	-	85	5	10
A-13	4	4	10	-	-	-	80	-	80	-	20
A-14	5	-	14	-	-	-	81	-	90	-	10

L'hydromica a été identifiée grâce aux réflexions 001 (9,9 - 10,0 Å), 002 (4,9 - 5,0 Å) et 003 (3,31 - 3,33 Å). A l'exception des particules très dégradées, l'hydromica ne gonfle pas après saturation à l'éthylène-glycol et ne réagit pas aux acides faibles. Soumise à l'action de la chaleur et jusqu'à 800°C, seuls les pics caractéristiques sont décalés. Ses cristaux sont de forme pseudo-isométrique avec des tailles inférieures ou égales à un micron. Une partie des hydromicas présente une origine détritique primaire dégradée tandis que l'autre s'est formée vraisemblablement, à la suite du processus d'aggradation des interstratifications du type hydromica-montmorillonite. Cette hypothèse est confirmée par le faible degré d'ordonnement de la structure des hydromicas observé sur les différents diffractogrammes.

Mica-montmorillonite : les formations interstratifiées à mica-montmorillonite sont présentes dans tous les échantillons. Les réflexions 001 de l'hydromica deviennent bien visibles lorsque la teneur en montmorillonite atteint les 10 à 20%. La saturation des échantillons à l'éthylène-glycol provoque un décalage du pic 10 Å de 0,2 à 0,3 Å (9,8 - 9,7 Å). De même la saturation à l'iodure de potassium engendre un décalage des reflets basaux en fonction de la teneur en montmorillonite de ces interstratifiés. Ces résultats confirment la formation des phases de mica-montmorillonite, principalement, à l'issue de l'aggradation de la montmorillonite. Ces structures gonflantes se caractérisent par une grande dispersion de leurs particules dont certaines de taille ultra-fine, forment des agrégats globulaires.

La kaolinite, peu abondante, a été nettement identifiée par sa forme hexagonale (pseudo-hexagonale) caractéristique de ses cristaux et par les réflexions 001 (7.12 - 7.14 Å), 002 (3.55 - 3.57 Å) et 003 (2.37 - 2.38 Å). La kaolinite s'est décomposée à 630°C pour devenir amorphe au RX.

En raison de sa faible concentration, l'influence de la kaolinite a été négligeable sur les particularités strutures-texturales de la roche argileuse.

La chlorite a été identifiée suivant les réflexions 001 (14.0 - 14.3 Å), 002 (7.0 - 7.09 Å) et 003 (4.68 - 4.73 Å). Les échantillons concentrant de la chlorite, une fois chauffés et maintenus à 400°C pendant une heure, se sont distingués par le décalage de la réflexion 001 de 0.1 - 0.2 Å, tandis que celle des autres raies s'est sensiblement affaiblie. Les fines particules de chlorite ont été reconnues au microscope électronique.

L'analyse détaillée des résultats de la diffraction RX des hydromicas et des interstratifications mica-montmorillonite montre que ces phases présentent une structure cristalline désordonnée. La réflexion $d=10$ Å présente une asymétrie du côté des petits angles Θ et disparaît dès que les échantillons sont chauffés, tandis que la saturation à l'éthylène-glycol provoque sa réapparition du côté des grands angles Θ . A cet effet, les variations de réflexions 001 (9.7 - 9.8 Å), 002 (4.8 - 4.9 Å) et 003 (3.34 - 3.36 Å) confirment la présence de formations interstratifiées de stratification irrégulière d'hydromica-montmorillonite (10-20% de montmorillonite).

Les hydromicas appartiennent aux modifications structurales dioctaédriques Md et ce, d'après la valeur $d_{060} = 1.505 - 1.508$ Å et l'absence de réflexion hkl et okl sur les diffractogrammes (Frank-Kamenetsky, 1983). L'existence de phases interstratifiées démontre le faible degré de transformations post-sédimentaires des minéraux argileux. Les structures gonflantes

présentant une forte capacité à l'hydratation, ont dû empêcher la compaction des argiles sous l'action des pressions géostatiques relativement faibles. Ces propriétés doivent, en principe, réduire sensiblement la capacité de filtration des argiles.

