

LES MINÉRALISATIONS PLOMBO-ZINCIFÈRES DE LA PROVINCE MÉTALLIFÈRE DU ZAMANTI (SECTEUR NORD)

L. IMREH

Minéral Research and Exploration Institute of Turkey

INTRODUCTION

La région étudiée se situe environ à 25 km au Sud de Develi et forme une large bande de 110 km² orientée en direction ENE-WSW sur les deux rives du Zamanti (Fig. 1). Elle représente la partie septentrionale d'une vaste province métallifère de 550 km² environ, minéralisée en plomb et en zinc. L'activité minière, guidée par les anciens travaux romains, n'a repris qu'au cours des dernières décennies à Kaleköymaden, dans le secteur de Denizovası - Süleymanfakılı, à Çakılıpınar, à Havadan, à Küçükblebici et, plus au Sud, à Delikaya Ocak et à Suçatı Ocak.

L'intensification de l'exploitation a fait sentir, ces dernières années, la nécessité de l'investigation géologique et minière, jusqu'alors réservée à d'autres régions. C'est ainsi que le M.T.A. a commencé ses études méthodiques, en 1963, à Kaleköymaden. Dès 1964, nous avons trouvé indispensable de remettre dans leur contexte géologique les minéralisations plombo-zincifères de „la province du Zamanti. En effet, s'il y a des différences entre les gisements connus, les traits communs restent dominants. Il s'agissait de trouver les liens fonctionnels entre les minéralisations situées loin les unes des autres et de déterminer la «région-dé» dont l'étude détaillée fournira toutes les données géologiques et minières indispensables à l'analyse et à la synthèse.

C'est ainsi qu'après avoir étudié en détail la mine de Kaleköy et visité toutes les minéralisations de la province du Zamanti, notre choix fut porté sur la région de Denizovası-Süleymanfakılı.

Nous avons profité également de nos courtes missions, effectuées en d'autres régions plombo-zincifères du Taurus, ainsi que de multiples échanges de vue avec M. G. v.d. Kaaden, à qui nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance.

I. LE CADRE GÉOLOGIQUE

Les premiers contreforts du flanc NW du Taurus émergent du plateau, volcanique pliocène de Develi, dans la région étudiée. La succession lithostratigraphique, les phénomènes paléogéographiques et les diverses phases tectoniques sont ici bien observables, grâce à une géomorphologie rajeunie et aux travaux miniers actuels (Planche I).

1. STRATIGRAPHIE

Les anciennes cartes de la région, établies à l'échelle de 1:100 000, sont d'une utilité restreinte pour la compréhension des problèmes stratigraphiques. Le levé au 1:25000, orienté principalement vers les problèmes de la recherche minière, a donc dû combler également cette lacune.

Etant donné que les changements lithologiques verticaux d'une portée régionale ne sont généralement pas accompagnés de changements caractéristiques de la faune, la méthode lithostratigraphique s'adapte mieux aux conditions d'évolution du bassin.

La stratigraphie, ainsi établie, s'inscrit dans le cadre suivant :

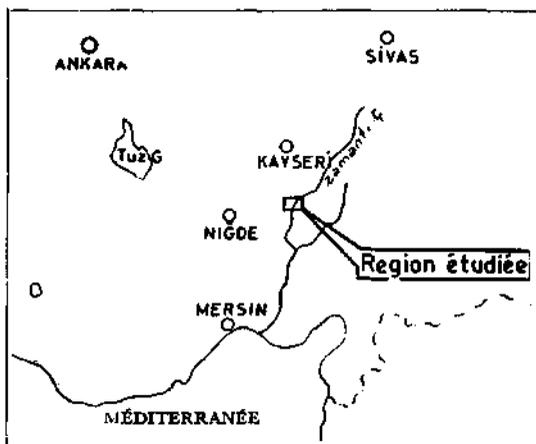


Fig. 1 - Situation géographique de la région étudiée.

Complexe volcanique de composition andésitique, plus rarement basaltique, à nombreux épisodes volcano-détritiques (*Pliocène*).

Sédiments lacustres isolés, d'extension très réduite, comblant les dépressions de la paléosurface; 0-15 m (*Néogène*).

.....Discordance.....

Calcaire massif, blanc, gris clair, parfois un peu lité, en bancs épais; environ 200 m (*Crétacé Supérieur*).

.....Discordance.....

Sédiments volcano-détritiques (grauwackes et tufites); 50-100 m (*Crétacé Inférieur ?*).

.....Discordance.....

Calcaire gris foncé, noirâtre, souvent bitumineux, assez bien lité, dans les premières quelques centaines mètres, à gastropodes rares, indéterminables; environ 1300 m (*Permien Supérieur ou Permo-Trias*).

Calcaire gris, souvent oolithique, bancs à fusulines et à coraux; 150-200 m (*Permien Moyen*).

Série calcaire à plusieurs horizons quartzitiques ou schisteux. Intercalations schisteuses, allant souvent de quelques centimètres à quelques mètres, entre les bancs de calcaire. Brachiopodes, coraux; 2 300-2 500 m [*Permo-Carbonifère indifférencié* (à partir du Viséen)].

Alternance calcaire gris-schiste, particulièrement riche en coraux (*Dévonien Supérieur*).

Description succincte des séries

a. *Alternance calcaire gris-schiste* (Dévonien Supérieur) .—Pincée tectoniquement entre les termes de la série permo-carbonifère dans la région de Küçükblebici, se trouve une écaille, peu puissante, de Dévonien Supérieur, composée de calcaires et de schistes en alternance régulière et à rythmicité moyenne. Sa position tectonique empêche l'étude des termes de transition vers le Per-mo-Carbonifère.

b- Série calcaire à horizons quartzeux (Permo-Carbonifère indifférencié).— Cette puissante série, occupant la partie occidentale de la région considérée, est composée essentiellement de calcaire gris foncé, noirâtre, bien lité, en bancs de quelques décimètres. A sa base (Viséen), les horizons quartzitiques et schisteux sont d'une épaisseur considérable (50-150 m) surtout dans la région de Taşhan. En allant vers le Nord, ils perdent progressivement de leur importance.

Néanmoins, en montant dans la série, la dualité de l'origine des sédiments et le fractionnement net des phases, restent l'un des traits les plus caractéristiques. En effet, les termes de mélange (comme marne, calcaire gréseux, grès calcaire, etc.) font défaut. Le caractère de la sédimentation n'a subi aucun changement au cours de l'époque considérée, ce qui souligne la stabilité du dépôt dont le comblement et l'enfoncement ont gardé le même équilibre.

L'apport terrigène devient cependant moins régulier dans la partie supérieure de la série, où les lentilles de quartzite et de schiste remplacent les récurrences régionales. La discontinuité et l'affaiblissement de la sédimentation détritique correspondent à l'accroissement et à l'intensification de l'activité biochimique, organique. Les bancs à fusulines prennent de l'importance et annoncent le léger changement qui justifie la séparation de l'horizon suivant.

c. Calcaire gris souvent oolithique, bancs à fusulines et à coraux (Permien Moyen).— Malgré sa faible puissance, cet horizon mérite d'être séparé de la série précédente en raison de la disparition quasi-totale de l'apport terrigène. Les bancs à fusulines et les calcaires oolithiques dominent la sédimentation et les calcaires d'origine physico-chimique perdent leur importance.

Cet horizon très caractéristique laisse cependant à désirer au point de vue de la continuité latérale. Ceci ne diminue pas son importance stratigraphique locale car il représente le dernier niveau riche en fossiles.

d. Calcaire gris, peu fossilifère à sa base (Permien Supérieur ou Permo-Trias). — La coupure qui s'impose, pour séparer cette série des précédentes, repose essentiellement sur des faits négatifs : l'absence des épisodes quartzitiques-schisteux et la quasi-absence des fossiles. Le changement des conditions de sédimentation se traduit, outre l'absence de l'apport terrigène, par la diminution de la netteté du litage. L'aspect du calcaire est massif, surtout à la base; en montant dans la série, la stratification s'exprime de plus en plus.

Les fossiles deviennent rares, sinon inexistantes. Le nombre des espèces se réduit à un seul gastropode très mal conservé. Même celui-ci ne se trouve qu'à la base de la série, d'où l'incertitude de la classification stratigraphique. En tout état de cause, la limite lithostratigraphique est de portée régionale et correspond au changement survenu dans l'évolution du bassin. L'absence des récurrences et des épisodes clastiques, ainsi que celle des organismes, dénotent l'éloignement du dépôt par rapport au continent.

A l'Est de la région étudiée, R. Vaché (14) a mentionné la présence de calcaire triassique; sa classification repose sur deux constatations, à savoir: continuité de la sédimentation permienne sans aucune discordance et changement lithologique (l'épaississement des bancs, diminution de la netteté du litage). Faute de fossiles, l'âge de cette formation n'est pas déterminé et, à notre avis, elle pourrait être rattachée à la série permo-triassique ici décrite.

e- *Sédiments volcano-détritiques* (Crétacé Inférieur?). — Nous ne le trouvons qu'en un seul endroit, sur la rive gauche du Zamanti. Il s'agit de sédiments volcano-détritiques, tuffites et grauwackes polymixtes, alternant avec de minces horizons d'argilite rouge. Cette série est pincée entre le Permo-Trias et un lambeau du Crétacé Supérieur.

En raison de certaines analogies, on peut lui attribuer un âge crétacé inférieur.

f. *Calcaire massif blanc* (Crétacé Supérieur). — Sur la rive gauche du Zamanti, formant une bande orientée en direction ENE-WSW, se trouvent aussi des calcaires blancs, très peu lités, à texture parfois saccharoïde, du Crétacé Supérieur. Ils reposent en discordance, d'une part, sur la série volcano-détritique, d'autre part, directement sur le Permo-Trias. Les fossiles y sont particulièrement rares, sinon inexistants. R. Vaché (14) a trouvé dans cette formation quelques débris d'Hippurites mal conservés, ce qui a permis de lui attribuer un âge crétacé supérieur.

g. *Sédiments lacustres* (Néogène). — Dans les travaux miniers de Denizovasi, nous avons rencontré des formations lacustres bien litées, de composition argileuse, intercalées avec de minces couches formées uniquement de débris, peu ou pas remaniés, du terrain permo-carbonifère. Cette formation repose directement sur le Paléozoïque et semble avoir formé quelques petites cuvettes isolées, des remplissages épousant les dépressions de la paléosurface. Son intérêt réside dans la datation de la dernière karstification intense, car elle remplit quelques cavités karstiques. Nous allons voir plus loin que cette observation permet de préciser également l'âge de certains phénomènes géologiques.

L'absence des fossiles ne permet pas de déterminer l'âge des cuvettes. C'est le cadre régional (dépassant les limites de la région étudiée et surtout sa position par rapport aux sédiments de la base du volcanisme récent) qui a permis d'éclaircir sa position stratigraphique.

h- *Complexe volcanique* (Pliocène). — Le complexe volcanique de composition andésitique, plus rarement basaltique, à nombreux épisodes volcano-détritiques, encercle, par l'Ouest et le Nord, la région étudiée. Etant donné que la minéralisation plombo-zincifère n'a aucun rapport avec ce volcanisme et que son étude régionale sur le plateau d'Anatolie fait l'objet de travaux spéciaux, nous nous abstenons de sa description.

