

GÉOLOGIE ET MÉTALLOGÉNIE DES GISEMENTS STRATIFORMES DE CUIVRE (GRÈS CUIVREUX) DU KAZAKHSTAN CENTRAL D'APRÈS L'EXEMPLE DU DJEJKAZGAN

M. A. ASSANOV, Ch. E. ESSÉNOV, N. N. NOURALINE, S. Ch. SEIFOULLINE (*)

RÉSUMÉ

Dans cette communication, on donne sous une forme très brève la description des principales régularités observées dans la répartition et les conditions de formation des gisements stratiformes de cuivre, au Kazakhstan Central. On note que ces gisements ont des répartitions bandes-nœuds et zonales à l'échelle régionale.

Le gisement de Djezkazgan est caractérisé du point de vue géologico-structural, minéralogico-géochimique, morphologico-génétique. Sur la base de l'analyse des données accumulées pendant toute la période de la prospection et de l'exploitation du gisement, on arrive à la conclusion que la minéralisation a un caractère superimposé par rapport aux roches encaissantes et aux structures tectoniques.

ABSTRACT

The authors describe very briefly the main regularities observed in the distribution and genesis of stratiform copper deposits in Central Kazakhstan. It is noteworthy that these deposits are distributed according to a system of nodes and zones at the regional scale.

The Djezkazgan deposit is characterized from the geological-structural, mineralogical-geochemical and morphological-genetic points of view. On the basis of the analysis of the data collected during the entire period of prospecting and mining, one reaches the conclusion that the mineralization is superimposed over the enclosing rocks and the tectonic structures.

Les gisements stratiformes de cuivre de la R.S.S. de Kazaquie sont connus dans les limites de trois systèmes plissés principaux : celui de Kōktchétaïv-Tian-Chan du Nord à orientation subméridienne (le groupe de gisements d'Atbassar-Djejkazgan), celui de Tian-Chan du Sud à direction nord-ouest (groupes d'indices miné-

(*) Académie des Sciences du Kazakhstan, Alma-Ata, U.R.S.S.

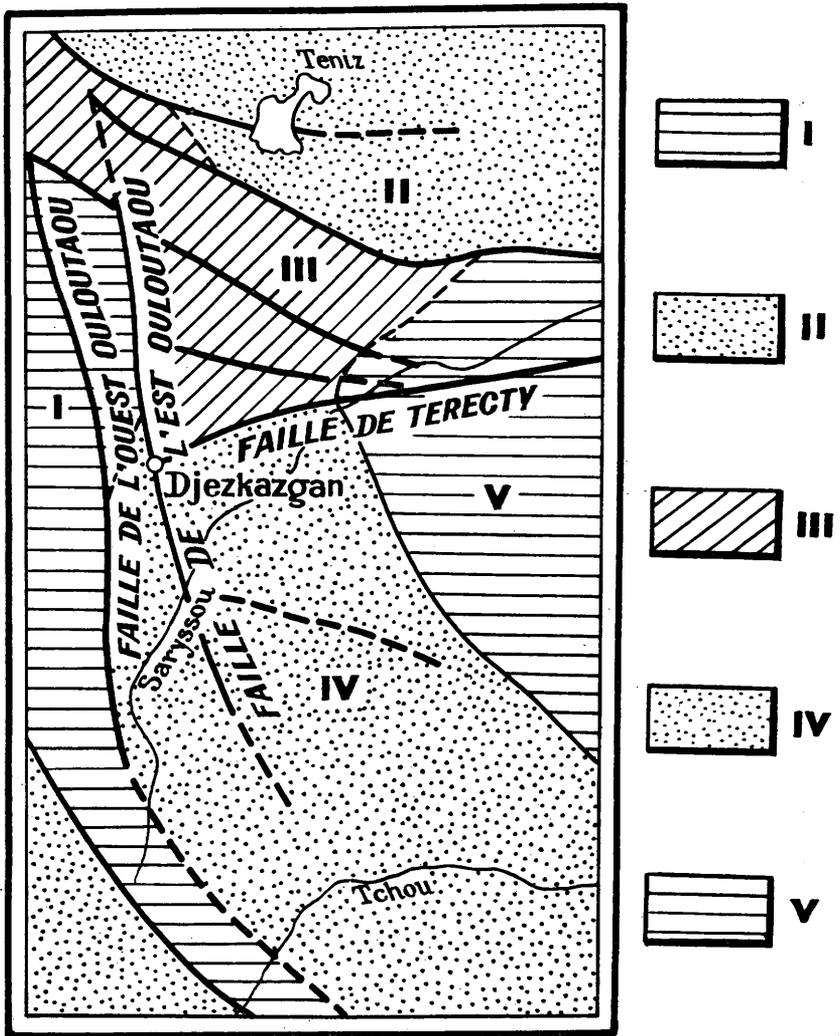


FIG. 1. — Schéma tectonique du Kazakhstan Central. I, système plissé de Kokchtéav-Tian-Chan. II, dépression de Teniz. III, bloc tectonique de Saryssou-Teniz. IV, dépression de Saryssou. V, système plissé de Golodnou stepe.

ralisés de Manguichlak) et celui de Tchinguiz-Tarbagataï à direction nord-ouest (groupe de gisements de Chiderty-Keltechat) (voir fig. 1).

Ces zones structurales et de formations consistent en une bande en forme d'arc, dont la longueur va de 1 000 à 2 000 km, la largeur allant de 50 à 200 km. Suivant le plan de répartition des systèmes plissés sus-indiqués, les gisements de minéraux utiles ont également une répartition en bande. Ils montrent une nette zonalité métallogénique régionale qui se manifeste par une certaine répartition des gisements miniers suivant leur composition et la genèse des différents types, sous forme de

bandes métallogéniques isolées, allongées parallèlement aux systèmes plissés. On y note deux types de bandes minières ayant chacune une spécialisation métallogénique bien manifestée : zone à minéralisation or-métaux rares-fer et zone à minéralisation cuprifère-polymétallique.