PARTICULARITES STRUCTURO-TEXTURALES ET PETROPHYSIQUES

La matrice de la roche argileuse est constituée d'agrégats hydromicacés et de fines inclusions de carbonates et de sulfures. L'hydromica présente une teinte brune à marron-claire avec une structure finement écaillée. Son indice de réfraction varie de 1.500 à 1.575 avec une biréfringence moyenne à faible. L'homogénéité des particules phylliteuses dans les intervalles argileux et la rareté de la kaolinite et des minéraux non-phylliteux ont créé une cohérence importante des microstructures et une orientation des microtextures des roches lors du processus post-sédimentaire de leur formation. Ainsi, la petite quantité de microfragments de kaolinite et, en particulier, celles des minéraux non-phylliteux (quartz, feldspaths), de forme isométrique, ont réduit le degré de déformation et la direction des fines particules lamellaires (pseudo-isométrique). Ces phénomènes sont propres à la plupart des autres groupes de minéraux argileux stratifiés. La composition relativement monominérale du matériel argileux a favorisé ainsi la mise en place de microstructures plus homogènes et des microtextures plus parfaites.

La faible différenciation des particules argileuses en fonction de leur degré de dispersion (variation limitée de la taille des particules jusqu'au micron maximum) a augmenté l'homogénéité des microstructures et provoqué l'apparition de microtextures orientées. Ainsi, la taille identique de ces particules a conditionné davantage la

régularité de leur arrangement, ce qui a réduit considérablement les propriétés filtrantes des roches argileuses.

L'impureté carbonatée (dolomite \pm calcite), présente un caractère plus homogène tant par la taille des fragments que par leur distribution spatiale. La présence de carbonates dans les roches argileuses réduit en principe, leur imperméabilité, toutefois, en raison de leur faible système de fissurité et de leur grande homogénéité, cette caractéristique n'est pas tellement affectée. La fissurité étant tout à fait insignifiante, les quelques fissures constatées sont toujours fermées.

Il y a lieu de supposer que les fissures (micro-fissures) se sont formées lors des mouvements tectoniques qui sont à l'origine de l'apparition des failles. Par ces dernières ont pu circuler les solutions et migrer les hydrocarbures. Ces fissures, de direction méridienne et plus rarement subparallèles, se sont rapidement cicatrisées par suite de la grande dispersion du matériel argileux, de sa composition et de son homogénéité.

Les mesures pétrophysiques montrent que la porosité des argiles ne dépasse guère 0.44%, celle des marnes à dolomite 0.78%. Leurs perméabilités respectives moyennes sont de 0.09 et 0.42 millidarcy (md) (tab. IV).

La capacité d'échange de base montre que ces argiles présentent de bonnes capacités

Tab. IV - Propriétés pétrophysiques des argiles.

Echant.	Porosité %	Perméabilité Md	Densité g/cm ³
6 T	0,78	0,42	2,43
21 B	0,21	0,07	2,75
31 B	0,44	0,11	2,96
32 B	0,32	0,08	3,10
A-13	0,28	0,12	2,80

d'absorption. La quantité de sodium (Na⁺) absorbée varie de 3.2 à 9.3 et celle du potassium (K⁺) de 3.0 à 0.3 milliéquivalent-grammes par 100g de roches (tab. V).

Cette capacité est surtout favorisée par la présence de couches de montmorillonite avec des cations de type Na⁺ (phases interstratifiées et hydromicas déshydratés). Elle croît dans l'ordre suivant : chlorite, hydromica, montmorillonite. En général, la capacité élevée (surtout Na⁺) témoigne des faibles propriétés de filtration des roches argileuses. La grande surface spécifique du cation Na⁺ provoque une dispersion intense des particules argileuses.

En conclusion, ces argiles possèdent des propriétés importantes de gonflement, de plasticité, d'ascension capillaire de l'eau et, par conséquent, de faibles capacités de filtration.

Tab. V - Capacité d'échange de base (mg/Eq par 100 g).

Cations	Echant.												
	1 T	2 T	5 T	6 T	7 T	24 T	30 T	8 B	20 B	21 B	22 B	31 B	32 B
Na ⁺	4,7	9,3	8,5	5,2	5,0	7,0	4,7	7,4	5,0	4,4	4,9	3,2	3,7
K ⁺	6,0	4,70	5,30	4,75	8,30	6,27	7,0	5,20	7,25	6,30	5,20	3,65	3,0

CHIMIE DES ARGILES

La composition chimique des argiles est caractérisée par des teneurs anormales en Li, Mg, S, Si, K, Ca, Zn, Ag, Pb, U par rapport à leurs clarkes (tab. VI).

L'analyse factorielle des données géochimiques des roches encaissantes (carbonates, argiles) a permis de mettre en évidence les principaux facteurs responsables de la distribution des éléments chimiques (tab. VII).