2. TECTONIQUE

L'éloignement du socle et la puissance des sédiments du bassin paléo-mésozoïque déterminent l'allure générale de la tectonique. Elle est celle d'une «couverture» caractérisée dans sa première phase par des plissements à large rayon de courbure et dans sa deuxième phase par des fracturations, et des failles d'ampleurs diverses. Les mouvements épirogènes sont liés étroitement aux phases orogènes et leur séparation ne s'impose pas (Fig. 2).

Nous commencerons par la description des diverses phases en ordre chronologique:

a- *Première phase de plissements* (Cimmérienne ancienne et Néocimmérienne, probables).—Au chapitre précédent, nous avons attiré l'attention sur la lacune qui sépare les formations triassiques et crétacées, marquant le premier grand changement survenu au cours de l'évolution du bassin paléo-mésozoïque. L'émersion régionale a eu lieu après

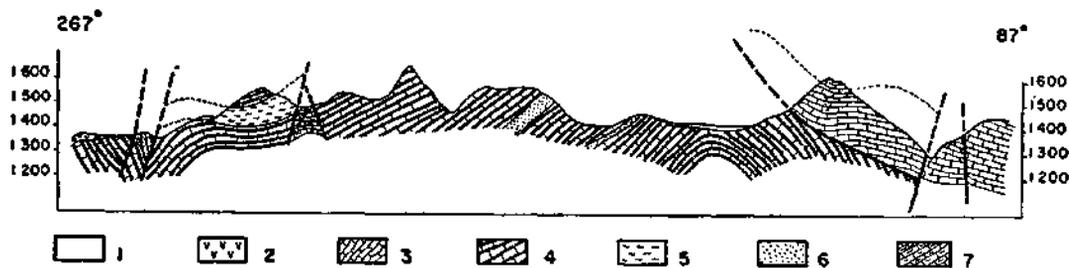


Fig. 2 - Coupe géologique.

1 - Alluvion; 2 - Complexe volcanique (Pliocène); 3 - Calcaire gris foncé lité (Permo-Trias); 4 - Calcaire foncée Série d'alternance (Permo-Carbonifère); 5 - Schiste Série d'alternance (Permo-Carbonifère); 6 - Quartzite Série d'alternance (Permo-Carbonifère); 7 - Alternance calcaire-schiste (Devonien Supérieur).

le Trias et la sédimentation n'a repris que sporadiquement avec les termes de grauwackes et de tuffites du Crétacé Inférieur. Le seul témoin fortement tectonisé de cette sous-phase se trouve sur la rive gauche du Zamanti, en position discordante entre la série permotriassique et un lambeau du Crétacé Supérieur.

La position des formations analogues ou semblables au Sud du secteur étudié laisse à supposer qu'il s'agit d'une immersion partielle au long d'un sillon orienté, en gros, en direction NE-SW, donc parallèle à l'axe structural observable. Le mouvement orogène, provoquant l'enfoncement et les épanchements sous-marins accompagnés d'épisodes volcano-détritiques, semble être de plus en plus ancien vers le SW.

Aussi pouvons-nous admettre que les principaux traits structuraux de la région ont été déjà amorcés dès le début de cette phase. L'axe de l'anticlinal naissant est orienté en direction NE-SW et plonge de plus en plus vers le NE. Son flanc occidental montre une image structurale plus régulière que son flanc oriental, où certains gauchissements ont modifié la symétrie primitive.

L'étalement dans le temps des phases tectoniques, mentionné ci-dessus, cadre bien avec l'idée de G.v.d. Kaaden¹ qui souligne que les paroxysmes de l'activité volcanique sous-marine sont nettement répartis dans le temps (donc, il n'y a pas une seule phase de spilisation) et par voie de conséquence cela lui paraît également vrai pour les phases tectoniques du Taurus. Cette observation fort intéressante explique les difficultés actuelles connues en matière de corrélation des phases orogéniques pour l'ensemble du Taurus.

Aussi l'âge que nous attribuons à la formation volcano-détritique n'est pas en contradiction avec les diverses observations effectuées sur d'autres unités du Taurus où les spilites sont d'âge jurassique (région de Karaman p. ex.)

Le recommencement de la sédimentation au cours du Crétacé Supérieur peut être considéré comme la généralisation de l'immersion vers le Nord. En effet, au Sud de la région étudiée, sur le flanc occidental de la chaîne orogénique, les formations jurassiques sont également présentes.

Sur le plan tectonique, en raison des considérations exposées ci-dessus, nous ne séparons pas les calcaires du Crétacé Supérieur des formations volcano-détritiques sous-jacentes.

b. Deuxième phase de plissements (Alpin moyen ancien). — A partir du Crétacé Supérieur jusqu'au Néogène, la région étudiée a connu une longue période d'émergence. Les traits principaux de l'anticlinal, amorcés dès la première phase de plissements, se sont précisés et les structures locales se sont largement développées.

Selon leur plasticité, les diverses formations ont réagi différemment aux poussées orogéniques successives.

Dans les formations permo-carbonifères, en raison des intercalations schisteuses, on observe de nombreuses formes de plissements locaux, greffés sur le pli principal. La décomposition locale des vecteurs de la force orogénique a même provoqué quelques petits charriages et plis-failles. Sur la Photo 1, nous donnons un exemple typique de ces phénomènes. En général, les intercalations quartzitiques, conformément à leur rigidité accentuée, ne reflètent que rarement les phénomènes tectoniques locaux; à leur limite, les plissements deviennent disharmoniques.

La série permo-triassique se comporte d'une manière plus rigide que la série sous-jacente. En effet, les plissements locaux, les plis-failles, etc., y font défaut. Par contre on y dénote la présence de nombreuses ondulations à large rayon de courbure.

Les calcaires du Crétacé Supérieur ne reflètent que l'effet de la tectonique générale sans formes locales. Il est intéressant de remarquer que l'intensité et le nombre des phénomènes tectoniques locaux décroissent en montant dans l'échelle stratigraphique et les formes deviennent de plus en plus simples. Ceci s'explique par la différence de plasticité évoquée plus haut et aussi par les facteurs suivants:

D'abord, le facteur temps. Etant donné que la première phase de plissements au cours de laquelle l'anticlinal s'est amorcée remonte au pré-Crétacé, il est à admettre que les formations plus anciennes ont subi l'influence de l'orogénèse, durant une période beaucoup plus longue que les calcaires crétacés. Ensuite, enfouis sous une épaisseur de sédiments plus considérable, ce qui implique l'augmentation progressive de la pression, les termes les plus anciens ont réagi plus souplement aux poussées orogéniques. Finalement, tenant compte du gauchissement observé, on peut supposer que le flanc oriental de l'anticlinal a été influencé par d'autres unités structurales situées plus au Sud et à l'Est (p.e. structure de Kaleköy), ce qui a atténué l'intensité des forces locales et provoqué le gauchissement.

Avec cette phase, l'histoire de la tectonique plissante se termine dans la région. Les grandes unités structurales ayant atteint leur forme définitive, les manifestations orogéniques ultérieures ont déjà agi en milieu rigide et n'ont provoqué que des cassures dont le caractère sera examiné ci-dessous.

c- Phase de la tectonique cassante (Alpin moyen récent). — La datation de cette phase dont l'importance métallogénétique va ressortir au cours des chapitres suivants, n'est pas aisée. Seules, les trois observations suivantes, d'ordre générale, permettent de serrer le problème :

— La fracturation a affecté l'anticlinal, une fois celui-ci entièrement formé.

— Les failles observées dans la série paléo-mésozoïque n'affectent pas le complexe volcanique récent.

— Les formations néogènes lacustres remplissent souvent les cavités karstiques, développées au long des cassures de cette phase.

Il en résulte qu'elle doit se situer dans l'oïogénèse alpine moyenne, représentant ses manifestations les plus jeunes.

L'analyse des failles montre, en outre, que les diverses directions tectoniques ne sont pas du même âge; ceci correspond à l'étalement des mouvements dans le temps à l'intérieur du cadre de la phase considérée. Notons que certains accidents locaux ont rejoué, même après le Néogène, d'une manière très sporadique.

Nous abordons en ordre chronologique l'étude des divers systèmes de failles en leur attribuant la valeur de sous-phases :

a) Sous-phase de fracturations

Les accidents appartenant à cette sous-phase sont orientés en direction ENE-WSW, NE-SW. Les directions 70-250°, 60-240° sont de loin les plus répandues. Leurs traits caractéristiques sont les suivants :

Les fractures forment en général des zones tectonisées de plusieurs km de longueur, comme on le voit p.e. dans la région des mines de Denizovaşı. A l'intérieur de ces zones, le nombre des fractures est impressionnant mais leur longueur individuelle est relativement faible. Les rejets provoqués sont faibles, sinon inexistants. En raison de ces traits, nous utilisons plutôt le terme «facturation», qui correspond davantage à ce genre de tectonique que la dénomination «zone faillée».²

Hors de la zone de fracturations, cette sous-phase est relativement peu représentée. Nous la retrouvons surtout dans les autres exploitations, telles que Çakılıpınar, les anciennes mines de la région de Havadan, etc.

C'est l'ampleur de cette sous-phase qui est le facteur le plus important de la minéralisation, d'où l'intérêt de sa reconnaissance détaillée.

b) Sous-phase des failles WNW-ESE

Elle est caractérisée par de longues failles isolées, souvent à grand rejet. Comme la sous-phase précédente, ses représentants sont plus nombreux sur le flanc occidental que sur le flanc oriental de l'anticlinal. On les observe particulièrement bien dans la région des mines et au Sud de Süleymanfakılı où leur longueur individuelle dépasse plusieurs kilomètres.

Les failles de ce groupe coupent les fracturations de direction ENE-WSW de la sous-phase précédente. La direction la plus fréquente est celle de 105°.³

La relation de ces failles avec la minéralisation sera étudiée plus tard.

g) Sous phase des failles du Zamanti

Coupant toutes les autres directions tectoniques précédemment mentionnées, les failles du Zamanti de direction NNE-SSW, N-S forment un faisceau serré passant par la vallée très encaissée du Zamanti. Plus vers le Sud, le faisceau se scinde en deux et

en changeant légèrement de direction, sa virgation occidentale passe sous la plaine Süleymanfakılı-Taşhan,

L'intensité de cette sous-phase s'exprime aussi bien qualitativement que quantitativement. D'abord, l'anticlinal principal est disloqué sensiblement au long de son axe, de telle manière que son flanc oriental se trouve abaissé par rapport au flanc occidental. D'où la composition stratigraphique différente des deux parties. Ensuite, la vallée du Zamanti est entièrement hachurée sur plusieurs centaines de mètres de largeur, provoquant l'effacement partiel des structures préexistantes (Photo 2).

Il semble que les rejets s'accroissent de plus en plus vers le Sud : les différences stratigraphiques vont en s'accroissant.

Certains phénomènes secondaires liés aux systèmes de cassures (karstification par excellence) laissent à supposer que les failles de cette sous-phase représentent une période tardive de la tectonique cassante, aussi sa séparation nette des précédentes sous-phases doit-elle être soulignée.

