

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie  
**Band:** 18 (1938)  
**Heft:** 1  
  
**Artikel:** Le minerai oxydé de la mine d'or et de plomb argentifère du Bolkardag, Turquie  
**Autor:** Ladame, Georges Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-17097>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Le minerai oxydé de la mine d'or et de plomb argentifère du Bolkardağ, Turquie**

*Par Georges Ch. Ladame, Ankara*

Les mines de Bulgar-Maden (Bolkar-Maden, selon la nouvelle orthographe) sont, avec celles de Balya-Karaidin et de Keban-Maden au nombre des rares exploitations métalliques d'Anatolie ayant donné lieu dès le XIX<sup>me</sup> siècle, à des travaux souvent importants et à des études d'une envergure certaine. De ces trois mines de plomb argentifère, seul Balya-Karaydin est en exploitation organisée depuis le début du siècle environ.

La mise en valeur industrielle des mines du Bolkardag et de Keban sur l'Euphrate, exploitées jusqu'ici d'une façon irrationnelle par de petits entrepreneurs, est cependant à l'ordre du jour. C'est à ce titre que j'ai eu l'occasion d'examiner le minerai de Bolkar-Maden à l'institut de recherches minières de la République Turque à Ankara<sup>1)</sup>.

### **I. SITUATION**

Le Bolkardağ, partie intégrante de la chaîne du Taurus Cilicien, domine au Nord la plaine de Mersine. Il s'arrête à l'Est aux „Portes Ciliciennes“. La voie ferrée Adana-Istanbul (ligne de Bagdad) longe son flanc septentrional sur une trentaine de kilomètres avant de bifurquer à Ulukişla, d'une part sur Kayseri et Ankara, d'autre part sur Konya.

Les mines de Bolkar-Maden sont situées sur le versant Nord de ces hautes montagnes, entre 1800 et 2400 mètres d'altitude; une quinzaine de kilomètres les séparent de Çiftelhan, la station de chemin de fer la plus proche, et Mersine, port de mer, est à une centaine de kilomètres au Sud. Administrativement, on y dépend du vali (préfet) de Niğde. Le chef-lieu de canton est la ville de Ulukişla.

---

<sup>1)</sup> Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à M. Reşid O. GENCER, directeur général de l'institut, et à M. HADI YENER, directeur des laboratoires, pour l'autorisation qu'ils m'ont aimablement accordée de publier cette étude.

## II. ESQUISSE GÉOLOGIQUE

En 1892, un ingénieur des mines, M. BRISSE, que DE LAUNAY <sup>2)</sup> cite dans sa description des gîtes du Bolkardag a fait des observations d'ensemble, considérées encore actuellement comme précieuses. Je me contenterai donc d'un aperçu sommaire, d'autant plus que les éléments géologiques de détail font encore défaut pour exposer la question d'une façon définitive.

L'anticlinal déjeté au Nord, qui constitue la chaîne du Bolkardag, sur ses 60 kilomètres, comprend un massif central calcaire — parfois dolomitique — reposant sur des schistes métamorphiques calcaires et surmonté par des formations tertiaires. BRISSE a considéré les calcaires comme dévoniens, tandis que FRECH <sup>3)</sup> a conclu qu'ils sont carbonifères.

Ce sont ces calcaires qui ont été minéralisés et cela plus particulièrement au contact calcaires-schistes (orientation générale = NNE), sur une longueur de 6 à 7 kilomètres et une dénivellation d'environ 600 mètres, selon HELKE <sup>4)</sup>. On s'accorde pour admettre que les dykes de quartzporphyre et de porphyrite qui recoupent les calcaires, où ils forment localement de véritables filons-couches, ont pu jouer un rôle dans la localisation de la minéralisation. Ces roches éruptives sont récentes, mais néanmoins antérieures aux formations tertiaires régionales.

Les mouvements tectoniques orogéniques ont particulièrement disloqué le massif calcaire, y créant d'innombrables cassures et failles, qui ont été par la suite les voies d'accès des solutions hydrothermales minéralisantes. C'est ainsi, tout au moins, que l'on se représente le gisement primaire.

En réalité, Bolkar-Maden est aujourd'hui en premier lieu un gîte alluvionnaire, car son minerai est non seulement oxydé, mais en grande partie remanié par la circulation d'abondantes eaux souterraines. BRISSE nous communique son impression d'une façon si évocatrice que je tiens à le citer (p. 32 du rapport inédit): „..... Comme minerai, un produit évident d'oxydation par l'eau, mélange de carbonate de plomb, etc., d'oxyde de fer, rappelant

<sup>2)</sup> DE LAUNAY, L., La géologie et les richesses minérales de l'Asie, p. 639 à 645, Paris, 1911, selon *Brisse*, rapport inédit des Mines de plomb argentifère de Bulgar-Maden, 1892.

<sup>3)</sup> FRECH, F., Über den Gebirgsbau des Taurus, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1911, 714.