Les résultats obtenus montrent que les facteurs 4.5 et 6 contrôlent totalement la mobilité de l'argent et partiellement celle du germanium. Les corrélations de l'argent avec la silice et

l'alumine; le germanium avec la magnésie, la chaux et même avec la silice, permettent de supposer que ces éléments ont participé au processus sédimentaire diagenétique, vraisemblablement, sous forme adsorbée dans les vases argilo-carbonatées. Les charges négatives du baryum témoignent du lessivage de ces éléments des roches argileuses par les solutions hydrothermales. Ainsi, l'analyse factorielle a permis de définir trois processus : de sédimentation, minéralisation et oxydation ayant mobilisé les oligo-éléments et les éléments métallifères. Le processus de sédimentation a joué un rôle essentiel dans la distribution de l'Ag, Ge; le second dans la distribution du Zn, Pb, Ba, Cd, Ge, Mn, et le troisième dans la distribution de Cd, Zn.

Tab. VI - Teneurs moyennes de certains éléments dans les argiles de Kherzet Youcef et leurs clarkes correspondants dans les terrains sédimentaires d'après Turekian, 1961 (P %).

Eléments	Argiles Kherzet Youcef	Clarkes	Rapport Teneur moyenne/clarke
Li	0,008	0,006	1,33
Na	0,074	0,96	0,08
Mg	4,145	1,5	2,76
Al	6,894	8,0	0,86
Si	15,09	7,3	2,07
S	1,43	0,24	5,96
K	3,42	2,66	1,29
Ca	7,025	2,21	3,18
Ti	0,155	0,46	0,34
V	0,011	0,013	0,85
Fe	3,93	4,72	0,83
Mn	0,063	0,085	0,74
Ni	0,031	0,0068	0,46
Cu	0,344	0,0045	0,98
Zn	0,165	0,0095	17,37
Ga	0,013	0,0019	0,68
Rb	0,097	0,014	0,69
Sr	0,097	0,03	0,32
Zr	0,167	0,016	1,04
Ag	0,000014	0,000007	2,0
Ba	0,172	0,058	0,30
Pb	0,0263	0,002	13,15
Ra	0,0013	-	-
Th	0,0007	0,0012	0,58
U	0,0016	0,00037	4,32

Tab. VII - Analyse factorielle des roches encaissantes (carbonates, argiles).

Facteurs	Eléments chimiques												
	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Ag	Ge	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S _{Total}	Ba
4	0,06	0,14	0,16	0,07	0,07	-0,03	-0,03	0,44	-0,09	-0,09	0,48	0,12	-0,27
5	0,09	0,15	-0,03	0,07	0,10	0,68	0,68	-0,32	0,41	0,43	-0,02	0,20	-0,25
6	0,05	0,13	-0,17	-0,01	0,06	-0,42	0,42	0,71	-0,09	-0,01	-0,03	-0,06	-0,07

NATURE ET DISTRIBUTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

L'étude des relations de la matière organique avec les roches argileuses a été réalisée sur la base de l'observation des lames polies dans l'ultraviolet (3600-4000 Å). Une lumière homogène légèrement jaunâtre et gris-bleuâtre a été observée dans toutes les lames. Cette lumière est caractéristique de la matière organique syngénétique finement dispersée dans la masse argileuse (Parparova, 1964).

L'extraction au chloroforme a permis de constater une faible concentration de matière organique (0.03 - 0.066%) et de carbone organique (0.46 - 2.18%). Des restes végétaux dispersés dans les argiles ont été observés, parfois, sous forme d'empilement caractéristique de leurs conditions de dépôts. Ils forment une texture nodale illustrant leur disposition et celle des produits du type charbon-anthracite. L'observation détaillée a permis de déceler une zone de solidité accrue et de perméabilité réduite autour de la matière organique en raison de la sorption des minéraux argileux.

Dans de rares fissures (micro-fissures), ont été observés des sulfures associés au bitume lourd s'illuminant en brun-foncé. Du point de vue

génétique, ce bitume est un produit d'oxydation issu de la migration des hydrocarbures et de leur participation dans le processus dissolution-recristallisation des carbonates et de formation des sulfures (Henni, 1984-1993). Les cristaux de dolomite et calcite s'illuminent en jaune vif provoqué par la saturation en hydrocarbures surtout sur leurs extrémités. De telles observations correspondent à celles déjà obtenues (SONATRACH, 1981) à la suite des travaux de prospection du pétrole dans cette région où a été mise en évidence une importante migration des hydrocarbures par les fissures tectoniques avec la formation de minéraux. Une partie de ces hydrocarbures s'était oxydée lors de la formation des sulfures (Pb, Zn). Cette hypothèse est confirmée par les teneurs élevées du carbone organique dans les échantillons minéralisés (Henni, 1983, 1984).