II. ETUDE DESCRIPTIVE DES MINÉRALISATIONS ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

1. APERÇU PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Pour comprendre l'évolution, la répartition et les particularités locales des minéralisations plombo-zincifères situées en terrain calcaire, il faut se rendre compte du rôle de divers facteurs paléogéographiques dont on ne voit actuellement que l'effet cumulé.

a- *L'évolution de la karstification* — Nous avons déjà signalé que la première émergence régionale se situe à la fin du Trias et, mises à part certaines interruptions d'ordre local (dépôts sporadiques de grauwackes et de tuffites), dure jusqu'au Crétacé Supérieur. Pendant cette époque, la karstification des terrains émergés fut déjà amorcée. En effet, le nombre et l'importance des cavités karstiques, formant souvent des véritables systèmes de grottes de plusieurs centaines de mètres de longueur (région de Havadan), sont nettement mieux exprimés dans les formations paléo-mésozoïques que dans les calcaires du Crétacé Supérieur. Les voies de pénétration, en raison de l'absence de systèmes de failles importants, ont été les plans de litage et les lithoclasses (dont les directions ont été, en majeure partie, reprises au cours de la tectonique cassante).

La deuxième période de karstification correspond à l'émergence post-crétacée. Son intensité de pénétration est en rapport direct avec l'ampleur et l'intensité des deux premières sous-phases de la tectonique cassante. Les terrains crétacés sont moins karstifiés que les formations sous-jacentes; cela s'explique, outre les raisons déjà données, par la localisation des accidents, de loin plus nombreux dans les formations paléo-mésozoïques que dans les calcaires crétacés.

Vu le caractère morphologique de la karstification, nous pouvons admettre que l'érosion chimique fut vigoureuse (15). L'abrasion récente a cependant effacé entièrement les vestiges du paléosol.

En ce qui concerne la profondeur du paléokarst, nous en sommes réduits à certaines hypothèses et seule une étude hydrogéologique poussée pourrait fournir la réponse désirée. En tout état de cause, il y a quelques observations qui, du point de vue minier, sont utiles :

Sur les falaises abruptes de la vallée très encaissée du Zamanti, on observe, en dessous de l'exploitation de Çakılınar (alt. 1530 m) et à l'Ouest des anciennes mines de Havadan (entre 1500 et 1700 m), des cavités karstiques descendant jusqu'à 1350 m (ici, le niveau du Zamanti est à 1260 m). Un peu plus au Sud, toujours sur la même rive du Zamanti, les résurgences d'Oluk Mahalle se trouvent à 1550 m, ce qui montre que le régime karstique actuel dans la région est considérée indépendant du paléokarst.

Dans la zone de fracturation de Denizovaşı, le même phénomène caractérise la relation du paléokarst avec le karst actuel. En tenant compte du fort développement de systèmes karstiques reconnus dans les mines, il faut admettre que celui-ci n'aurait pu se réaliser en la seule présence d'un circuit karstique ne dépassant pas la profondeur de pénétration actuelle.⁴

En raison des intercalations quartzitiques-schisteuses, le paléokarst de Denizovaşı a été probablement fractionné en plusieurs nappes superposées, ce qui rend encore plus difficile l'estimation de la profondeur de pénétration.

En résumé, les conclusions suivantes s'imposent :

La limite de karstification a dû connaître des fluctuations,

En raison de ces dernières, plusieurs niveaux de cémentation se seraient développés en séparant partiellement ou totalement les circuits des cycles karstiques successifs (4) qui ont été également, comme nous allons le voir plus loin, les pièges de la minéralisation secondaire.

6. *Quelques remarques concernant la paléophysiographie* — Deux cycles majeurs se distinguent au cours de l'histoire morphologique de la région considérée.

Le premier correspond à l'époque d'érosion pré-Pliocène, qui se termine avec le dépôt des formations lacustres du Néogène et le second à l'érosion post-Pliocène caractérisée par le déséquilibre morphologique actuel, lequel est lié au surcreusement du lit du Zamanti.

Au cours du premier cycle, l'érosion karstique tend à équilibrer de plus en plus le caractère morphologique du paysage. C'est ainsi que l'avant-pays de la chaîne montagneuse prend un aspect «mature» là où l'on observe actuellement des formations volcaniques récentes. En effet, le niveau de base de l'érosion s'est situé à cette époque considérablement plus haut qu'actuellement : les vestiges des dépôts lacustres du Néogène, épousant les paléodépressions, se trouvent entre 1500 et 1550 m d'altitude dans la région minière de Denizovaşı. La base du complexe volcanique récent est entre 1300 et 1550 m d'altitude dans les divers secteurs, reflétant ainsi les irrégularités locales de la paléosurface. Sa puissance ancienne, sur le flanc septentrional de la montagne, là où l'érosion a mis à nu le terrain paléo-mésozoïque, peut être reconstruite en tenant compte à la fois de la position de la falaise volcanique, cernant au Nord ledit terrain,

et de l'altitude des éboulis volcaniques trouvés dans les dépressions karstiques. Il en résulte que la région minière a été recouverte par les formations pliocènes, au moins jusqu'à la côte de 1600 m.

Cette constatation entraîne immédiatement les réflexions suivantes. Durant le cycle d'érosion, le niveau phréatique s'abaissait lentement et ne fut stabilisé qu'à l'époque des premiers dépôts lacustres à l'altitude déjà mentionnée. Le comblement s'est ensuite régionalisé dès le commencement de l'activité volcanique, provoquant la remontée de la surface phréatique fossile. Les variations de cette dernière ont déterminé en partie les déplacements verticaux de la zone d'oxydation en dépit des irrégularités hydrologiques liées au système karstique préexistant.

L'équilibre réalisé à cette époque fut détruit par la suite au cours du deuxième cycle d'érosion caractérisé par le creusement du lit du Zamanti sur la ligne tectonique N-S, NNE-SSW. Le niveau de référence hydrologique s'est abaissé brusquement à 1260 m d'altitude et les vallées préexistantes sont devenues suspendues. Il en résulte que la morphologie actuelle est en déséquilibre frappant et que le réseau hydrologique reflète une dualité prononcée. Cette dernière conduit au fractionnement de la nappe phréatique dont l'abaissement général est riche en anomalies locales.

2. LOCALISATION DES MINÉRALISATIONS

a. Localisation géographique— Le principal secteur minéralisé s'étend entre Denizovaşı et Süleymanfakılı sur une longueur totale de 2,2 km. Il comprend trois chantiers, composés chacun de plusieurs exploitations, souterraines ou à ciel ouvert. Les exploitations s'alignent en direction 60-240° sur plusieurs lignes tectoniques quasi-parallèles,

Au SW de Denizovaşı, dans la vallée de Küçükleblebici, se trouve une exploitation abandonnée depuis quelques années. Elle représente vers le SW la continuation du secteur de Denizovaşı.

Sur la rive gauche du Zamanti, surplombant la vallée encaissée de ce dernier, se situe la mine de Çakılıpınar, l'une des exploitations les plus actives. Située sur des failles NE-SW, son extension future est limitée par la vallée du Zamanti.

A l'Est de la route Taşhan-Süleymanfakılı, surplombant le Zamanti, est située une petite exploitation abandonnée, sans importance.

La région de Hayadan est particulièrement riche en anciennes exploitations abandonnées qui s'échelonnent sporadiquement sur 6 km de longueur en direction Est-Ouest à l'Ouest de Havadan et en direction NE-SW à l'Est de cette localité.

Malgré leur nombre élevé, elles ne représentent que peu d'intérêt en raison du contexte géologique de la minéralisation.

Au Sud d'Ayşepınar, se trouve une ancienne exploitation abandonnée et isolée dont l'importance, comme nous allons le voir plus loin, n'est que théorique.

b. Localisation géologique des minéralisations.— Les minéralisations étudiées de la région sont entièrement indépendantes de la position stratigraphique des formations encaissantes. Par contre, leur dépendance de la composition lithologique, de la tectonique et des phénomènes paléogéographiques est très prononcée.

Avant d'aborder la description des minéralisations principales et leur synthèse, il convient de les classer dans le contexte géologique régional.

La zone de fracturation de Denizovası-Süleymanfakılı et sa continuation vers le SW, se situent dans les termes supérieurs du Permo-Carbonifère. La direction tectonique principale est ENE-WSW. Les phénomènes karstiques ici présents ne diminuent pas le rôle des failles.

La minéralisation de Çakılıpınar est liée également aux failles ENE-WSW, le long desquelles la karstification s'est développée. L'âge du terrain encaissant est permo-triassique.

La minéralisation de Celâldağ est située sur une faille fortement karstifiée à direction WNW-ESE; la paragenèse est composée uniquement de produits secondaires. Le rôle de la karstification y est prépondérant. Le terrain affecté représente le niveau moyen du Permo-Carbonifère.

Les minéralisations de Taşhan sont situées à la base du Permo-Trias et liées aux failles WNW-ESE, karstifiées.

Les nombreuses minéralisations de la région de Havadan occupent des positions stratigraphiques différentes. De l'Ouest à l'Est, elles se trouvent dans les termes de plus en plus jeunes de la série permo-triassique. Situées sur des petites failles NE-SW, WNW ESE, elles dénotent une forte dépendance de phénomène karstique.

Au Sud d'Ayşepınar, on trouve une faible minéralisation dans le Crétacé Supérieur, sur une faille d'importance locale de direction N-S.

Toutes les minéralisations énumérés sont situées dans les calcaires.

3. BRÈVE DESCRIPTION DES MINÉRALISATIONS

a. Secteur de Denizovası-Süleymanfakılı. — Les mines sont localisées dans les calcaires à intercalations schisto-quartzitiques de la partie supérieure du Permo-Carbonifère. Le pendage des formations est orienté vers le NW avec une inclinaison générale de 15 à 35°. Les ondulations locales ne modifient que peu cette image.

Les accidents ENE-WSW (en particulier ceux de direction 65-245°) sont dominants et déterminent l'échelonnement des minéralisations. Selon la densité des failles, nous divisons le secteur en trois unités, séparées entre elles par des terrains moins tectonisés. La longueur du secteur actuellement exploité est de 2,2 km (en y ajoutant les fouilles et les mines, pour le moment abandonnées, à l'extrémité SW du secteur, nous obtenons une longueur totale de 2,5 km); sa largeur est de 500-600 m (figure 3).

Nous commencerons la description des unités en allant du Sud au Nord:

Groupe Ia

Répartie sur deux lignes principales de faille à directions 60-240° et 40-220°, l'exploitation du groupe Ia est la plus importante du secteur.

Sur la ligne de direction 40-220° on trouve quatre excavations en forme d'entonnoirs étirés à contours irréguliers de 4 à 15 m de profondeur. Leurs formes correspondent à celles des corps minéralisés déjà exploités dont les dimensions respectives (longueurs et largeurs maxima) sont les suivantes: 45 sur 25 m, 25 sur 10 m, 85 sur 20 m et 70 sur 13 m.