La bande à minéralisation or-métaux rares-fer se situe le long des structures plissées anciennes.

La bande à minéralisation cuprifère-polymétallique s'étend suivant les systèmes plissés périphériques et les zones de failles marginales, le long desquels se sont produites des dislocations tectoniques intenses et très accusées.

A la suite des études qui ont été menées pendant de longues années à l'Institut des sciences géologiques de l'Académie des Sciences de la R.S.S. de Kazaquie jusqu'en 1964, sous la direction de l'académicien K. I. Satpaev, et sont poursuivies à présent par ses collègues et élèves, les particularités suivantes des gisements stratiformes de cuivre du Kazakhstan central ont été établies.

Actuellement, les gisements stratiformes de cuivre du Kazakhstan ne sont étudiés en détail que dans les limites de l'anticlinorium de Koktchév-Tian-Chan du Nord. Celui-ci embrasse un ressaut des formations précambriennes et paléozoïques sur une superficie allant jusqu'à 2 000 km, de l'ouest au sud-ouest.

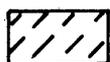
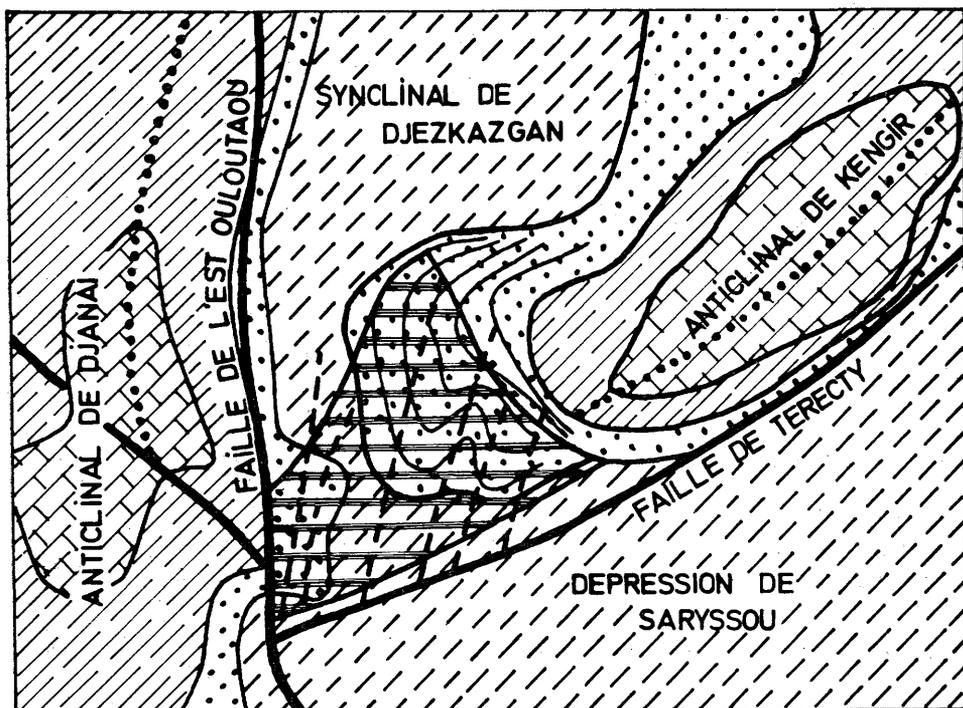
Dans la répartition des indices minéraux le long de cet anticlinorium à orientation subméridienne, un rôle important est joué par les dislocations tectoniques posthercyniennes sublatitudinales, qui ont divisé cet arc plissé postpaléozoïque en blocs distants d'un pas tectonique déterminé, égal à 40 ou 60 km.

Les intersections des structures plissées avec des structures anciennes ont été des endroits favorables où la résistance de la croûte terrestre était la plus faible et où se sont mises en place des teneurs plus élevées en métaux. C'est pourquoi les minéralisations cuprifère et polymétallique se trouvent en forme de nœuds miniers⁽¹⁾, disposés en chaîne en direction méridienne, le long des failles marginales (zone frontière), qui forment la bordure orientale de l'anticlinorium de Koktchév-Tian-Chan du Nord.

Dans une des intersections des zones tectoniques se trouve le fameux gisement de Djezkazgan connu dans le monde entier. Ce gisement est situé dans la partie médiane du système plissé de Koktchév-Tian-Chan du Nord, à l'endroit de sa jonction avec le flanc sud du soulèvement en bloc de Saryssou-Téniz à direction latitudinale. La zone est des failles marginales de l'anticlinorium de Koktchév-Ouloutaou (failles est d'Ouloutaou) y croise la zone sud des failles marginales en gradins latitudinaux limitant le bloc soulevé de Saryssou-Téniz (failles de Térék-tine). On y voit buter l'un contre l'autre les anticlinaux méridien de Janaï et sublatitudinaux de Kenguir (N.E.-60°) adjacents aux failles susnommées (voir fig. 2). Les axes de ces anticlinaux plongent doucement (10-15°) au sud-ouest, vers l'intersection des structures. Ces structures anticlinales du premier ordre sont liées entre elles par un rempart latitudinal en forme de selle (d'un pont), nommée le « bloc Spasski ». Ce dernier surmonte le synclinal de Djezkazgan au nord et la dépression de Saryssou au sud, autrement dit ce bloc représente une structure qui les divise (voir fig. 2).