<sup>4)</sup> HELKE, Dr. Ing. ALFRED, rapport manuscrit. Die geologischen Verhältnisse des Silber-Bleivorkommens von Bulgar-Maden, p. 21 (1929).

le type du Colorado; comme situation, des poches à parois de calcaires ou de microgranulites, remplies d'éléments informes, accolés sans ordre aucun; plus loin, des vides immenses dont le sol représente un dépôt boueux, sableux ou argileux où se mêlent des couches de minerai jaunâtre, rougâtre, verdâtre, noirâtre, etc., pulvérulent ou compact, avec de rares noyaux de galène plus ou moins transformée en une matière grise d'apparence cornée. Rien dans tout cela de classique, s'il nous est permis de nous exprimer ainsi. Mais voici d'autres vides dont le plafond d'une blancheur éclatante, est tout garni de fines cristallisations, de belles stalactites; sous nos pieds, une masse brune que recouvre une couche transparente de carbonate de chaux déposé par les eaux, comme les cristallisations du toit; puis devant nous s'ouvre un gouffre, un „aven“ de plus de trente mètres de profondeur.... La couche brune recouvre un dépôt profond dans lequel serpentent des galeries étroites et tortueuses qui vont chercher les couches riches en minerai intercalées entre des glaises et des sables....“

### III. LE MINERAI

Mon intention étant de limiter cette étude aux „minerais oxydés plombifères“, qui représentent à eux seuls le point de départ de l'exploitation future, je me contenterai de signaler en passant qu'il existe en outre à Timios un certain tonnage de minerai de calamine (2400 t.) dont la composition est la suivante (il s'agit de minerai en place): 3,3 % Pb, 14,2 % Zn, 197 g/t Ag, 0,3 g/t Au. Des teneurs de 25 à 42 % Zn sont l'exception.

Quant au minerai sulfuré signalé par KLIE et SCHIECHEL<sup>5)</sup> son existence n'a pas été confirmée par l'échantillonnage systématique réalisé par l'institut de recherches minières du Gouvernement Turc dans les années 1937—1938. C'est ainsi que le minerai de petits gîtes de Sirostat (4,2 % Pb, 3,9 % Zn, 158 g/t Ag, 1,1 g/t Au) et de Keçili Mağara (3,0 % Pb, 10,8 % Zn, 54 g/t Ag, 1,3 g/t Au) est parfaitement oxydé.

L'analyse chimique n'a mis en évidence aucune différence entre minerai remanié et minerai in situ à Sirostat, ni à Davalı (4,0 % Pb, 3,6 % Zn, 187 g/t Ag, 2,4 g/t Au).

Quant au minerai oxydé plombifère et aurifère industriel, les deux mines de Yeşilli et de Küçük Toyislam, dans le vallon de Yayla Boghas, en recèlent des réserves considé-

---

<sup>5)</sup> KLIE & SCHIECHEL, Metallgesellschaft, rapport manuscrit, 1925, p. 26, Francfort/M.



rables (environ 300 000 tonnes à vue). Il y constitue le remplissage de nombreuses cassures et anfractuosités qui, par leur inclinaison, ont donné lieu localement à la formation de „colonnes montantes“ avec „bonanzas“.

C'est le matériel de ces deux derniers gisements qui a été plus particulièrement étudié dans les laboratoires de l'institut de recherches minières.

On y distingue un minerai en place, en placages contre les calcaires, et dont on peut admettre dans la plupart des cas que son altération n'est due qu'aux seuls agents d'oxydation, et un minerai remanié ou alluvionnaire. Les alluvions sont justement ces dépôts argileux ou simplement boueux, parfois sableux, toujours chargés de limonite et dont la couleur peut passer du brun foncé, presque noir, aux teintes les plus claires. La stratification n'en est pas générale. Parmi les nodules caverneux, relativement peu friables, on trouve encore de la galène intacte à première vue, mais qui est, en réalité, le plus souvent sérieusement sulfatée et carbonatée, elle aussi. Outre l'oxydation normale, ce minerai a subi un transport mécanique; il a été sédimenté sous forme d'alluvions. Ce gisement secondaire s'est constitué dans des grottes et autres cavités dont l'emplacement peut se trouver aussi bien dans les calcaires stériles que dans le gisement primaire (calcaires minéralisés).

Le passage des alluvions au minerai in situ est dans de nombreux cas insensible. C'est à dire que la différence entre les deux n'est pas tant minéralogique qu'une question de position dans l'exploitation. Par la suite, l'examen des minerais de Yeşilli a cependant prouvé que cette classification a une justification pratique et qu'il y a lieu de la maintenir sans vouloir généraliser.

Qu'il s'agisse des alluvions ou du minerai, on a une substance fortement altérée, ocrée, composée d'éléments bréchoïdes, anguleux (galène oxydée, calamine, quartz caverneux) d'une espèce de pâte, plus ou moins consistante selon l'humidité, intensément colorée par la limonite qu'elle renferme. La proportion relative des éléments granuleux aux éléments impalpables varie considérablement selon qu'il s'agit de minerai en place ou remanié, et les essais granulométriques (voir page 413) sont suggestifs à cet égard.

### Analyses chimiques

Voici une série d'analyses d'échantillons des quartiers les plus remarquables de l'exploitation. Elles sont caractéristiques, car elles ont été faites sur de copieux échantillons moyens.

Tableau no. 1. Analyses d'échantillons moyens de Bolkar-Maden

Provenance de l'échantillon	Yeşilli alluvions A-II	Yeşilli alluvions A-III	Yeşilli minerais W-110	Yeşilli minerais Sari	Küçük Toyislam alluvions KT
no.	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%
Pb	7,65	8,70	10,68	22,10	7,00
Zn	2,80	5,20	7,80	1,00	3,90
Cu	0,17	0,22	0,20	—	0,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,10	40,90	54,40	34,05	30,40
MnO	1,55	1,41	2,58	?	2,46
CaO	traces	1,59	1,35	traces	10,50
MgO	traces	traces	traces	—	1,55
SiO <sub>2</sub>	22,05	22,94	5,70	6,95	15,50
S total	1,80	2,10	0,30	3,65	3,55
As	traces	1,33	0,26	traces	0,17
perte au feu	13,70	13,50	14,30	20,60	12,90
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Ag	392	440	480	704	406
Au	13,1	13,6	2,0	13,4	9,3

L'humidité moyenne du tout-venant est de 23 %.