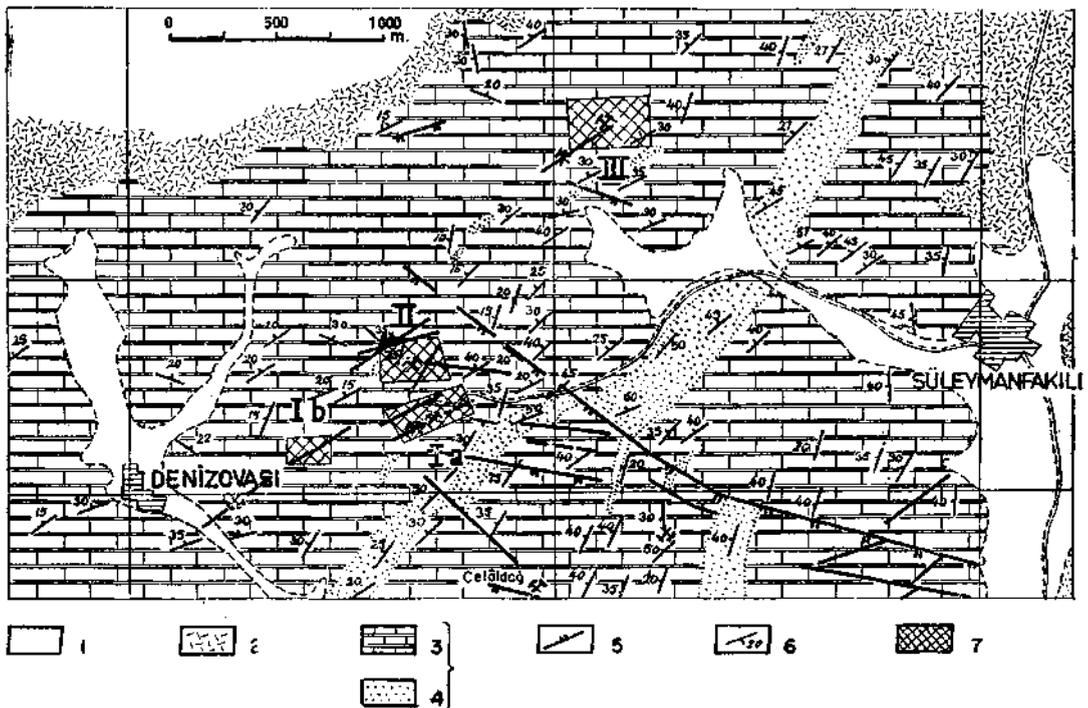


Fig. 3 - Carte géologique de secteur de Denizovasi.

1 Alluvion; 2 - Complexe volcanique (Pliocène); 3 - Calcaire Série calcaire à horizons quartzitiques ou schisteux (Permo-Carbonifère indifférencié); 4 - Quartzite Série calcaire, à horizons quartzitiques ou schisteux (Permo-Carbonifère indifférencié); 5 - Faille; 6 - Pendage; 7 - La Groupe de mines.

Il est particulièrement laborieux de reconstruire les traits caractéristiques des corps minéralisés exploités car les meilleurs matériaux ont été détruits au cours des anciennes exploitations. La partie périphérique des corps minéralisés fournit cependant assez de renseignements pour mener à bien cette investigation.

Tout d'abord, il est à remarquer que la composition minéralogique dépend fortement des facteurs morpho-tectoniques. L'ensemble de la minéralisation se situe à la base de la zone d'oxydation d'une extrême irrégularité où les composants majeurs sont les carbonates de zinc et de plomb. Leur séparation n'est pas complète; en général, la smithsonite est liée aux fractures WNW-ESE (en particulier à la direction 105°) tandis que la cérosite marque une préférence nette pour les fractures NE-SW. Sur ces dernières, noyées dans la masse limonitique à carbonates de plomb et de zinc, il y a, ici et là, quelques témoins de galène massive, alignés parallèlement à la faille.

Dans les fractures karstifiées, la concentration des produits secondaires est un phénomène très courant. Sur la Photo no. 4, nous donnons un exemple de cette forme d'enrichissement. Le faisceau de la fracturation principale, visible sur la photo, est également minéralisé. Les cavités karstiques sont souvent remplies de matériaux détritiques, peu transportés, de calcaire encaissant, englobés dans une masse limonitique minéralisée, par des produits secondaires (Photo 5). Quelques cavités karstiques contiennent également des remplissages stratoides (Einschwemmung) d'argile jaune et des matériaux calcaires détritiques peu transportés) A leur base, la minéralisation ci-dessus mentionnée peut être retrouvée. Ces remplissages stratoides sont des vestiges de la formation lacustre néogène:

Sur la ligne tectonique $60-240^\circ$, située environ à 100 m au NW de la précédente, le caractère de la minéralisation se prête à une étude plus poussée. Les trois excavations principales (10 sur 10 m, 20 sur 7 m et 25 sur 15 m) sont, à la surface, entièrement exploitées. En revanche, les travaux souterrains représentent une minéralisation riche. A la cote 1513 m, les petites galeries creusées le long des failles ont découvert des zones limôniques à cérusite et à smithsonite, de 0,6 à 1,7 m de puissance. Les phénomènes karstiques, greffés sur les accidents et pénétrant également sur le plan de litage, compliquent la géométrie locale. Dans le toit des formations minéralisées, les remplissages néogènes forment des petites poches irrégulières.

Dans l'excavation orientale, un puits de 17,80 m de profondeur fut récemment foncé. Les galeries creusées ont rencontré un corps, minéralisé essentiellement en galène, et allongé parallèlement à la faille principale de direction $60-240^\circ$ (reconnue déjà à la surface). Sa longueur est de 27 m et sa puissance reconnue varie entre 5 et 7 m. Vers le Nord, il est limité par des failles de direction $60\text{ SE }80^\circ$ et, vers l'Ouest, par une faille de $130\text{ NE }75^\circ$. Au niveau 1501 m, le toit du corps minéralisé est formé de matériaux de remplissage karstique qui le limitent également vers l'Est. On y remarque les signes caractéristiques du ravinement souterrain lié au régime karstique. Il est à remarquer que les voies karstiques y sont d'une irrégularité déconcertante; à la surface, rien ne permet de prédire leur emplacement ni leur importance en profondeur (Fig 4).

Group e Ib

Située environ à 200 m à l'Ouest du groupe Ia, il y a une ancienne exploitation épuisée, à ciel ouvert, formant une excavation de 110 m de longueur. Sa largeur est

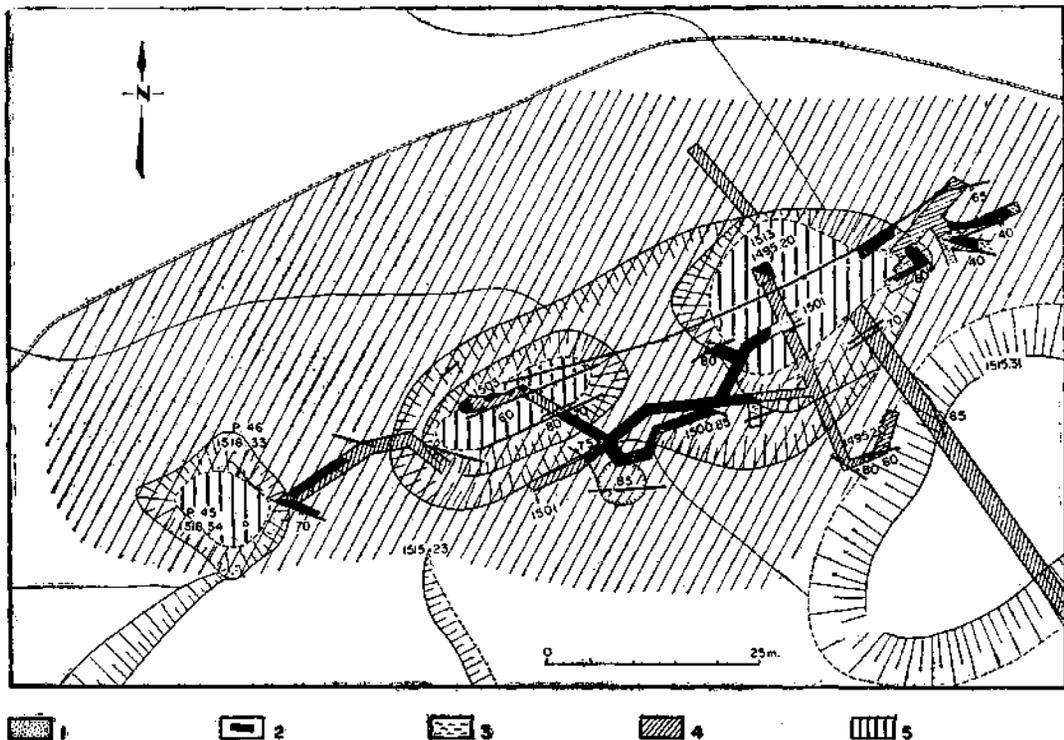


Fig. 4 - Secteur de Denizovasi, Groupe Ia (Partie Nord).

1 - Formations lacustres (Néogène); 2 - Corps minéralisés; 3 - «Argile de faille»; 4 - Calcaire lité (Permo-Carbonifère indifférencié); 5 - Corps minéralisés exploités.

sa profondeur diminuent de l'Ouest à l'Est. La première tombe de 15 à 4 m et la seconde devient, à partir du quarantième mètre, négligeable (1,50 m). La direction des anciens travaux correspond à celle de la faille ENE-WSW qui a formé son axe.

Les quelques résidus de minéralisation échappés à l'exploitation ne permettent pas de reconstituer l'image primitive. Cependant, on est en droit de supposer que la cérusite, encore présente, fut accompagnée de galène. Dans la seule galerie occidentale creusée dans le calcaire lité, on rencontre, près d'une faille de direction 50° , des nodules étirés de galène de 5 à 80 cm de longueur formant, d'une part, une traînée subconcordante à la stratification et, d'autre part, le remplissage d'une petite fracture qui se biseaute vers le haut. Le minerai est pratiquement inaltéré en dépit de la proximité d'un siphon karstique qui monte jusqu'à la surface le long d'une faille et qui était autrefois rempli de minerai secondaire. Il faut en conclure que les minéralisations primaires ou «hypogènes» diffuses, isolées des fractures majeures jouant le rôle du «drain», ont pu échapper (même en pleine zone d'oxydation) aux processus d'altération, grâce à l'irrégularité prononcée des circulations d'eau souterraine en milieu karstique.

Groupe II

Situés au Nord du groupe Ia, les chantiers de ce groupe ne présentent que peu d'intérêt minier. Les galeries qu'on y a effectués n'ont rencontré aucune minéralisation importante malgré la présence de nombreuses failles de direction NE-SW.

Sur le plan théorique, il y a pourtant un fait notable: la minéralisation en galène des quartzites sur les accidents. Ceci signifie que la minéralisation ne dépend que quantitativement de la composition lithologique du terrain encaissant. Cette dépendance est, par contre, très prononcée: l'enrichissement reste faible, d'aspect sporadique, dans les quartzites. Dans les formations calcaires avoisinantes, les quelques rares minéralisations plombifères ne sont composées que de produits secondaires (carbonates), liés aux irrégularités karstiques des failles. Ceci souligne que les nappes phréatiques fossiles ont agi beaucoup plus faiblement dans les quartzites que dans les calcaires.

Groupe III

Les caractères généraux de ce groupe rappellent, même dans leurs détails, ceux du groupe I. Représentant la forme des corps minéralisés déjà exploités, les excavations, allongées sur une seule ligne tectonique de direction NE-SW, sont de dimensions très variées (25 sur 15 m, 25 sur 10 m, 40 sur 18 m). Leur profondeur se situe entre 5 et 10 m.

La partie SW du groupe reflète particulièrement bien l'intensité de la fracturation où la première excavation et la galerie la reliant à la deuxième, se trouvent en leur quasi-totalité dans la zone faillée, argileuse, limonitique avec, des lambeaux de calcaire très broyé.