La coupe de l'assise minéralisée de Djezkazgan, avec une puissance totale de 650 m, comprend les formations terrigènes du Paléozoïque moyen et supérieur : à partir de la base du Namurien (du Subcarbonifère) jusqu'au Permien inférieur.

(1) Nœud minier : l'intersection de plusieurs zones de minéralisation.



P Grès, conglomérats.



C₂-C₃ Grès, conglomérats (zone de minéralisation).



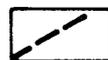
C₁vn Grès, calcaires.



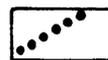
C₁t-D₃ Calcaires, grès, conglomérats.



Failles tectoniques.



Flexure.



L'axe des anticlinaux.



Contour de la zone de minéralisation.

FIG. 2. — Schéma géologique et tectonique de la région de Djezkazgan.

Dans cette assise s'interstratifient rythmiquement les grès gris et rouge, des aleurolithes ⁽²⁾, des argillites et des conglomérats.

L'assise minéralisée, dénommée la série de Djezkazgan, peut être partagée en trois sous-séries d'après ses particularités lithologiques.

La sous-série inférieure, semblable à d'autres tronçons de la coupe en ce qui concerne la composition des matériaux clastiques, est caractérisée par la composition carbonato-siliceuse du ciment des grès gris minéralisés. La sous-série réunit sept étages minéralisés. Sa puissance est de 220 m.

La sous-série intermédiaire comprend des couches de grès avec des lits et des lentilles de conglomérats qui portent le nom de « Raïmoundov ». La sous-série embrasse onze étages de minéralisation. Sa puissance est de 200 m.

La sous-série supérieure est caractérisée comme l'inférieure par l'absence de galets de conglomérats du type « Raïmound » et par la composition carbonatée des grès gris minéralisés. Elle comprend sept couches supérieures de grès gris interstratifiés de grès rouges et neuf étages minéralisés. La puissance totale de la sous-série est de 230 m. Dans ce gisement, on compte au total, vingt-sept étages minéralisés.

Dans le champ minéralisé, le rapport des puissances des niveaux gris et rouges est proche de 1 : 1. Au-dehors du champ minéralisé, la couleur grise disparaît graduellement, les roches prennent une couleur brune et rouge-brun. D'où l'on peut conclure que la couleur grise des grès, conditionnée principalement par la réduction du fer, a un caractère non régional mais étroitement local et résulte des processus superimposés.

Tous les dépôts terrigènes du Dévonien, du Carbonifère et du Permien concordants entre eux sont disloqués dans le même plan tectonique et forment un seul complexe plissé qui s'est formé à la fin du Paléozoïque.

Dans l'histoire de la formation des structures tectoniques du champ minéralisé de Djezkazgan, on a relevé trois étapes très distinctes dans le temps. Chaque étape a été caractérisée par la naissance des types particuliers de plis, de fissures de cisaillement ainsi que par son propre mode de déformation des roches.

La première étape (antérieure à la minéralisation) est marquée par la formation des anticlinaux de Kenguir et de Janaï, tous deux du premier ordre.

Au cours de la deuxième étape (contemporaine de la minéralisation), les plis de premier ordre dans la partie de fermeture sont compliqués par des dômes de deuxième ordre et des flexures.

La troisième étape de la déformation du champ minier est postérieure à la minéralisation et caractérisée par les dislocations à faible amplitude des corps minéralisés et de jeunes systèmes de fissures. Ces accidents, même dans le minerai, ne contiennent pas de minéralisation sulfurée ; elles sont ordinairement remplies d'argile de frottement, de calcite, rarement de baryte.

Dans ce gisement, la minéralisation forme vingt-sept étages minéralisés et elle embrasse en plan, le flanc oriental de l'anticlinal de Janaï à l'ouest (la structure de la faille est d'Ouloutaou) ; plus à l'est elle recouvre le rempart Spasski et toute la région de la fermeture périclinale de l'anticlinal de Kenguir (la structure de la faille de Térektine).

(2) Note du coordonnateur : d'après le *Glossary of Geology* (1972), le terme *aleurolithe* signifie : « A consolidated aleurite, intermediate in texture between sandstone and shale : especially siltstone » ; le terme *aleurite*, commun dans la littérature soviétique, désigne « An unconsolidated sedimentary deposit intermediate in texture between sand and clay ».

Outre les études multilatérales en cours sur la lithologie et les faciès, la structure géologique, la minéralogie et la géochimie du champ minier de Djezkazgan, on effectue à présent une étude détaillée de la morphologie des gîtes minéraux, la variation de leurs paramètres principaux (puissance, teneur en métaux, bases des gîtes), par les méthodes de la géométrie minière. Chaque étage minéralisé (le gîte) autonome de la coupe est représenté à part sur le tableau structural du champ minier, représentant la carte d'isohypses des bases de chaque couche encaissante de grès gris.

Au cours de cette étude, les régularités qui caractérisent les particularités morphogénétiques des gîtes minéraux se sont révélées :

1. Selon la composition granulométrique des matériaux clastiques et la composition pétrochimique du ciment des roches terrigènes ainsi que les propriétés mécaniques et physiques de ces dernières, les trois sous-séries relevées dans la série de Djezkazgan sont différemment minéralisées. Une partie importante des réserves de métaux connues (environ 50 %) est attachée à la sous-série intermédiaire, représentée dans sa plus grande partie par des conglomérats de Raïmound et par des grès gris à grains gros et moyen. La sous-série supérieure composée de grès à ciment carbonaté possède près de 35 % des réserves de métal et la sous-série inférieure où le ciment des grès est plus siliceux, en renferme près de 20 %.