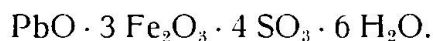
Les analyses no. 1 et 2 se rapportent donc à des alluvions de Yeşilli, le quartier de Bolkar-Maden, où les teneurs sont les plus intéressantes. L'analyse no. 3 provient du même quartier, mais il s'agit de minerai en place. L'analyse no. 4 renseigne sur la composition du minerai recoupé dans un montage dénommé „Saribaşyukari“, Yeşilli. Il s'agit ici d'un minerai riche en plomb qui s'y trouve — la suite de mon étude en fera la démonstration —, en partie tout-au-moins, sous forme d'un minéral du type plombojarosite. Quant au no. 5, c'est l'analyse d'un échantillon de minerai remanié venant de Küçük Toyislam.

L'analyse chimique donne des renseignements très généraux. Il faut les interpréter minéralogiquement pour s'orienter sur le choix des méthodes de traitement industriel les mieux appropriées à la récupération maximum des éléments plomb, argent et or.

#### Examen minéralogique

1. *Le plomb, Pb* se rencontre encore sous forme de galène, PbS; la première impression est cependant trop favorable et bon nombre d'échantillons „massifs“ de galène, examinés en pièces polies sous le microscope, ont montré jusqu'à 40 % d'anglésite, PbSO<sub>4</sub>. Il paraît bien que ce sont la cérusite, PbCO<sub>3</sub> et l'anglésite, accessoirement le mimétèse, PbCl<sub>2</sub>·3(PbO·As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) qui sont

les minéraux plombifères usuels prédominant dans les minerais remaniés. D'innombrables concentrés de flottage ont été étudiés sous le microscope. En effet, ces minéraux sont, dans la règle, d'une dimension de l'ordre de 100 à 200 microns, de sorte qu'il devient indispensable d'avoir recours aux méthodes optiques, en particulier à la différenciation par le procédé des indices de réfraction, pour les diagnostiquer<sup>6)</sup>. Certains minerais en place, examinés par les mêmes méthodes, ont révélé relativement plus de galène, associée à ses différentes formes d'altération. Il est probable que la pyromorphite,  $\text{PbCl}_2 \cdot 3(3\text{PbO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$  se rencontrera également un jour. C'est le fait que l'analyse chimique signale jusqu'à 2,0 % de  $\text{As}_2\text{O}_5$  qui m'a fait opter de préférence pour le mimétèse, tandis qu'il n'y a pas trace de P. Chose curieuse, l'estimation minéralogique du plomb dans les différentes préparations, tenant a priori uniquement compte des minéraux ordinaires, la galène, la cérusite, etc., est restée longtemps fortement déficitaire. C'est grâce à l'examen poussé du minerai de „Saribaşyukari“, pour lequel le déficit était particulièrement grand, et en procédant par séparation fractionnée au moyen des liqueurs lourdes (liqueurs de Muthmann et de Clerici) d'échantillons de diverses provenances, que l'on est parvenu à isoler un minéral plombifère particulier. Sa densité se situe entre 3,5 et 3,8; ses éléments principaux sont Pb, Fe,  $\text{SO}_3$ ; bref, il présente les caractéristiques d'une plombojarosite dont la formule est



Il est un élément constitutif de tous les échantillons étudiés; mais ce sont en général les alluvions et surtout le minerai non remanié de „Saribaş ukari“ qui le recèlent en quantités aussi importantes que l'anglesité. De fait 30 à 60 % du plomb se trouve à l'état jarositique dans le minerai de notre gisement.

2. *Le zinc, Zn* ne se présente que rarement sous forme de blende,  $\text{ZnS}$ , le plus souvent comme calamine,  $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  et comme smithsonite,  $\text{ZnCO}_3$ . Signalons à titre de curiosité l'aurichalcite,  $3\text{ZnO} \cdot 2\text{CuCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Il y a des quartiers de Bolkar-Maden, où on a affaire à une véritable mine de calamine (Timios).

3. *Le cuivre, Cu* joue un rôle accessoire, sous forme de chalcopryrite,  $\text{CuFeS}_2$  et d'aurichalcite.

<sup>6)</sup> Il m'est agréable de signaler que la vérification d'une quantité d'observations d'ordre minéralogique a été faite par mon collègue le Dr. A. SCHRÖDER, minéralogue à l'institut.

4. *L'oxyde de fer*,  $Fe_2O_3$ , produit d'oxydation de pyrites<sup>7)</sup>, intervient pour 40 et même plus de 50 % dans la composition du minerai, qu'il s'agisse d'alluvions ou de minerai in situ. Il s'agit presque essentiellement de limonite,  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  passant par cristallisation à la goethite,  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ , minéral également fréquent. Par ailleurs, la présence de jarosite plombifère, qui renferme le fer sous forme de sulfate, rend vraisemblable la présence d'autres minéraux du même groupe.

5. *L'oxyde de manganèse*,  $MnO$  est généralement associé à la limonite, lorsque celle-ci est abondante.

6. *La chaux*,  $CaO$  se trouve en quantité si accessoire que l'on ne se douterait pas que la mine de Bolkar-dağ est située dans un massif calcaire. L'analyse no. 5 fait exception avec ses 10,50 % de  $CaO$ . La chaux existe ici comme calcite,  $CaCO_3$  et accessoirement sous forme d'aragonite,  $CaCO_3$ . Signalons encore la présence de gypse,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , en quantité non négligeable.