La minéralisation, comme au groupe I, est contrôlée aussi bien par les failles NE-SW que par les phénomènes karstiques développés selon toutes les directions tectoniques. L'irrégularité de la zone d'oxydation, se laisse étudier fort bien dans l'exploitation occidentale, où les veines massives de galène sont de toutes parts enrobées de produits secondaires limonitiques (cérusite en particulier). Ces derniers descendent bien au-dessous du minerai sulfuré et se répandent dans les cavités karstiques. Les formations argileuses limonitiques renferment la minéralisation d'une manière irrégulière. Les excavations orientales contiennent déjà beaucoup moins «d'argile de faille» limonitique que les

occidentales. Par contre, la karstification, à laquelle les poches minéralisées (encore non exploitées) sont liées, y est mieux exprimée.

Sur la faille principale, en un seul endroit, on observe que les «argiles de faille» sont ravinées par les formations néogènes.

b- Les anciennes exploitations de Küçükleblebici Dere. — Dans la continuation SW du secteur de Denizovası, sur le versant occidental de la vallée de Küçükleblebici Dere, se trouvent deux petites mines actuellement fermées.

Les observations effectuées à cet endroit sont malheureusement incomplètes car les puits sont désaffectés. L'enquête menée auprès des contremaîtres de la mine et les investigations poussées jusqu'aux niveaux accessibles, permettent néanmoins de dresser un tableau cohérent.

Dans la mine septentrionale, la minéralisation secondaire est liée aux cavités karstiques et aux failles de direction NE-SW, WNW-ESE. Au fond du puits, à 18 m de profondeur, on trouve de la blende, qui pourrait avoir formé des veines.

La seconde mine, située au Sud de la première, a été équipée d'un puits de 37 m de profondeur. Dans les ouvrages encore accessibles (galeries mi-éboulées), près de la surface, on constate deux directions tectoniques minéralisées, celle de 60-240° et celle de 105-285°. Sur la seconde, les carbonates (smithsonite et cérusite) remplissent largement les cavités karstiques. Selon le dire du contremaître de la mine, les niveaux inférieurs, actuellement non accessibles, seraient riches en veines de galène et surtout de blende, ce que l'examen du stock et du remblai semble confirmer. Le minerai est souvent enrobé de pellicules de marcassite, association jusqu'ici non observée dans les autres mines.

c. La mine du Celaldağ. — Immédiatement au Sud du secteur minier de Denizovası, se situe au sommet du Celaldağ (1700 m) la mine portant le même nom. Sa différenciation du secteur de Denizovası s'impose, en raison de ses caractères généraux, fort différents.

La minéralisation exploitée ici est composée essentiellement de smithsonite et, en faible partie, d'autres oxydes de zinc. L'enrichissement s'est produit le long d'un faisceau de failles, fortement karstifiées, de direction NW-SE, WNW-ESE, affectant le niveau moyen du Permo-Carbonifère. L'irrégularité des cavités karstiques (et en conséquence celle du remplissage minéralisé limonitique), ainsi que le caractère des failles sont clairement visibles sur la Photo no. 3.

Il est à retenir tout d'abord que la faille principale est presque fermée à la surface et ne reflète pas l'importance de la minéralisation en profondeur. Ensuite, c'est la proportion longueur-hauteur-largeur de la colonne minéralisée qui attire l'attention et qui permet d'orienter les futurs travaux en profondeur. Tenant compte de la faculté migratrice des solutions zincifères en milieu carbonate, on peut s'attendre à la continuation de la minéralisation en profondeur, bien entendu sans changement minéralogique.

d. La mine de Çakılıpınar. - La minéralisation exploitée ici est liée aux fractures NNE-SSW, NE-SW, NW-SE, affectant les termes du Permo-Trias. La galène et la cérusite sont les constituants majeurs des corps minéralisés, qui contiennent également de la blende et de la smithsonite. On observe la silicification de la cérusite en de nombreux endroits de la mine.

L'extension horizontale de la mine est limitée vers l'Ouest par la vallée du Zamanti ; vers l'Est, la fracturation, visible en surface, semble perdre son intensité. Cependant, il est à espérer que la hauteur karstifiée soit puissante

e. Région de Havadan— Le nombre élevé des anciennes exploitations romaines attire l'attention sur cette région. Pourtant l'étude détaillée démontre rapidement que les minéralisations recensées dans cette région sont décevantes par leur faible importance. Sans donner une description fastidieuse, nous résumons leurs traits essentiels, afin que l'on puisse les situer dans le contexte géologique régional.

Dispersées sur plus de 6 km de longueur en direction E-W, toutes les anciennes exploitations se situent dans les calcaires permotriassiques. Leur importance réduite tient essentiellement au fait que la phase de la tectonique cassante y est très faiblement exprimée. Les accidents sont isolés et aucune zone de fracturations ne s'est développée. Les directions tectoniques ne diffèrent guère de celles que nous rencontrons ailleurs. Parmi elles, les dominantes sont: 10-190°, 75-255°, 105-285°.

La paragenèse est celle observée à Çakılpinar et sur l'autre rive du Zamanti, à savoir : galène, blende, cérusite, smithsonite. Les minerais du plomb prédominent. L'épuisement des exploitations rend l'observation incomplète et la reconstitution de la répartition spatiale des minéralisations n'est pas toujours aisée. L'image qui s'en dégage est la suivante :

Sur les failles NE-SW, les quelques vestiges de galène massive, noyée dans la masse limonitique de cérusite, indique que l'exploitation romaine était axée essentiellement sur le minerai sulfuré. Les produits de la zone d'oxydation descendent profondément au-dessous du niveau à galène, remplissant parfois des véritables systèmes de grotte. Les outils romains trouvés à cet endroit témoignent d'une activité minière ancienne, même dans le minerai carbonate. Les remplissages secondaires affectent également les cavités karstiques développées selon le plan de litage des formations encaissantes. D'où, en certains endroits, la position stratoïde de la minéralisation. L'altitude des anciennes mines varie entre 1500 et 1700 m. Les poches de galène deviennent plus nombreuses dans les exploitations situées à une altitude plus élevée, ce qui souligne l'irrégularité de la zone d'oxydation ainsi que (en certains endroits) la formation supergène du minerai sulfuré.

f. La minéralisation au Sudd' Ayşepınar. — Une petite exploitation souterraine, déjà éboulée, ne représente aucun intérêt pratique. Si nous en parlons, c'est uniquement en raison de sa position stratigraphique.

Située sur deux petites failles de direction N-S qui traversent les calcaires du Crétacé Supérieur, la minéralisation trouvée ici est composée essentiellement de cérusite fortement limonitique dans laquelle quelques rares fragments de galène sont encore observables.

4. CARACTÈRE DES MINÉRALISATIONS EN FONCTION DES DIVERS FACTEURS

L'étude descriptive des minéralisations et de leur environnement fait ressortir les traits communs et les différences, ainsi que les facteurs qui contrôlent la géométrie et la localisation des corps minéralisés.

La première constatation qui s'impose, c'est que la minéralisation est indépendante de la position stratigraphique des séries encaissantes. Dans la région étudiée, pratiquement

tous les niveaux stratigraphiques peuvent être affectés par minéralisation. Nous la retrouvons, en montant dans l'échelle stratigraphique :

- dans la série indifférenciée du Permo-Carbonifère (secteur de Denizovası-Süleymanfakılı, mines de Küçükleblebici, et du Celâldağ),
- à la base du Permo-Trias (indices à Taşhan),
- dans les termes moyens et terminaux du Permo-Trias (mine de Çakılıpınar, anciennes exploitations de la région de Havadan),
- dans le Crétacé Supérieur (la petite exploitation abandonnée au Sud d'Ayşepınar).

Les minéralisations sont discordantes par rapport à la stratification des terrains encaissants, sauf dans le cas (d'ailleurs assez rare) où les cavités karstiques minéralisées par la suite se sont développées sur le plan dû litage;

Si les minéralisations sont indépendantes de la position stratigraphique des séries encaissantes, il n'en est pas de même en ce qui concerne le caractère lithologique de ces dernières. Un enrichissement notable ne se trouve que dans les calcaires.

Le facteur principal, responsable de la répartition, de la géométrie ainsi que de l'intensité des minéralisations., est la tectonique cassante. On en peut distinguer deux composantes dont la présence simultanée semble réunir les conditions les plus favorables.

D'abord, c'est la direction des accidents. Les minéralisations sulfurées importantes sont liées essentiellement aux fractures NE-SW, en particulier à celles de direction 70-250°, 60-240°. Les failles de direction WNW-ESE, en particulier celles de 105-285°, constituent, en général, les voies de migration de produits secondaires et ne contiennent de sulfures que là où la direction NE-SW est également exprimée. Les failles N-S, NNE-SSW sont rarement minéralisées mais peuvent donner lieu à des gisements exploitables si les autres directions sont également représentées.⁵

La deuxième composante est l'intensité de la fracturation. A celle-ci revient le contrôle quantitatif des minéralisations. Nous devons cependant préciser que ce ne sont, ni le rejet, ni la longueur, des accidents qui jouent un rôle déterminant (en général les grandes failles de plusieurs km de longueur sont stériles). Par contre, la densité locale des fractures à faible longueur et à rejet négligeable est un facteur de première importance.⁶

La paléokarstification, liée essentiellement aux fractures, détermine la géométrie des gisements dans la zone d'oxydation et la profondeur de la migration des éléments lessivés, souvent au-dessous du minerai «hypogène». La fluctuation de la nappe phréatique fossile a déterminé la durée et la position de chaque époque d'oxydation. Leur effet cumulé, modifié par l'irrégularité extrême de la circulation karstique, se reflète dans l'aspect actuel des minéralisations, dont deux traits caractéristiques méritent d'être analysés : leur paragenèse et leur géométrie.

La paragenèse est remarquablement constante dans les mines situées entre les cotes 1440 et 1600 m (Denizovası, Küçükleblebici, Çakılıpınar, la plupart des exploitations de Havadan). On y trouve toujours les minerais des deux éléments (Pb, Zn) en quantité variable; galène, accompagnée souvent de blende foncée, cérusite, smithsonite et rarement d'autres produits oxydés. La séparation verticale du minerai sulfuré des produits secondaires est incomplète.

Nous sommes en droit de supposer que les fluctuations du niveau phréatique fossile ont freiné l'accomplissement de l'évolution de la zone oxydée et que les différences paragenétiques observées dans les divers gisements ne reflètent que les divers stades de cette évolution. La présence prononcée du minerai sulfuré, formant même des corps massifs, semble annoncer que les exploitations ont en partie atteint la zone primaire. La seule exception est la mine du Celâldağ où la minéralisation, constituée de smithsonite, reflète déjà le stade le plus avancé de la migration. Naturellement, ici, il n'y a pas de minerais sulfurés à espérer en profondeur.

Si la répartition spatiale et l'intensité des minéralisations dépendent en majeure partie des facteurs tectoniques, leur géométrie locale, dans la zone d'oxydation, est plutôt conditionnée par la karstification. C'est ainsi que les cavités karstiques (grottes, siphons, etc.) déterminent la forme et la grandeur des «pièges karstiques» capturant les minerais oxydés.

Nous venons de voir que les conditions nécessaires à la mise en place d'un gisement important sont d'ordres tectonique et paléophysiographique. Dans la région étudiée, elles ne sont réunies qu'à Denizovası et, beaucoup plus faiblement, à Çakılıpınar.⁷

Dans le Tableau no. 1, nous résumons les caractères principaux des minéralisations et de leur environnement, en mettant en relief l'effet des facteurs dont le concours semble être déterminant pour la mise en place des gisements. L'importance attribuée aux secteurs repose, d'une part, sur les volumes exploités (non chiffrés) des gisements (ce qui ne présage pas forcément la présence de réserves importantes); d'autre part et, surtout, sur le contexte géologique favorable ou défavorable (réserves géologiques dans le sens le plus large de ce terme).