2. Les gîtes de Djezkazgan, qui sont en général en forme de couches, ont dans le plan des configurations très complexes ; pourtant l'orientation de leurs côtés longs est conditionnée par des règles bien déterminées. Tous les niveaux minéraux (les gîtes) de la sous-série supérieure sont étirés dans la direction nord-est, depuis le bord est de l'anticlinal de Janaï, le long des fermatures du rempart Spasski et de l'anticlinal de Kenguir, presque 10 km. Dans les couches de la sous-série intermédiaire, les niveaux minéraux (les gîtes) s'élargissent quelque peu. Ils forment dans les niveaux de la sous-série inférieure des bandes qui sont étirées dans la direction nord-ouest, c'est-à-dire perpendiculairement à l'orientation des masses de minerai des couches supérieures de grès. Ce phénomène s'explique par le fait que, dans l'intervalle vertical de la minéralisation et lors du mode coulissiforme de gisement des étages de minerai et de leur immersion douce au sud-ouest, la localisation de minerai dans les horizons inférieurs et supérieurs est influencée par des failles, des ruptures diagonales à pente douce ; dans les horizons inférieurs, par les failles de l'anticlinal de Kenguir ; dans les horizons supérieurs, par les failles de l'anticlinal de Kenguir, du rempart Spasski et de l'anticlinal de Janaï.

3. Les structures de deuxième ordre (dômes, synclinaux, flexures et les déformations de rupture liées avec eux) ne déterminent que rarement la configuration générale des gîtes de minerai. Leur influence sur la morphologie des grands gîtes de minerai trouve son expression dans un certain agrandissement des dimensions des corps minéralisés en largeur et en puissance, sur les structures en dôme, et, au contraire, dans une diminution brusque de la largeur et de la puissance lorsqu'il y a une intersection des structures synclinales.

La répartition des réserves de métaux suivant les différentes formes structurales à travers onze étages de minerai étudiés en détail se présente comme suit : environ 40 % de toutes les réserves sont rattachés aux voûtes des structures en dômes de deuxième ordre ; près de 35 % aux zones de flexures formant les flancs communs des dômes et des synclinaux, et ce n'est qu'un quart des réserves de métal qui est concentré dans les synclinaux de deuxième ordre.

4. Lors du dessin des isohypses de base de plusieurs couches de grès gris encaissants, on a pu noter en coupe des cas de disparition complète ou de réduction brusque de puissance des grès et des aleurolites rouges qui séparent deux étages voisins ; autrement dit, il se produit la jonction de deux gîtes de minerai voisins. En plan, de tels secteurs ont une forme ronde ou parfois ovale. Les endroits où les roches rouges disparaissent en coupe lithologique sont considérés comme les paléololits de fleuves qui auraient déterminé une position sécante des bandes minérales par rapport à l'étendue des niveaux minéralisés supérieurs de grès. Pourtant, on ne connaît qu'un seul cas (le dixième étage de minerai à compter du bas) où on a pu observer la coïncidence d'un tronçon de 700 m, étroit et continu, de gîte de minerai industriel avec un secteur de disparition des grès rouges ou avec une dépression en forme de lit dans ces roches. Dans d'autres cas, de telles dépressions n'étaient pas minéralisées et n'étaient pas en rapport avec des bandes minérales, ce qui indique l'absence de liaison de la minéralisation avec les processus sédimentaires.

5. La morphologie et la répartition des indices de minerai sont largement influencées par les failles abyssales régionales, qui bordent le champ minier au sud-est (faille de Térekty, dirigée N.E.-60°) et à l'ouest (faille est d'Ouloutaou).

Le gisement de Djezkazgan, de même que les indices de minerai connus dans cette région, sont situés au nord de la faille de Térekty dans le bloc suspendu à partir de cette faille ; et au sud de la faille, l'assise ne contient pas de minéralisation dans le bloc inférieur.

La faille est d'Ouloutaou, de direction méridienne, contourne le champ minier à l'ouest. A l'ouest de cette faille, la minéralisation n'existe pas. Cette faille et celles qui l'entourent influencent considérablement la morphologie des corps de minerai des étages supérieurs.

Les déformations locales dues aux ruptures conjointes avec les failles abyssales susnommées et avec un plissement de deuxième ordre, forment souvent, dans les étages de minerai supérieurs, des corps de minerai sécants en plan et en coupe, parfois traversant deux niveaux minéralisés voisins.

Les explorations minéralogico-géochimiques ont révélé les particularités de la formation des minéraux, de la composition des minerais et les règles de répartition des constituants principaux et satellites.

1. Le gisement de Djezkazgan est caractérisé par une composition très variée de minerais. Outre les constituants utiles principaux : cuivre, plomb et zinc, ces minerais ont des teneurs industrielles en argent, en rhénium, en cadmium. Dans la composition des minerais, des éléments relativement bien répandus sont l'arsenic, le cobalt. Les analyses spectrales trouvent le bismuth et l'or qui sont strictement rattachés à la minéralisation filonienne. Parmi les éléments rares et disséminés, on a relevé le molybdène, l'antimoine, le nickel, le mercure, le strontium et une série d'autres éléments en quantités insignifiantes.

T. A. Satpaéva (1958) a établi que les minéraux formant le gisement sont les suivants : pyrite, marcasite, arsénopyrite, chalcopryrite, bornite, chalcosine, cuivre gris, sphalérite, galène, algodonite, smaltite, safflorite, molybdénite, betekhtinite (sulfure bivalent de cuivre et de plomb), djezkazganite (minéral contenant du rhénium). Les minéraux filoniens sont représentés par le quartz, la calcite, la baryte, l'aragonite, la sidérite, la célestine.