7. *La magnésie*,  $MgO$ , en traces, sauf dans les alluvions de Küçük Toyislam, probablement comme carbonate. La baryte,  $BaO$  n'a pas été dosée, mais assez fréquemment signalée au microscope, sous sa forme la plus commune, la barytine,  $BaSO_4$ .

8. *La silice*,  $SiO_2$  est à l'état de quartz qui est manifestement plus abondant (3 à 4 fois) dans les alluvions que dans le minerai en place. On le constate en confrontant (tableau no. 1) les analyses no. 1 et 2, aux analyses no. 3 et 4. Ce quartz a des inclusions opaques (15 à 25 microns) que l'on a supposé être de l'or. Cela n'a pas pu être vérifié d'une façon certaine et j'ai personnellement renoncé à cette hypothèse. Il me semble, en effet, que l'enrichissement simultané de l'or et du quartz dans le minerai remanié doit être considéré — jusqu'à preuve du contraire — comme une simple coïncidence à mettre sur le compte des propriétés particulières de ces deux minéraux. Ce ne serait donc pas une question d'ordre génétique.

Pour les minerais en place, c'est souvent la calamine,  $2ZnO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ , qui fait l'apport de la silice.

La présence de mica et d'autres silicates provenant des roches éruptives qui recoupent le gisement a été signalée. Certains sables en renferment même de grandes quantités.

---

<sup>7)</sup> RALLI, E., Etude sur Bulgar-Dag, rapport manuscrit, p. 16, n'exclut pas pour la limonite l'éventualité d'une origine autre que celle que j'admets ci-dessus.

9. *Le soufre*, S est lié en majeure partie aux différents minéraux sulfatés dont j'ai déjà fait l'énumération. Le solde des sulfures non oxydés intervient dans une mesure insignifiante (galène, chalcopyrite).

10. *L'arsenic*, As existe certainement sous forme de mimétèse,  $\text{PbCl}_2 \cdot 3(3\text{PbO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5)$ , qui, dans les concentrés de flottage, représente jusqu'à 4 à 5 % du plomb total. C'est le seul minéral arsénifère identifié. L'état d'extrême altération du minerai oxydé de Bolkar-Maden le rend peu accessible à la préparation et à l'étude des pièces polies. L'absence de mispickel et de fahlerz, minéraux dont la présence éventuelle devait être envisagée, a été dûment constatée.

11. *L'argent*, Ag est en premier lieu solidaire des minéraux plombifères (zone de cémentation) qui sont fortement argentifères comme l'a prouvé le dosage des métaux précieux dans de nombreux concentrés de flottage. Voici quelques analyses:

Tableau no. 2, analyses de concentrés

minerai traité	no. essai	% Pb	g/t Ag	g/t Au
<i>Yeşilli</i> , minerai remanié	A <sub>III</sub> /3, conc.	52,1	2580	81,3
idem	A <sub>III</sub> /5, conc.	63,0	3040	96,0
<i>Yeşilli</i> , minerai en place	W <sub>II</sub> /g, conc.	62,0	3200	7,2
<i>Sarıbaşıyukari</i> , minerai en place	Sari/b <sub>1</sub> , conc.	51,0	1890	39,0

L'argentite,  $\text{Ag}_2\text{S}$  a pu être déterminée dans des échantillons de galène sulfatée (*Sarıbaşıyukari*, en particulier). Il est intéressant de comparer les concentrés du minerai en place, pauvres en or, à ceux très aurifères des alluvions. On constate alors que l'argent allié à l'or ne peut pas être d'un apport considérable.

Signalons par anticipation que la jarosite plombifère de Bolkar-Maden renferme au nombre de ses impuretés l'argent (v. analyses, tableau no. 9, p. 425). Mes dosages m'ont donné de 750 à 1550 g/t Ag dans les jarosites. Cet élément s'y trouve sous une forme non identifiée, mais l'hypothèse qu'il peut s'agir d'argentojarosite, dont la formule est selon SCHEMP, C. A.<sup>8)</sup>,  $\text{Ag}_2\text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , me semble d'autant plus plausible que cette paragenèse est signalée par l'auteur. Il s'agit d'un phénomène d'isomorphie, de sorte que la substitution d'une partie du plomb par l'argent apparaît d'autant plus

<sup>8)</sup> SCHEMP, C. A., Argentojarosit of the Tintic Standard Mine/Dividend (Utah), Amer. J. Science 6 (1923), p. 73.

vraisemblable que la galène ou l'anglésite, points de départ de nos différentes jarosites, sont argentifères.

La coloration quelquefois jaune pâle de certaines paillettes d'or a permis de supposer que l'on se trouve en présence d'un alliage or-argent (électron). J'ai vérifié la question en dosant l'argent de concentrés de battée, dont on avait encore amélioré la qualité par séparation aux liqueurs lourdes et même dans un cas par traitement à l'acide sulfurique, au risque de dissoudre l'argent de l'alliage. Au binoculaire, les paillettes d'or se sont révélées exemptes d'autres minéraux. J'ai obtenu 27,6 % Ag et 21,5 % Ag après traitement par  $H_2SO_4$ . Il s'agissait de paillettes du minerai alluvionnaire de Yeşilli qui sont donc effectivement un alliage or-argent.