CONCLUSION

Le travail a permis d'étudier en détail les particularités lithologiques, minéralogiques et physico-chimiques des roches argileuses et de définir leur rôle dans la mise en place de la minéralisation Pb-Zn.

Un grand nombre de facteurs a ainsi été établi :

- la présence des interstratifiés de type mica-montmorillonite a renforcé davantage les capacités d'hydratation des roches argileuses et réduit leur perméabilité;

- la capacité sorptionnelle importante des minéraux argileux a engendré une grande dispersion de leurs particules et augmenté leur densité superficielle et leur plasticité;

- la faible différenciation des particules a favorisé une meilleure homogénéité des microstructures et l'apparition des microtextures orientées;

- la dispersion régulière de la matière organique a dû cimenter davantage les particules argileuses;

- la concentration anormale de certains éléments chimiques dans les roches argileuses riches en matière organique confirme le rôle de barrière lithogéochimique joué par ces argiles.

BIBLIOGRAPHIE

- Aliev, M.M., Ait Laoussine, N., Saïd, A. *et al.*, 1971. Géologie et potentialités gazo-pétrolifères des Atlas algériens, *Ed. Nedra*, Moscou, 256 p.
- Bertraneu, J., Glaçon, J., Lucas, G. 1952. A propos de la région de Batna; définition d'un style tectonique lié à la montée verticale des horsts. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 234, n° 199, 1993-1994.
- Frank-Kamenetsky, V.A., Kotov, N.V., Goïlo, E.A. 1983. Modifications transformationnelles des silicates phylliteux, *Ed. Nedra*, Leningrad, 151 p.
- Glaçon, J. 1952. Les monts du Hodna (partie orientale, *XIX° Congr. Géol. Int.*, Alger, 1952, 1ère série: Algérie, n° 7.
- Glaçon, J. 1967. Recherche sur la géologie et les gîtes métallifères du Tell Sétifien (Algérie). *Bul. Serv. Carte Géol. Algérie*, nouvelle série n° 32, 2 vol. 750 p.
- Guardia, P. 1975. Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. *Thèse Université de Nice*, 289 p.
- Henni, A., Parparova, G.M. 1983. Les bitumes des dépôts carbonatés du barème du champ minier Pb-Zn de Kherzet Youcef (Algérie). *Vestnik*, Univ. Leningrad, n° 24, 93-98.
- Henni, A. 1984. La minéralogie, les particularités géochimiques et la genèse du gisement de Kherzet Youcef (Algérie). *Thèse doctorat (PhD)*, Univ. Leningrad, 284 p.
- Henni, A. 1993. Etude géochimique de la matière organique associée à la minéralisation Pb-Zn du gisement de Kherzet Youcef (Algérie). *Bul. Serv. Géol. Algérie*, vol. 4, n° 1, 41-53.
- Pajevich, M. 1967. Essai de mise au point sur la stratigraphie du Jurassique moyen au Crétacé (Atlas saharien, Hauts plateaux). *SONATRACH, rapport inédit*.
- Parparova, G.M. 1964. Essai d'études des bitumes solides par méthode pétrographique. In. Vol.: bases de la classification génétique des bitumes. *Ed. Nedra*, Leningrad, 115-122.
- 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 Géol. Tunisie*.
- R.U.D.I.S. 1967. Etude géologique sur le gisement de Kherzet Youcef 1964-1965. *SONAREM, rapport inédit*.
- Touahri, B. 1987. Géochimie et métallogénie des minéralisations à Plomb et Zinc du Nord de l'Algérie, *Thèse Doctorat. Univ. P.M. Curie*, Paris, 318 p., (*Mémoires de l'Office National de la Géologie*, N°4, texte, 260p., annexes 15 p., 1991).
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the element in some major of Earth Crust. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 72, n° 2.
- Vydrine, V.N. 1972. Géologie et répartition des gîtes de métaux non ferreux en Algérie du Nord. *SONAREM, rapport inédit*.
- Wildi, W. 1983. La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Revue de géologie dynamique et géographie physique*, vol. 24, fasc. 3, 201-297.