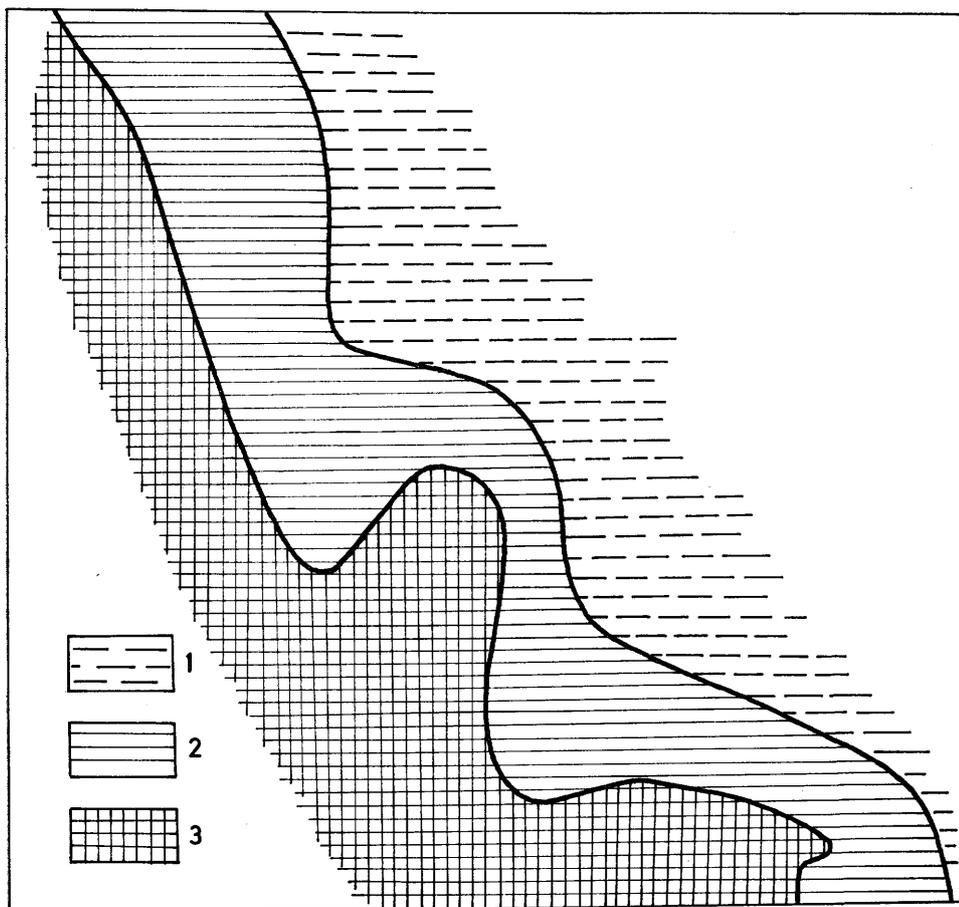


FIG. 3. — Schéma de zonalité linéaire. 1, zone à chalcoprite ; 2, zone à bornite ; 3, zone à chalcosine.

Une telle complexité des minerais du gisement de Djezkazgan est évidemment conditionnée par plusieurs étapes du processus de minéralisation.

2. Les constituants des minerais et leurs sulfures ont une répartition zonale apparaissant dans les coupes de même que dans les limites de chaque étage de minerai.

Sur la coupe verticale de l'assise de minerai, on observe une concentration principalement des sulfures de cuivre, à partir des étages supérieurs jusqu'aux inférieurs dans la succession suivante : chalcoprite-bornite-chalcosine. Dans cette même direction, on voit progressivement augmenter les réserves de minerai de plomb, en commençant par les filons de plomb dans les minerais de cuivre aux étages supérieurs, pour finir par les gîtes en couches dans les étages inférieurs.

Dans les limites de chaque étage de minerai, la zonalité minéralogique est représentée par deux formes : linéaire et concentrique (fig. 3 et 4). Dans les corps

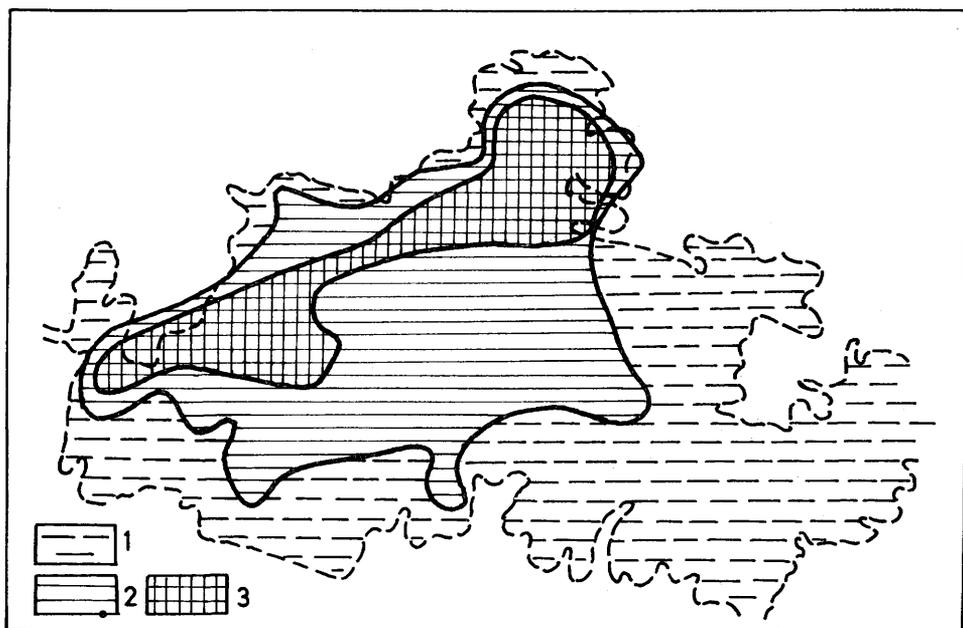


FIG. 4. — Schéma de zonalité concentrique. 1, zone à chalcopryrite ; 2, zone à bornite ; 3, zone à chalcosine.

minéralisés sécants, une forme allongée symétrique de la zonalité concentrique est due à des ruptures.