HARTLEY, W. N. et RAMAGE, H.<sup>9)</sup> ont signalé que la plupart des minerais de fer sont légèrement argentifères. Cette affirmation est basée sur l'examen de 92 échantillons différents, dont 88 étaient argentifères. La grande quantité de limonite de Bolkar-Maden rend une hypothèse de ce genre probable, d'autant plus que le gisement est fortement argentifère et la limonite, un produit d'altération de sulfures ayant sans doute contenu de l'argent, en proportion parfaitement pondérable.

12. *L'or, Au* a subi un enrichissement dans le minerai remanié, sans que cela soit une règle générale. Le minerai de Saribaşyukari — considéré comme non remanié — est un cas extrême (v. tableau no. 1, analyse no. 4). Cet enrichissement de l'or est souvent considérable puisque les teneurs des alluvions sont au moins quadruples de celles du minerai ordinaire. Parallèlement s'est effectué une augmentation de la teneur en  $SiO_2$ . J'ai signalé ce qu'il y avait lieu de penser de ce phénomène. De fait, j'ai observé quantités de concentrés de battée au cours de mes recherches: L'or dans une gangue de quartz est un cas mal contrôlé. L'or se trouve en paillettes ne dépassant guère 100 microns; la majeure partie se situe entre 30 et 100 microns, soit en moyenne à 65—70 microns (refus du tamis no. 250). Mais il est évident que les paillettes plus ténues se laissent moins bien observer et sont en outre facilement perdues pendant le débourbage. L'or affecte des formes très variées. Le grain est généralement allongé, légèrement dentritique, cependant que les angles en sont le plus souvent arrondis. On observe de temps en temps des facettes cristallines fort bien conservées.

---

<sup>9)</sup> HARTLEY, W. N. et RAMAGE, H., Journ. of the Chem. Society, vol. 71 (1897).

Si l'or, dans une gangue de quartz, est exceptionnel, voire même inexistant, on constate par contre fréquemment une pellicule résiduaire de limonite sur les paillettes, en particulier dans les dépressions du granule d'or, où la limonite semble avoir été à l'abri de l'action de décapage, qui a eu lieu durant la formation des alluvions par les rivières souterraines. Il se trouve même parfois des paillettes d'or enchassées dans une gangue de limonite rougeâtre dont on ne voit ainsi qu'un point métallique brillant. Ce sont ces observations qui ont confirmé mon opinion sur l'origine de l'or en relation avec des pyrites et sans doute aussi des mispickels préexistants.

J'ai mentionné le fait que l'or se trouve sous forme d'alliage (25 à 27 % Ag), sans insister sur la teinte de cet alliage qui devrait être d'un jaune beaucoup plus pâle que ce que j'ai constaté en général. L'alliage semble en effet contenir quelques centièmes de cuivre (déterminé spectroscopiquement) qui est la cause de la contradiction manifeste entre la couleur des paillettes et leur teneur moyenne en argent.

Au point de vue pratique, il faut s'attendre à ce que l'extraction par cyanuration de l'or de Bolkar-Maden se fasse sans difficulté puisqu'il est „libre“. C'est bien ce que les essais de laboratoire ont démontré.

### Analyse granulométrique

J'ai essayé de préciser dès le début de mon étude les rares éléments distinctifs du minerai remanié et du minerai en place. L'analyse granulométrique est dans ce sens plus éloquente que les analyses chimique et minéralogique. Elle met admirablement en évidence les résultats du travail mécanique qui s'est effectué sur les alluvions et les effets de cette sédimentation sur la répartition des éléments métalliques principaux.

L'analyse granulométrique a porté sur les échantillons correspondant aux analyses chimiques no. 1 et 3; le no. 1 étant, je le rappelle, un échantillon moyen des alluvions de Yeşilli (A—II) et le no. 3 un minerai du même quartier (W—110). J'ai opéré avec les tamis américains „Tyler standard scale“, en débourbant sous l'eau, ce matériel argileux ne se prêtant absolument pas à un tamisage à sec. Bien entendu les échantillons examinés l'ont été sans aucun broyage préalable, de sorte que le tableau no. 3 donne exactement la répartition granulométrique du tout-venant, qu'il s'agisse des allu-



vions ou du minerai en place. Ce sont dans chacun des deux cas une quinzaine de kgs. qui ont été examinés. Les chiffres obtenus sont donc un critère permettant l'étude comparative des alluvions et du minerai in situ du Bolkardağ. Les courbes (tableaux no. 5 et 6) des variations des teneurs et des répartitions des principaux métaux selon les différentes classes granulométriques sont établies sur la base des données réunies dans le tableau no. 3. Elles illustrent bien les caractères respectifs des deux qualités de minerai de ce gîte particulier.

a) *Courbes granulométriques* (tableaux no. 5a et 5b)

On constate les différences les plus prononcées dans les classes extrêmes, soit dans le refus du tamis no. 10 et dans la poudre qui franchit le tamis no. 250. Ils nous donnent respectivement 62,7 % de refus au no. 10 pour le minerai, contre 24,5 % pour les alluvions et un débit de 11,2 %, contre 33,7 % par le tamis 250.