Après avoir passé en revue les caractères communs et les différences entre secteurs, ainsi que les facteurs qui en sont responsables, il est tentant de comparer la répartition des oligoéléments dans les minerais de divers secteurs. Le nombre des analyses ne permet pas d'aborder le problème sur une base statistique. Cependant, la parenté des microparagenèses situées loin les unes des autres ressort clairement. Dans le Tableau 2, nous avons confronté quelques analyses dont l'une, venant de la mine de Kaleköy, dépasse le cadre du secteur étudié. La présentation de cette dernière est justifiable par des analogies indiscutables observées entre le gisement de Kaleköy et les minéralisations décrites.

Tableau - 1
Caractères communs et différences entre les minéralisations

<i>Secteur</i>	<i>Altitude</i>	<i>Age du terrain encaissant</i>	<i>Directions tectoniques dominantes</i>	<i>Fracturation</i>	<i>Karstification</i>	<i>Associations minérales</i>	<i>Importance du secteur</i>
Denizovasi-Suleymanfakılı	1490-1550 m	Permo-Carbonifère	NE - SW, ENE - WSW NNE - SSW, (NW - SE)	Intense	Bien exprimée	Galène, cérosite smithsonite	Grande
Küçükkeblebici Dere	1460 m	Permo-Carbonifère	NE - SW, ENE - WSW (ESE - WNW)	Moyenne	Bien exprimée	Galène, blende cérosite, smithsonite	Moyenne
Çelâldag	1700 m	Permo-Carbonifère	ESE - WNW, E - W	Intense	Forte	Smithsonite	Moyenne
Çakılınar	1530 m	Permo-Trias	NE - SW, NNE - SSW (N - S)	Moyenne	Bien exprimée	Galène, blende cérosite (smithsonite)	Moyenne ou grande (?)
Havadan	1500-1670 m	Permo-Trias	ENE - WSW, ESE - WNW (NE - SW)	Très faible	Forte	Cérosite, smithsonite galène (blende)	Très faible
Taşhan	1350 m	Permo-Trias	ESE - WNW, NW - SE	Très faible	Moyenne	Smithsonite (cérosite)	Nulle
Ayşepınar (Sud)	1570 m	Crétacé Sup	NNE - SSW, N - S	Très faible	Très faible	Cérosite (galène)	Nulle

Tableau - 2

Provenance et no.	Oligoéléments Désignation	Ag	Cd	In	Sb	Cu	Zn	Ga	Ge	Ni
		Küçükblebici L. I./6a	Blende	+	+++	+	-	±	élément constituant	+
Küçükblebici L. I./6b	Galène	++++	+	-	-	±	-	-	-	-
Denizovası L. I./m3	Galène	++	-	-	+	±	-	-	-	-
Çakılınar L. I./18a	Galène	+	+	-	-	±	+++	-	±	-
Havadan L. I./17	Galène	+++	+	-	-	±	+	-	+	-
Kaleköymaden L. I./m Kale	Galène	++++	-	-	+	+	-	-	-	-
Celâkdağ L. I./m Cel.	Smithsonite	+	+++	+	-	±	élément constituant	-	-	±
Çakılınar L. I./18b	Cérosite (corrodée par SiO ₂)	++++	-	-	-	+	+	-	-	-

Légende :

- ++++ raies très prononcées
- +++ raies fortes
- ++ raies moyennes
- + raies faibles
- + raies très faibles
- raies inexistantes

Les éléments Fe, Mg, Si, Al, Ca, présents dans tous les échantillons, ne sont pas indiqués dans le tableau.)

Tout d'abord, il est à remarquer que les oligoéléments, à l'exception de Fe, de Ni et des impuretés, sont tous de la famille chalcophile. Leur abondance relative est beaucoup plus grande dans la blende que dans la galène, ce qui est conforme aux observations mondiales (12). On observe, d'autre part, la quasi-constance du Cu (raies très faibles) dans tous les prélèvements. Les oligoéléments de la galène montrent relativement peu de variations en fonction de la localisation géographique et géologique des prélèvements. Par contre, l'intensité de la fracturation et la séparation spatiale de la blende de la galène au sein du même gisement, semblent jouer un rôle important.

Les échantillons de galène de Denizovası (groupe la) et de Kaleköymaden sont les seuls où le Sb soit présent (raies faibles ou très faibles). Dans les deux gisements, la galène est séparée de la blende et les fracturations sont très prononcées. En revanche, le Cd y est absent. Les échantillons de galène venant des gîtes où la séparation spatiale entre la blende et la galène n'est pas réalisée (Çakılınar, Küçükblebici, Havadan), contiennent également du Cd, mais le Sb est absent. Dans les prélèvements de Çakılınar et de Havadan, le Ge et le Zn s'ajoutent à la microparagenèse déjà indi-

quée. La similitude de la répartition des oligoéléments correspond aux traits communs des deux lieux.

La migration des oligoéléments au cours de l'oxydation fût étudiée sur deux échantillons. La smithsonite du Celâldağ, par rapport à la blende de Küçükblebici, montre un léger appauvrissement en Ag, accompagné de la disparition du Ga et du Ge. Par contre, le Cd et le In suivent le Zn dans la phase oxydée. La cérusite de Çakılınar montre, par rapport à la galène prise au même chantier, un très net enrichissement en Ag. La séparation entre le Pb et le Zn dans la phase oxydée y est bien exprimée, l'échantillon de cérusite ne contient que très peu de Zn (raies très faibles).

III. ESSAI DE SYNTHÈSE

1. LE CONTRÔLE DES MINÉRALISATIONS

En nous tenant aux observations rigoureuses des faits et en écartant toute idée préconçue, nous avons trouvé que :

- les minéralisations sont localisées sur les fractures de longueur réduite (quelques centaines de mètres).
- la nature des minéralisations est fonction des directions tectoniques,
- l'importance des minéralisations dépend en premier lieu de l'intensité de fracturation et en deuxième lieu du développement de la karstification associée à cette fracturation,
- la géométrie locale des gisements est conditionnée à la fois par les fractures et par le paléokarst,
- la migration des produits oxydés reflète aussi bien les variations de la nappe phréatique fossile que l'évolution de la karstification.

En d'autres termes, les minéralisations sont contrôlées d'abord par la tectonique cassante, ensuite par des phénomènes paléomorphologiques et paléophysiographiques dans les zones tectoniquement favorables. Soulignons, en particulier, que les conditions propices à la mise en place d'une minéralisation importante ne sont réalisées que là où les facteurs énumérés sont réunis.

Les différences entre les diverses minéralisations résident tout justement dans le fait que les facteurs de contrôle ne sont, ni qualitativement, ni quantitativement, exprimés partout de la même manière.

2. L'ÂGE ET L'ÉVOLUTION DE LA MINÉRALISATION

Nous nous sommes volontairement abstenus au chapitre précédent de toute interprétation génétique. Cependant, qui dit âge, dit implicitement genèse. Les observations effectuées nous conduisent aux constatations suivantes :

Nous avons vu que les minéralisations plombo-zincifères de la région affectent tous les termes de la série stratigraphique, à partir du Permo-Carbonifère jusqu'au Crétacé Supérieur. On voit, d'autre part, que les directions tectoniques minéralisées représentent la dernière grande phase tectonique de l'orogénèse à laquelle nous avons

attribué l'âge alpin moyen récent. La mise en place des minéralisations sulfurées s'est effectuée, par conséquent, grâce aux dislocations de cette phase tectonique, en utilisant de préférence les directions de la première sous phase. La karstification est, par contre, postérieure à la mise en place des corps sulfurés.

De la confrontation de ces observations, il résulte que l'âge de la mise en place des corps sulfurés doit se situer au Paléogène (Eocène probable) et que leur origine serait hydrothermal dans le sens large de ce terme.

Il reste à déterminer la hauteur de pénétration de la minéralisation primaire par rapport à la surface actuelle. La minéralisation du Celâldağ, située au sommet de la montagne, à l'altitude de 1700 m, est composée uniquement de produits secondaires du Zn. La mobilité de migration de ces produits *per descensum* est particulièrement bien soulignée par P. Routhier (10) et nous ne nous trompons pas en supposant que le gisement primaire se soit trouvé, avant sa destruction par les agents d'érosion, nettement au-dessus de la mine actuelle. De toute manière, l'absence quasi-totale du plomb en fournit déjà une preuve suffisante, si on tient compte de la paragenèse et de la nature des autres gisements voisins. Les mines exploitant de la galène, de la blende et des produits secondaires d'oxydation des deux métaux (Pb, Zn) se trouvent entre 1460 et 1700 m d'altitude. La comparaison de ces données laisse supposer que les colonnes minéralisées ont pénétré, en partie, nettement au-delà de la surface actuelle, laquelle se trouve modelée par l'érosion de post-minéralisation. Faut-il en conclure que les colonnes minéralisées les plus importantes ont été, en partie, détruites par l'érosion et, en partie, redéposées grâce à la karstification? Quoi qu'il en soit, la recherche en profondeur reste justifiée dans les zones de fracturation, car rien ne prouve que les exploitations soient à la base de la section favorable.

Les phénomènes karstiques décrits au chapitre précédent et en particulier les remplissages des cavités de minerai oxydé, montrent que l'évolution des gisements s'est activement poursuivie à l'époque de l'érosion pré-néogène. Les enrichissements et les appauvrissements locaux, ainsi que les remaniements, en témoignent. Il y a lieu de distinguer trois modes de transport en raison de la disposition du minerai dans une cavité karstique donnée.

Tout d'abord, le transport à faible distance et l'altération, pratiquement *in situ*. La cavité n'est remplie que de produits oxydés peu limonitiques et de quelques noyaux du minerai sulfuré. Ce cas se présente à proximité des corps minéralisés en galène.

Ensuite le transport, à la fois par voies mécanique et chimique. Le remplissage est d'origine mixte, les débris de calcaire, peu transportés, et de cérusite sont «noyés» dans la masse pulvérulente de carbonates de zinc et de plomb. Parfois, quelques nodules de galène s'y ajoutent, ce qui permet de supposer, soit son remaniement mécanique, soit sa néoformation supergène. Ce genre de remplissage se situe en général plus loin du corps hypogène minéralisé en galène.

Les transitions, entre ces deux types de remplissage sont nombreux et la formation de la galène supergène doit être retenue, ce qui n'a rien d'étranger au contexte général, surtout si l'on prend en considération les fluctuations de la nappe phréatique fossile.

Signalons encore le transport à grande distance, où la phase oxydée se sépare entièrement de la minéralisation primaire. C'est le cas des enrichissements de smithsonite (p.e. Celâldağ). :

Le démantèlement des gisements, au cours de l'érosion anté-néogène, se reflète aussi dans la teneur élevée des premiers sédiments lacustres en plomb et en zinc. Quelques analyses géochimiques rapides donnent les valeurs suivantes (Denizovası, groupe Ia, II, III) :

<i>Echantillon</i>	<i>Désignation</i>	<i>ppm Zn</i>	<i>ppm Pb</i>
LI/m2	argile stratifiée	8000	800
LI/m8	argile de remplissage sur faille karstifiée	400	500
LI/m7	argile stratifiée	400	500

Par contre, les schistes permo-carbonifères donnent les valeurs suivantes :

<i>Echantillon</i>	<i>Localisation</i>	<i>ppm Zn</i>	<i>ppm Pb</i>
LI/m1	Denizovası, galerie	400	500
LI/m5	Denizovası, galerie	150	50
LI/m6	Denizovası, galerie	10	50
LI/5	Küçükleblebici	15	50

Sauf pour l'échantillon LI/m1, où la contamination latérale a influencé les valeurs, les prélèvements du Permo-Carbonifère montrent que, même dans les secteurs minéralisés, les sédiments antérieurs à la minéralisation ont un «fonds géochimique» beaucoup plus bas que les sédiments postérieurs à celle-ci, formés à l'époque du démantèlement des gisements.