Dans les gîtes des étages inférieurs qui ceignent la fermeture périclinale de l'anticlinal de Kenguir, une zonalité linéaire est distinctement manifestée. La partie inférieure suivant le pendage de chaque étage minier y est composée de chalcosine, remplacée du côté amont du corps minier par la bornite, ensuite par la chalcopryrite, la pyrite, la galène et la sphalérite. Une telle zonalité est contraire au caractère régressif de l'accumulation des sédiments de l'assise de minerai.

La zonalité concentrique est caractéristique pour les corps minéralisés de forme ronde ou irrégulière et pour les étages miniers supérieurs. Les minéraux composant le minerai se disposent sous forme de zones circulaires dont la partie centrale est composée de chalcosine qui, vers la périphérie, fait progressivement place à la bornite et ensuite à la chalcopryrite et la pyrite.

Les corps de minerai sécants souvent rencontrés dans les étages de minerai supérieurs le long des ruptures sécantes et de la fissuration, dans les fissures et leurs salbandes, sont composés de chalcosine et de bornite et plus loin à mesure qu'on s'éloigne de la cassure d'un côté ou de l'autre, ils passent graduellement à la chalcopryrite et à la pyrite. Il en résulte la formation d'une zonalité symétrique étroite et allongée le long de la zone de déformation, visible dans les coupes horizontales du corps de minerai sécant.

3. Il est établi que la diversité des couleurs des sulfures de cuivre dans le minerai disséminé du gisement de Djezkazgan est le résultat de la variabilité de leur composition. Des variétés à gros cristaux de ces sulfures dans des filons de

minéral sont analogues à l'étalon. On a établi les variétés suivantes des bornites et chalcosines dans les minerais disséminés (tableau I) :

TABLEAU I

Cuivre disséminé en sulfures	Variété suivant la couleur	Teneur en Cu, %	Teneur en Fe, %	Teneur en S, %
Bornite	Orange	56,5-59,5	12,0 -12,6	
	Rose	62,3-66,7	10,4	
Chalcosine	Gris-bleu	68,6-69,6	5,5 - 6,5	23,1-25,2
	Bleu clair	70,1-72,5	6,1 - 6,8	21,1-23,8
	Blanc	78,0-78,1	0,01- 0,19	20,6-21,1

Le fait de la variabilité de composition des sulfures dans les minerais disséminés s'accorde bien avec les règles de la formation des minéraux lors de la métasomatose diffuse et d'infiltration.

4. On a mis en évidence les règles de la répartition de certains éléments disséminés dans les minerais de Djezkazgan à valeur industrielle, en particulier l'argent et le rhénium.

La concentration de l'argent dans les minerais dépend de trois facteurs :

a) de la teneur en constituants principaux des minerais du gisement, principalement de la teneur en cuivre ;

b) de la situation des étages miniers (des gîtes) dans la coupe de la série de Djezkazgan ;

c) la concentration en argent des étages miniers et du gisement en général cuivre, le plomb, le zinc).

L'étude de ces facteurs a donné les constatations suivantes :

a) la présence d'une corrélation directe entre les concentrations en cuivre et en argent, dans les frontières de chaque gîte, et, dans le cadre de ce dernier, entre les concentrations de chaque type minéral de minerais ;

b) la teneur en argent des gîtes de minerais de la sous-série intermédiaire est trois et deux fois plus grande respectivement que celle des gîtes des sous-séries inférieure et supérieure, la teneur moyenne en cuivre ne variant que très faiblement ;

c) la concentration en argent des étages miniers et du gisement en général diminue dans la direction : chalcosine-bornite-chalcopyrite-galène-sphalérite.

Les régularités indiquées sont mises en évidence par l'analyse de la « teneur spécifique » en argent qui représente sa teneur en grammes par tonne, rapportée à un pourcent de teneur en cuivre des minerais cuprifères ou bien à un pourcent de la somme de teneurs en métaux principaux (cuivre, plomb et zinc) des minerais polymétalliques.

5. Le rhénium est mis en évidence dans tous les types minéraux de minerais du gisement.

Les valeurs moyennes des teneurs spécifiques en rhénium des minerais de toutes les classes sont établies dans tout le gisement en entier. On voit la présence

d'une corrélation directe entre les concentrations en rhénium et en constituants principaux des minerais (le cuivre, le plomb).

Une concentration maximale en rhénium a été notée dans les minerais polymétalliques.

6. Le levé des chantiers souterrains a montré que dans le gisement une minéralisation filonienne est largement développée. On a constaté que chaque étape de la déformation est caractérisée par une composition déterminée des remplissages filoniens qui n'est propre qu'à cette étape.

Les fissures du premier plissement, qui est antérieur à la minéralisation, contiennent principalement le quartz transparent, moins souvent la baryte. Les sulfures y sont absents. Dans le cas d'une déformation répétée, les filons de quartz et de baryte ont été détruits ou ouverts le long des parois des fissures où se sont déposés la calcite, les minéraux métallifères et, dans une échelle moins grande, le quartz, la baryte avec les sulfures de cuivre, de plomb et de zinc. La minéralisation a eu lieu simultanément avec cette deuxième étape. Les accidents de la troisième étape, qui est postérieure à la minéralisation, sont remplis principalement de baryte, plus rarement de calcite et de quartz sans sulfures. Dans les minerais riches, les déformations qui ont eu lieu après la minéralisation ne sont généralement remplies que de baryte ou de calcite. Ceci donne des indications sur l'apport des matériaux filoniens de l'extérieur, au cours de chaque impulsion tectonique.