Tableau no. 3. Analyses granulométriques d'un échantillon moyen du minerai remanié (1) et du minerai en place (3) provenant tous deux de Yeşilli

tamis no.	refus des tamis		p l o m b				a r g e n t				o r			
			teneurs		répartition		teneurs		répartition		teneurs		répartition	
	%	%	%	%	%	%	g/t	g/t	%	%	g/t	g/t	%	%
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
+ 10	24,5	62,7	9,2	11,8	29,2	68,2	523	530	32,4	69,2	9,8	1,5	18,3	47,0
+ 42	21,4	17,4	8,3	11,6	23,0	18,6	332	446	18,1	16,2	11,5	2,8	18,8	24,5
+ 100	13,2	5,3	6,2	6,2	10,6	3,1	297	416	9,9	4,6	17,5	3,8	17,7	10,5
+ 250	7,2	3,4	5,4	9,2	5,1	2,9	274	462	5,0	3,3	22,9	4,5	12,6	7,5
- 250	33,7	11,2	7,4	6,8	32,1	7,2	405	282	34,6	6,7	12,7	1,8	32,6	10,5
moyennes	100	100	7,7	10,8	100	100	394	480	100	100	13,1	2,0	100	100

Les tamis „Tyler Standard scale“ correspondent aux dimensions suivantes:

le no. 10 a une maille de 1,651 mm

„ „ 42 „ „ „ „ 0,351 „

„ „ 100 „ „ „ „ 0,147 „

„ „ 250 „ „ „ „ 0,061 „

Il m'a paru intéressant de subdiviser davantage ce tri fin des alluvions qui comporte donc 33,7 % et de voir si à l'aide d'un élu-triateur type Nobel, une variation quelconque des teneurs peut s'établir dans les classes ultra-fines. J'ai examiné le cas du plomb, en partant d'une prise aliquote du „— 250“. En voici les résultats:



Tableau no. 4. Répartition granulométrique par élutriation du débit fin du tamis no. 250

de 60 à 20 microns	49 %	titrant	7,3 % Pb
de 20 à 2 „	47 %	„	7,4 % Pb
infér. à 2 „	4 %	„	8,4 % Pb
undersize no. 250	100 %	titrant	7,4 % Pb

L'estimation des dimensions des grains s'est faite au microscope. Il est cependant certain que la classe inférieure à 2 microns est beaucoup plus importante que celà n'apparaît dans ce tableau no. 4. De toute façon, il ressort que la teneur en Pb ne varie guère et que l'on doit se trouver en présence de minéraux plombifères de densité égale ou même d'un unique minéral renfermant le plomb.

En fait, le microscope ne décèle que des traces de cérusite et d'anglésite, en quantités notablement inférieures aux teneurs analytiques de 7,3 à 8,4 % Pb. La suite des recherches a permis de conclure qu'il ne pouvait s'agir que d'une plombojarosite ou, tout au moins, d'un minéral du même groupe. Grosso modo, ces schlamms se composent de

50 à 60 % d'éléments limonitiques, jarosites comprises

40 à 30 % de quartz

10 % de carbonates rhombiques et de micas.

100 %.

Il est des plus normal, au point de vue strictement granulométrique, qu'un minerai „en place“ présente un refus de 62,7 % alors que le même minerai remané voit son refus au même tamis no. 10 abaissé à 24,5 %. On ne peut au contraire que s'étonner d'une proportion de „fines“ déjà si importante ( $-250 = 11,2\%$ ) pour un minerai n'ayant subi qu'une altération chimique, tandis que les alluvions ont eu affaire à de puissants agents mécaniques.

Ce sont certes des rivières qui ont circulé dans le dédale des labyrinthes de Bolkar-Maden, mais une véritable classification alluvonnaire, telle qu'elle se réalise dans un lit de cours d'eau ordinaire, ne se constate pas d'une façon générale. Et si certains de ces dépôts de minerai sont lités, avec alternance de teintes claires ou foncées et inclinaison dans le sens d'écoulement des eaux, beaucoup d'autres se sont effectués sans stratification dans des trous du calcaire (cassures, grottes, anfractuosités diverses).

C'est justement ce minerai le moins remanié n'ayant pour un motif quelconque subi qu'un petit transport, qui caractérise les allu-

vions de ce gisement; elles sont ainsi plutôt des terres boueuses limonitiques minéralisées (30 à 40 % de schlamms) que des alluvions dans le sens usuel du terme. Les teneurs les plus fortes ont toujours été constatées dans les échantillons des „terres“ et non pas des sables.

*b) Les courbes des „répartitions pourcentuelles“  
(tableaux no. 5a et 5b)*

Elles sont une autre caractéristique des minerais. Il est vrai qu'elle est ordinairement utilisée pour se renseigner sur la mouture du minerai, c'est-à-dire sur la qualité du travail des appareils de broyage et de classification en préparation mécanique. Il m'a paru intéressant d'appliquer cette méthode d'investigation à un cas de „mouture naturelle“ tel qu'il se présente à Bolkar-Maden.

Ces dernières courbes montrent le parallélisme entre la répartition granulométrique proprement dite et les quantités de plomb ou d'argent contenues dans les différentes classes. Cela est conforme aux présomptions. La courbe „or“ présente par contre une réelle indépendance due à une accumulation du métal précieux dans une certaine classe privilégiée (refus du tamis no. 250). La constatation du phénomène est plus aisée dans le cas des alluvions — notablement plus riches en or — que pour le minerai en place. Cela est une conséquence des caractéristiques physiques et chimiques de l'or qui est malléable, s'arrondit lorsqu'il est roulé et résiste remarquablement aux agents chimiques.

*c) Les courbes des variations des teneurs  
(tableaux no. 6a, 6b, 6c)*

Ce particularisme de l'or est mis en évidence par l'étude des fluctuations des teneurs d'une classe granulométrique à l'autre. Ce procédé est, tout comme le précédent, d'un usage répandu dans la pratique du traitement préparatoire des minerais.