L'évolution de la minéralisation se poursuit avec le comblement néogène, en particulier pliocène, provoquant la remontée du niveau phréatique fossile. Il en résulte que les anciennes zones d'oxydation se trouvent de nouveau au-dessous de la surface phréatique et l'oxydation du minerai sulfuré s'arrête. La nouvelle période d'oxydation ne commence qu'avec le creusement du lit du Zamanti qui a fait baisser brutalement le niveau phréatique. Actuellement on ne voit que l'effet cumulé de toutes ces variations paléophysiographiques ; la séparation chronologique de phénomènes identiques, mais étalés dans le temps, n'est pas réalisable.

3. COMPARAISON AVEC LES AUTRES MINÉRALISATIONS POMBO ZINCIFÈRES DU TAURUS

A. La province minéralisée du Zamanti

La région étudiée est pratiquement le secteur clé de la province minéralisée du Zamanti. Nous passerons rapidement en revue les autres gisements que nous avons étudiés ou visités en 1964 :

a. Mine de Kaleköy .— Le terrain encaissant est d'âge dévonien supérieur ; il comprend des calcaires, des schistes et des dolomies ; les formations sont fortement tectonisées. Deux phases se distinguent : la phase de plissements et la phase de fracturations. La première a provoqué des plis serrés, souvent renversés, dont l'axe est NE-SW. La seconde phase est responsable de fractures dont la direction principale est NW-SE. Les failles NE-SW sont moins bien exprimées.

La minéralisation plombo-zincifère est liée essentiellement à deux zones parallèles de fracturation de direction NW-SE. Il est à remarquer que l'intensité de la fracturation décroît rapidement hors de ces zones. La disposition des corps minéralisés,

ainsi que le fait qu'ils sont contrôlés par la tectonique cassante, ressort de notre coupe (Fig. 5) établie en 1964 (6) et utilisée par A. Gümüş (5) pour caractériser ce genre de minéralisation. La paragenèse consiste en galène, blende, cérusite, smithsonite.

Les phénomènes de karstification sont bien exprimés et leur importance au cours de l'évolution du gisement mérite d'être mise en relief. Le Néogène, remplissant les patéodépressions, n'est pas affecté par les phases tectoniques mentionnées.

b. Mine de Delikaya.— Située au Sud de la région étudiée, à une altitude de 2800 m, la mine de Delikaya forme la limite méridionale de la province minéralisée du Zamanti. Entre les deux chantiers actifs, situés sur une ligne de crête de direction NE-SW, la distance est environ de 1,3 km.

L'âge des terrains encaissants serait permo-carbonifère. Sur le chantier septentrional, l'exploitation se situe au long d'une zone tectonisée NE-SW, dont la puissance varie entre 15-20 m. La minéralisation consiste essentiellement en carbonate de zinc souvent remanié. En profondeur, à l'étage inférieur, les minerais du plomb font leur apparition (galène et cérusite), l'ensemble étant assez limonitique. A l'étage supérieur, les phénomènes de lessivage appauvrissent le minerai.

Sur le chantier Sud, la minéralisation est plus riche en galène; elle y est contrôlée par des failles NNE-SSW, ENE-WSW et NNW-SSE.

Les grattages effectués au Nord permettent de présumer la continuation de la minéralisation au long de la zone tectonique NE-SW.

C. Mine de Suçatı. — L'exploitation fermée de Suçatı se trouve au Nord de la mine de Delikaya, sensiblement dans la continuation de la zone tectonique mentionnée. Le terrain encaissant serait également permo-carbonifère. La minéralisation liée aux systèmes karstiques est composée de produits oxydés du zinc. La karstification s'est développée tout le long des fractures NW-SE, ENE-WSW et plus rarement dans le plan du litage. Les remplissages minéralisés, limonitiques, forment d'énormes poches, ou, dans les étranglements, des veines rubanées.

d. Taşhan. — Dans la région de Taşhan, immédiatement au Sud de la région étudiée, on trouve de nombreux anciens grattages et de petits travaux abandonnés dans le Permo-Carbonifère et dans le Permo-Trias.

Leurs traits caractéristiques sont les suivants : la minéralisation est composée de produits oxydés du zinc et contrôlée par les phénomènes karstiques, qui se sont produits selon les directions tectoniques locales et la stratification. Les remaniements locaux sont nombreux.

B. Minéralisations hors de la province du Zamanti (8)

a- Les minéralisations du Bolkardağ. — Les minéralisations se situent dans les calcaires dévoniens et carbonifères et sont liées aux failles ENE-WSW. L'âge de la

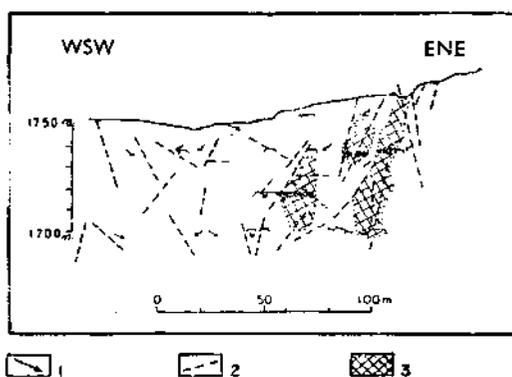


Fig. 5 - Coupe géologique de la mine de Kaleköy
1 - Pendage de la formation encaissante; 2 - Faille;
3 - Corps minéralisés (exploités).

minéralisation serait paléogène. On la retrouve, avec des interruptions, sur 6-7 km de longueur, sur une hauteur de 550 m.

L'association minérale comprend, dans la phase primaire, les sulfures suivants: blende, galène, pyrite, marcassite et arsénopyrite (?). Les produits oxydés se trouvent, soit en place (dans ce cas, ceux du plomb dominant), soit, formant de véritables placers souterrains, dans les systèmes karstiques fortement développés. La teneur des produits oxydés en Au et en Ag est notable.

La minéralisation primaire serait d'origine hydrothermale-métasomatique; son association avec les «dykes» de porphyre quartzifère paraîtrait probable.

b. Ortakonuş. — La série encaissante occupe peut-être la partie supérieure du Dévonien Inférieur. Elle est composée de calcaires, calcaires gréseux, marries schisteuses et, en faible partie, de schistes sériciteux. La direction générale de la série est NNE - SSW.

La minéralisation, en sa majeure partie déjà exploitée, se situerait surtout dans les calcaires, le long d'une zone de cisaillement intense de direction ENE-WSW.

La paragenèse comprend galène, blende, cérusite, smithsonite, anglésite et plumbo-jarosite. La silicification postérieure à l'hématite est communément présente.

Les corps minéralisés sont irrégulièrement répartis dans la zone de cisaillement. En raison de la fermeture des mines, les observations directes restent sporadiques.

La minéralisation serait hydrothermale, à basse température, et en partie métasomatique, mais son origine n'est pas connue.

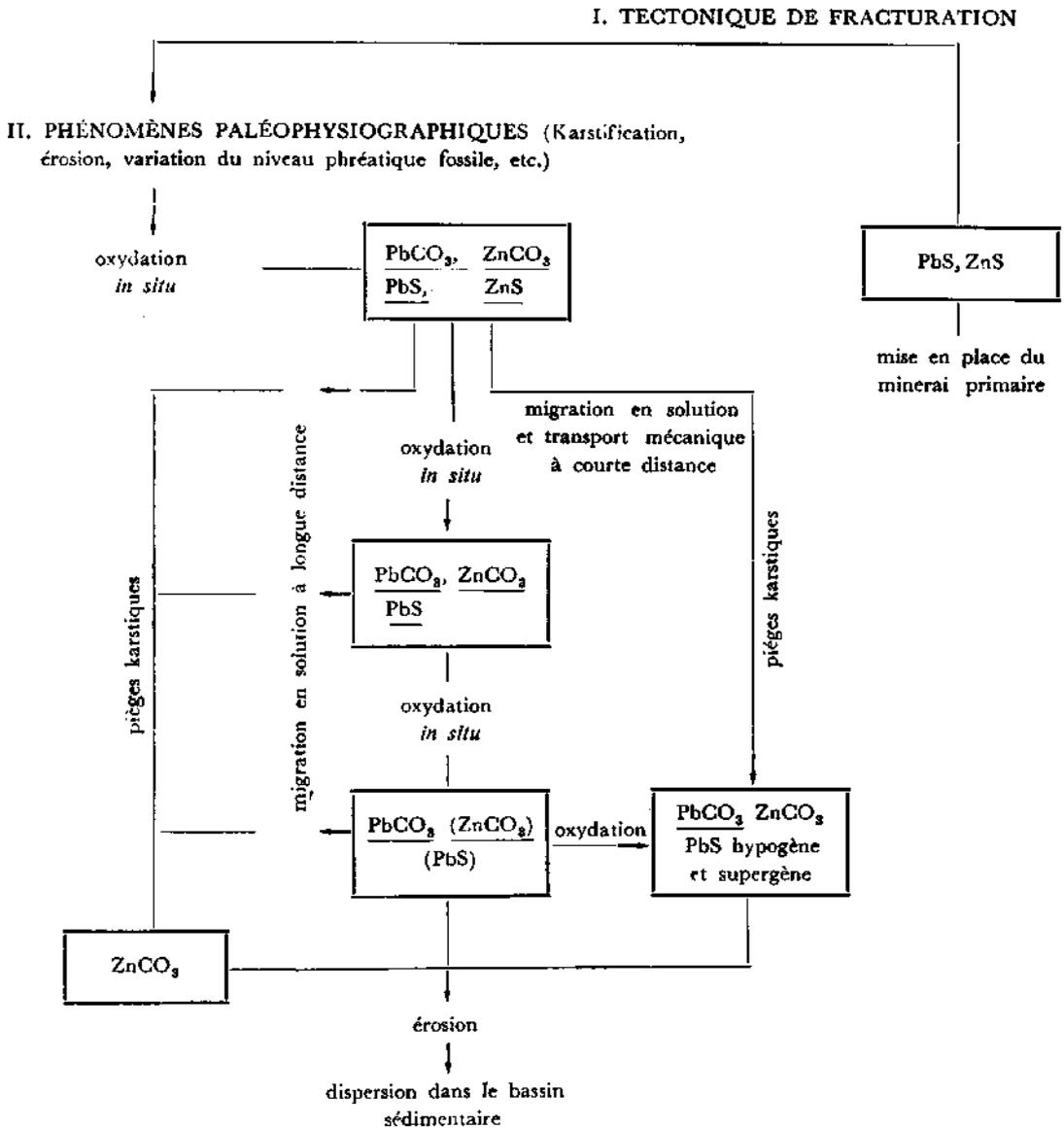
IV. CONCLUSIONS

Nous avons vu que la minéralisation plombo-zincifère est contrôlée par un certain nombre de facteurs d'ordres tectonique et paléophysiographique, dont le concours qualitatif et quantitatif détermine l'importance d'une zone donnée. Si la composition lithologique des terrains encaissants est déterminante, la position stratigraphique de ces derniers n'a aucune influence sur la minéralisation.