Pendant l'étape contemporaine de la minéralisation, les sulfures de cuivre le long des fissures ou des zones fissurées s'ajoutent souvent à d'autres sulfures de cuivre de minerai disséminé et les filons de galène recourent les minerais de cuivre disséminés. Il arrive bien souvent que dans le même chantier, les fissures d'âge et de systèmes différents sont remplies de sulfures tout à fait différents.

7. Les textures des minerais sont nettement déterminées par les structures sédimentaires des roches encaissantes. Dans des grès homogènes et massifs, la minéralisation est représentée par une dissémination régulière des sulfures, dont la concentration augmente brusquement près des salbandes des fissures. Dans des grès à grains fins et des argilites, une minéralisation médiocre se manifeste parfois avec une texture rubanée. Dans ces roches, la minéralisation ne se développe que dans des lits à gros grains, et les lits à grains fins situés entre eux, restent stériles. La straticulation des minerais est souvent formée par les microfissures à l'intérieur et entre les lits. Lors d'une stratification oblique, la minéralisation dans les grès a une structure à stratification oblique, en se rattachant dans ce cas encore à des lits à gros grains.

De tels métasomatose et remplissage sélectifs de substance minérale des petits lits et des microfissures à stratification intérieure favorables à la minéralisation, autrement dit la répétition des microstructures « primaires » des roches sédimentaires, donnent généralement une indication sur l'accumulation syngénétique litée des minéraux.

8. Les études de la lithologie et des faciès ont permis de relever dans la sous-série de Djezkazgan dix-sept faciès, réunis en complexes : marin, lagunaire-deltaïque et continental. Ces derniers temps, les chercheurs lithologues sont d'avis que la minéralisation est sous le contrôle rigoureux des faciès.

Pourtant, sur la coupe de la série de Djezkazgan, tous les types faciaux de minerais sont métallifères, excepté les formations argileuses continentales rouges. Sur une surface limitée, vingt-sept étages miniers sont isolés l'un de l'autre par vingt-six couches de schistes rouges stériles. Les puissances cumulées des roches

grises minéralisées et rouges stériles sont à peu près dans le rapport 1 à 1, dans le champ minier.

Les roches grises du gisement sont composées de grès, de conglomérats, plus rarement d'argilites, d'aleurolites. Dans la partie moyenne de la sous-série inférieure, il y a une couche de calcaire siliceux qui est un horizon repère sur toute la superficie de l'anticlinal de Djezkazgan. Une seule couche peu puissante de grès à reliquats végétaux abondants gît à la base de l'assise métallifère et est visible même dans des structures adjacentes où elle est toujours régulière. La même extension sur toute la superficie est propre aux conglomérats qui composent entièrement la sous-série intermédiaire.

Toutes ces variétés de roches ne sont métallifères que dans un contour très étroit sur le plan déterminé par le contour des structures plissées et à failles qui localisent la minéralisation. Au-dehors du champ minier, les grès, les conglomérats de même que la couche de grès à reliquats organiques sont privés d'indices de minerai. Or, les régions de la dégradation pour la formation de ces roches (le grès, le conglomérat, le calcaire, le grès à reliquats organiques abondants) ont incontestablement été des différents secteurs du continent qui se sont soulevés après chaque étape tectonique.

9. A Djezkazgan, comme dans la partie ouest de Kazakhstan central en général, les gisements stratiformes de cuivre et de polymétaux ne sont connus que dans des formations carbonato-terrigenes perméables du Paléozoïque moyen et supérieur, c'est-à-dire dans les limites de l'étage structural supérieur où les roches n'ont presque pas été soumises au dynamométamorphisme. Dans les limites de la coupe de l'étage structural inférieur qui est composé de sédiments métamorphisés terrigenes puissants, on n'a pas encore mis en évidence un seul indice de minéralisation en couche. Il est connu que, dans le Paléozoïque inférieur, la région a subi une étape géosynclinale très accusée de développement géotectonique et qu'ensuite elle a vu un dynamométamorphisme régional répété. Dans ces assises puissantes profondément métamorphisées, on ne voit se manifester que les filons les plus anciens de quartz et de quartz-baryte à minéralisation en cuivre, liés en partie avec les cycles tectono-magmatiques calédoniens et principalement hercyniens.

Dans toute l'assise cambro-silurienne à puissance totale égale environ à 6 500 m, on ne trouve que des couches isolées de formations vanadifère, phosphoritique, manganésifère ou ferrifère.

10. L'absence de produits provenant des processus magmatique et hydrothermal, dans des gîtes stratiformes, se présente comme un des principaux arguments pour les rapporter à des formations syngénétiques à sédiments. Pourtant, dans les limites de la bande métallifère du Kazakhstan central, les dépôts carbonato-terrigenes du Dévonien et du Carbonifère inférieur sont bien souvent transpercés par des dykes de granit, d'aprites et de porphyrites et des filons quartzo-feldspathiques se manifestent, dans certains nœuds de minerai. Dans certains chantiers souterrains du Djezkazgan, on a noté des filons de quartz assez puissants (20 à 30 cm) à sulfures de cuivre, de plomb et de zinc, dans les salbandes desquels les grès sont sujets à une quartzification intense, sur 30 à 50 cm à partir des parois. Dans ces filons, on a mis en évidence des bulles de gaz et de liquides et on a démontré une température élevée pour la minéralisation sulfurée : 200-220 °C.