1. La courbe „Pb“ (tableau no. 6a) du minerai part d'un maximum, touche un minimum au tamis no. 100, remonte au tamis no. 250 pour retrouver un second minimum, d'égale valeur, dans les schlamms. Pour les alluvions, il y a aussi un maximum au départ et un second de moindre importance pour les schlamms; entre deux, un seul minimum se situant au tamis no. 250.

2. La courbe „Ag“ (tableau no. 6b) du minerai suit un tracé analogue à celui du plomb, soit maximum au départ et second maxi-

Tableau n° 5 a

Minerai en place, répartition granulométrique

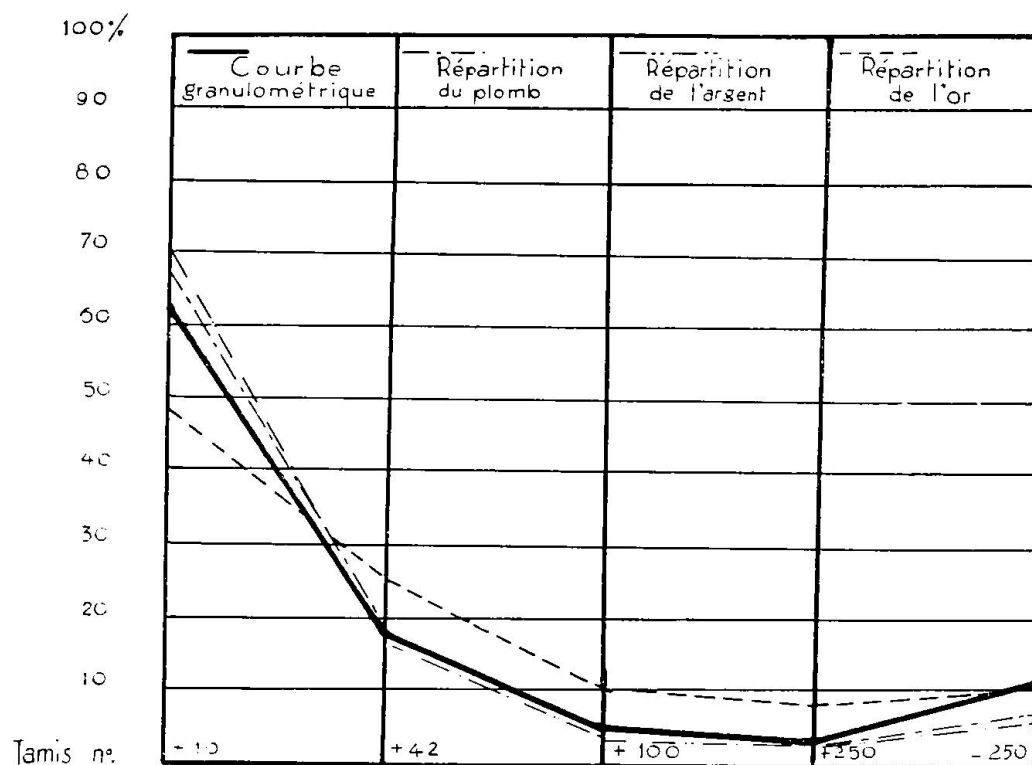


Tableau n° 5 b.