Ce bref aperçu des gisements de la province métallifère du Zamanti montre que les traits généraux des minéralisations et de leur environnement sont, partout, remarquablement identiques. Ceci est vrai, en particulier, pour les phénomènes qui contrôlent l'intensité, l'évolution, la migration et, en général, la répartition géographique des minéralisations.

Les différences entre les gisements ne reflètent en réalité que les divers stades d'évolution générale d'un type de minéralisation donné. Dans l'histoire du contexte géologique de la province métallifère, se trouvent inscrits l'enrichissement, l'appauvrissement en certains éléments, la migration de ces derniers, la formation de gisements secondaires aux dépens de gisements primaires et la modification de l'association minérale.

En retraçant l'histoire des minéralisations, le schéma suivant se dégage :



Après avoir replacé ainsi les minéralisations dans leur vrai contexte historique et évolutif, et avoir déterminé les facteurs de contrôle, on est en droit de se demander s'il est nécessaire de conclure un travail gîtologique par des hypothèses génétiques, ces dernières ne pouvant pas, en général, dépasser le stade de l'hypothèse. Il est plus utile, pour les travaux futurs, de connaître les facteurs de contrôle et il est plus important, sur le plan scientifique, de savoir quelle était l'évolution de la minéralisation en fonction desdits facteurs que d'affirmer, le plus souvent d'une manière gratuite, que telle minéralisation est synsédimentaire, régénérée, «exhalative sédimentaire» ou hydrothermale.⁸

Nous avons vu qu'une même minéralisation possède, selon le stade d'évolution du gisement, un aspect à prédominance hydrothermale, ou à prédominance sédimentaire ou encore exclusivement sédimentaire (migration du zinc dans les systèmes karstiques loin du gisement primaire). Si nous essayons de retracer dans cet esprit l'histoire de la minéralisation plombo-zincifère, nous "pouvons déjà écarter sans risque d'erreur l'origine «syngénétique», au sens large de ce terme. En effet, on ne peut observer aucun phénomène paléogéographique sédimentaire (talus sous-marin, amincissement des séries, changements latéraux ou verticaux de faciès, paléocourants privilégiés, etc). susceptible de provoquer des enrichissements locaux en de divers endroits, ni surtout en des formations d'âge divers.

D'autre part, aucun sédiment plus récent que le terme le plus jeune affecté par la minéralisation, ne réunit les caractéristiques nécessaires d'une «roche-magasin» *per descensum*.

L'origine de la minéralisation doit donc être cherchée dans le domaine «magmatique» ,même si, dans la région, il n'y en a aucune preuve formelle.⁹

Manuscript received 21 August, 1965

B I B L I O G R A P H I E

- 1 — AMSTUTZ, G. C. (1959,) : Syngcense und Epigenese in Pétrographie und Lagerstättenkunde. *Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.*, 39, no. 1-2, pp. 1-84.
- 2 — BLUMENTHAL, M. (1952) : Das taurische Hochgebirge des Aladağ, neuere Forschungen zu seiner Géographie, Stratigraphie und Tektonik. *M.T.A. Publ. Série. D*, no. 6, Ankara.
- 3 ————— (1955) : Géologie des Hohen Bolkardağ, seiner nördlichen Randgebiete und westlichen Ausläufer. *M.T.A. Publ., Ser. D*, no. 7, Ankara.
- 4 — DUBOIS, P. (1964) : Circulations souterraines dans les calcaires. *Bull. B. R. G. M.*, no. 2, pp. 1-31.
- 5 — GÜMÜŞ, A. (1964) : Important lead-zinc deposits of Turkey. CENTO Symposium on Mining Geology and thé base metals, Turkey.
- 6 — IMREH, L. (1964) : Note sur la mission effectuée à Kaleköymaden. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- 7 — KAADEN, G.v.d. (1965) : Metallogenic map of Turkey 1:2 500 000 *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- 8 ————— (1963) : Copper-lead-zinc deposits in Turkey. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- 9 — RAGUIN, E. (1957) : Les convergences dans la classification métallogénique. *Neues Jb. Mineral. Abh.* 91, no. 1-3, pp. 271-277.
- 10 — ROUTHIER, P. (1963) : Les gisements métallifères. T. 1-11. *Masson et Cie edit.*, Paris.
- 11 — SANDIER, J. (1962) : Mise en valeur des gisements métallifères. *Masson et Cie edit.*, Paris.
- 12 — SZADÉCKY-KARDOSS, E. (1955) : Géokémia Akadémiai kiado, Budapest.
- 13 — VACHÉ, R. (1994) : Die Blei-Zinklagerstätte am Bakırdağ im Antitaurus «Provinz Kayseri». *M.T.A. Bull.*, no. 61, pp. 91-102.
- 14 ————— (1964) : Untersuchung auf Blei-Zinkerze im Ruhsat 36/234 und ungrenzender Gebiete. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- 15 — VANDENBERGHE, A. (1964) : Remarques sur les théories karstiques. *B.R.G.M.*, no.2, pp. 33-50.

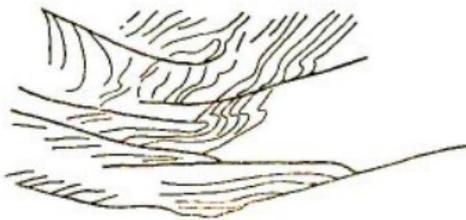




Photo 1 - Formes tectoniques diverses à Küçüktepebici.

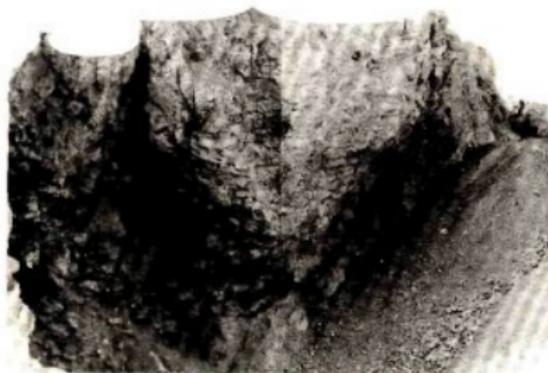


Photo 2 - La faille de Taşhan.



Photo 3 - Celâlnüç, failles karstifiées et minéralisées.

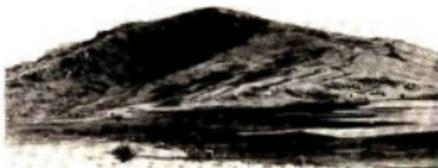
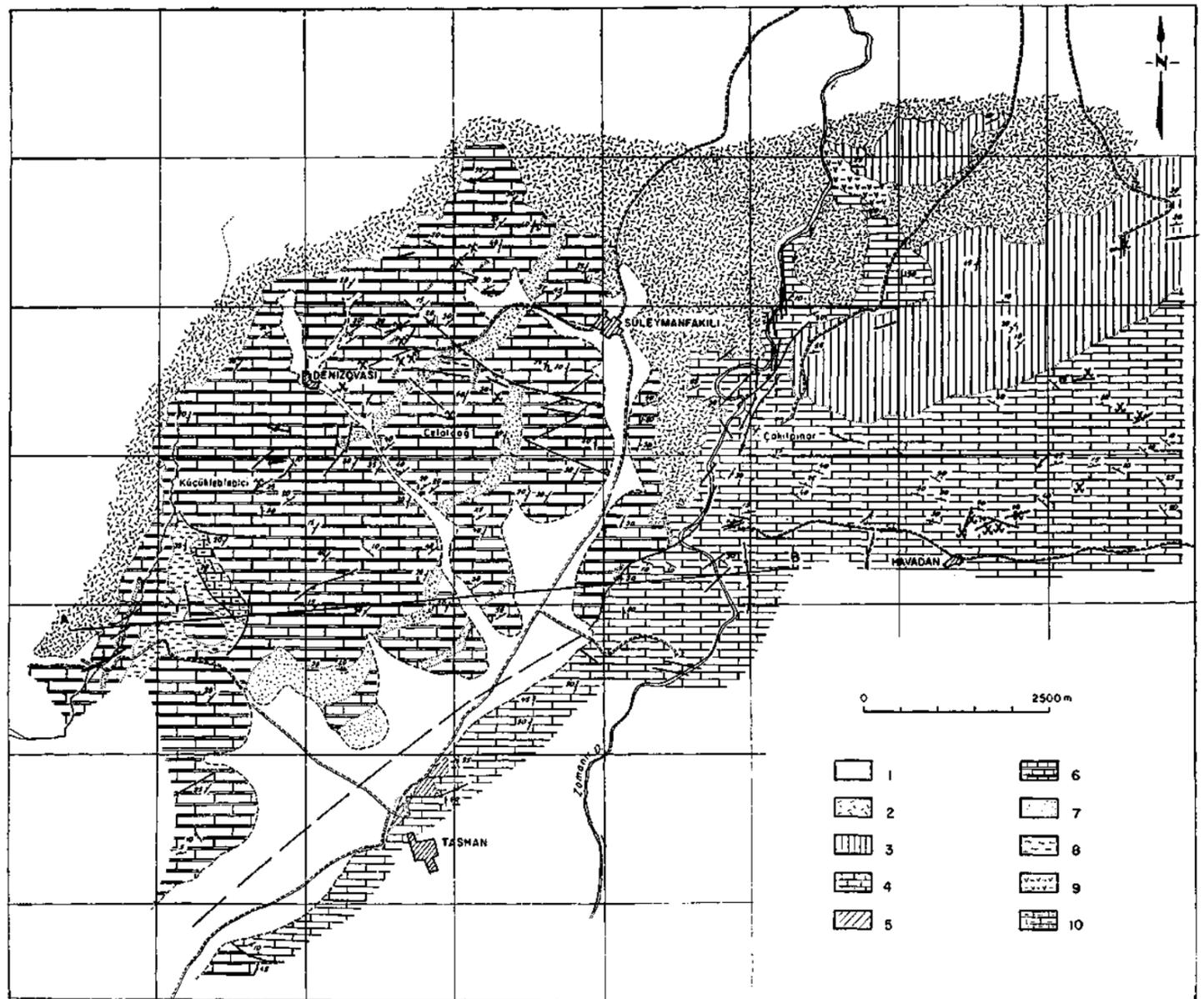


Photo 4 - Denizovasi, groupe Ia, structure karstique minéralisée, liée à la faille principale.



Photo 5 - Denizovasi, groupe Ia, remplissage de cavités karstiques par voies
mécanique et chimique.



CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DENİZOVASI-SÜLEYMANFAKILI

1 - Alluvion; 2 - Complexe volcanique (Pliocène); 3 - Calcaire massif, blanc (Crétacé Supérieur); 4 - Calcaire gris foncé (Permo-Trias); 5 - Calcaire souvent oolitique, bancs à fusulines (Permien Moyen); 6 - Calcaire Série calcaire à horizons quartzitiques ou schisteux (Permo-Carbonifère indifférencié); 7 - Quartzite Série calcaire à horizons quartzitiques ou schisteux (Permo-Carbonifère indifférencié); 8 - Schiste Série calcaire à horizons quartzitiques ou schisteux (Permo-Carbonifère indifférencié); 9 - Sédiments volcano-détritiques (Crétacé Inférieur?); 10 - Alternance calcaire gris-schiste (Dévonien Supérieur).