Sur la genèse du gisement de Djezkazgan et d'autres gisements de cuivre du même type du Kazakhstan, les géologues de l'Union Soviétique ont deux opinions contradictoires : la genèse sédimentaire-syngénétique et téléthermal-métasomatique.

En redonnant une valeur prédominante dans la formation des minerais aux facteurs lithologico-faciaux stratigraphiques, aux particularités de sédimentogénèse et aux reliquats organiques, ces derniers temps, les partisans de l'hypothèse syngénétique attribuent le rôle principal aux stades diagénétique et catagénétique de la transformation des sédiments dans la concentration des sulfures. En même temps, les géologues relient la formation des corps de minerai sécants à la redéposition des constituants de minerai initialement syngénétiques par les eaux des pores, dans des endroits favorables.

Dans ce qui précède, nous nous sommes brièvement arrêtés sur les régularités principales de la répartition et de la formation des gîtes stratiformes de cuivre dans la bande minière cuprifère et polymétallique et, en plus de détails, sur les particularités géologiques du gisement de Djezkazgan, qui est représentatif de tels gîtes. Toutes ces règles régionales et locales propres aux nœuds de minerai, ensemble avec les détails de la structure intérieure des gîtes, ne laissent à présent aucun doute que les nœuds de minerai principaux de la bande cuprifère résultent de l'apport de la substance minérale dans des nœuds tectoniques, par les solutions métallifères. Nous y apercevons un certain rapprochement des deux versions opposées dans le problème du mécanisme de formation des corps minéralisés, à savoir : le dépôt de la substance minérale par des « solutions hydrothermales » ou par des « eaux des pores », dans des endroits « favorables ». A présent, le problème consiste en ce qui suit : quelles solutions et de quelle origine ont formé ces indices de minerai — téléthermales ou vadoses ? Il est connu que les solutions téléthermales se distinguent très peu des solutions vadoses par leurs particularités thermodynamiques, leurs propriétés chimiques et le caractère de leur circulation. Pourtant, plusieurs facteurs nouvellement établis tels que la zonalité régionale nettement exprimée, la répartition en bande-nœud des concentrations minérales ainsi que certains indices des produits des processus endogènes dans les nœuds de minerai, permettent de rapporter la partie importante de nœuds de minerai du Kazakhstan central et précisément le gisement de Djezkazgan, aux formations téléthermales.

Sur la coupe des dépôts du Paléozoïque moyen et supérieur, les indices sédimentaires-syngénétiques de minerai de cuivre correspondent à des pauses dans le processus de la formation des sédiments et sont localisés principalement parmi les sédiments à grains fins et les grès enrichis par des reliquats organiques. Sur la coupe du Paléozoïque supérieur, on note trois couches minces où le cuivre s'est accumulé par sédimentation. Elles se sont formées après chaque impulsion tectonique.

Ces couches d'épaisseur insignifiante (quelques centimètres) ne sont pas étendues (quelques dizaines de mètres). La répartition des indices de minerai syngénétiques est déterminée non pas par des structures tectoniques, mais par la situation des rives paléozoïques d'un vaste bassin carbonifère et de petits bassins circulaires superimposés qui sont apparus au Permien.

Bibliographie

- AROUSTAMOV, A. A., ESSÉNOV, Ch. E., PARCHINE, G. B. et CHTIFANOV, V. I. (1969). — Grès cuivreux de Djezkazgan du Nord. *Nauka*, Alma-Ata.
- BOGDANOV, Y. V. (1973). — Gisements stratifiés de cuivre de l'U.R.S.S. *Nedra*, Léninegrad.
- ESSÉNOV, Ch. E., SEIFOUILLINE, S. Ch. et NOURALINE, N. N. (1959). — *Sur le contrôle facial de la minéralisation dans le gisement de Djezkazgan*. Editions de l'Académie des Sciences de la R.S.S. de Kazakhie, série géologique, fasc. 2.

- KAYOUPOV, A. K. et SEIFOULLINE, S. Ch. (1959). — *Certaines régularités de la manifestation des indices du minerai à Djezkazgan*. Editions de l'Académie des Sciences de la R.S.S. de Kazaquie, série géologique, fasc. 2.
- NOURALINE, N. N., SAFARGALIEV, G. S., SEIFOULLINE, S. Ch., CHVEDKO, V. K. et CHTIFANOV, V. I. (1964). — Encore une fois sur la genèse du gisement de Djezkazgan. *La géologie des gisements de minerai*, n° 1.
- SATPAEV, K. I. (1967). — Travaux choisis. La région de minéralisation en cuivre du Djezkazgan. *Nauka*, Alma-Ata.
- SATPAEV, K. I. (1961). — Eléments principaux de la géologie et de la métallogénie de la région de Djezkazgan-Ouloutaou. *Le Grand Djezkazgan*, Alma-Ata.
- SATPAEVA, T. A. (1958). — *Particularités minéralogiques des gisements du type de grès cuivreux*. Alma-Ata, Editions de l'Académie des Sciences de la R.S.S. de Kazaquie.
- SEIFOULLINE, S. Ch. et NOURALINE, N. N. (1964). — Conditions géologo-structurales de la formation du gisement de Djezkazgan. *Nauka*, Alma-Ata.
- TAJIBAYEVA, P. T. (1963). — Etudes lithologo-pétrographiques des suites de Djezkazgan en rapport du problème de la genèse des minerais du gisement de Djezkazgan. *Nauka*, Alma-Ata.
- CHOUTOV, V. D. et DROUJINE, M. P. (1963). — Sur le contrôle lithologo-facial de la répartition de la minéralisation en cuivre à Djezkazgan. *Lithologie et minéraux utiles*, n° 3.