Minerai remanié, répartition granulométrique

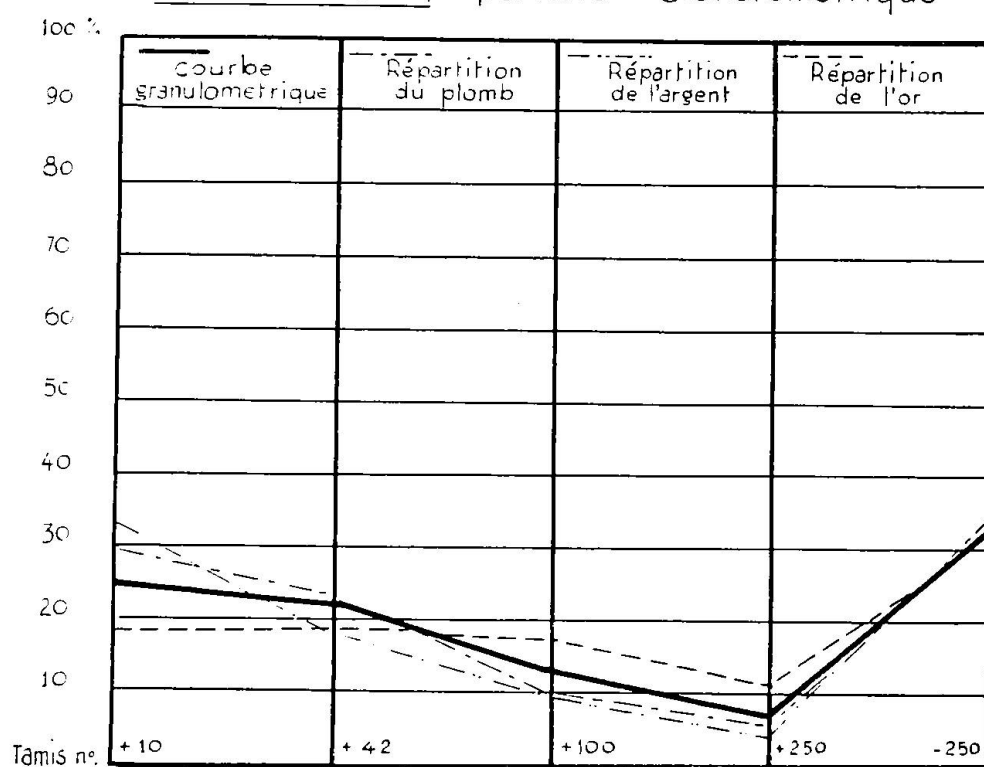


Tableau n° 6a  
Plomb, variation des teneurs

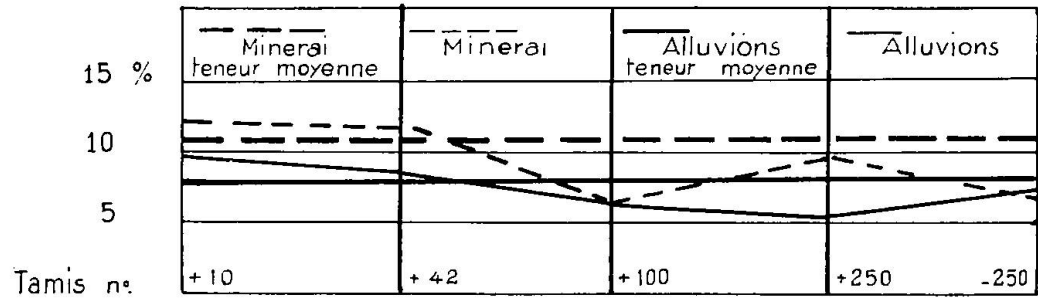


Tableau n° 6b  
Argent, variation des teneurs

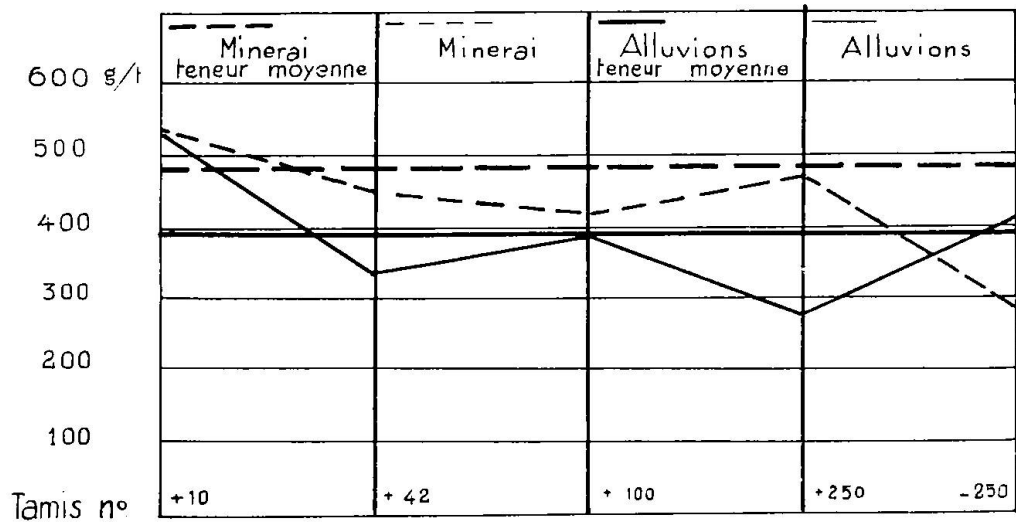
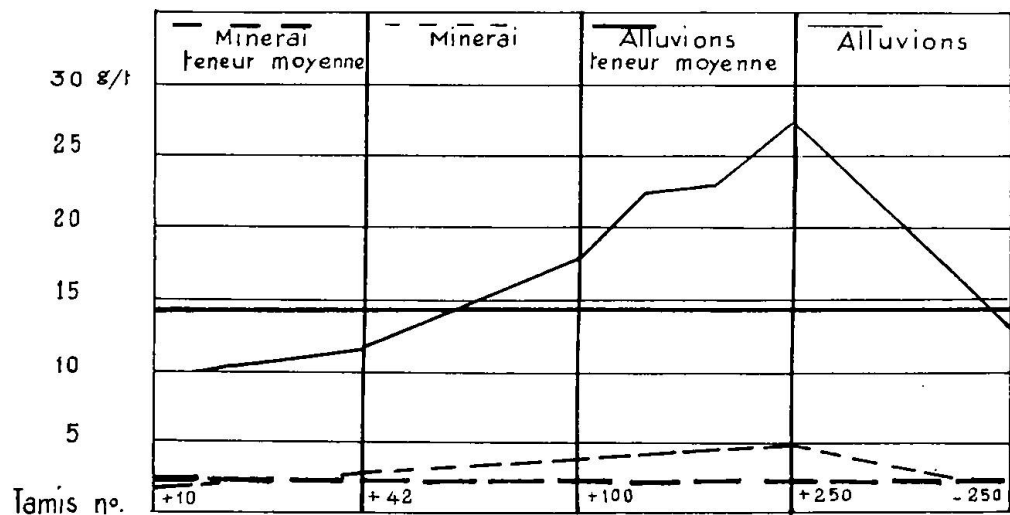


Tableau n° 6c  
Or, variation des teneurs



mum au tamis no. 250. D'autre part, minimum au tamis no. 100 et autre minimum plus prononcé dans les schlamms, le débit fin du no. 250. D'autres analyses de minerai m'ont donné une courbe sans maximum ni minimum intermédiaire, s'abaissant graduellement d'un maximum situé au départ à un minimum pour les schlamms. La courbe „Pb“ correspondante ne présentait alors qu'un faible redressement de la teneur dans les schlamms. Notons que cet échantillon se rapprochait moins de la moyenne que celui que j'ai retenu comme terme de comparaison dans mon étude.

Le tracé de la courbe „Ag“ des alluvions, tracé qui a pu être vérifié plusieurs fois, se distingue nettement du précédent. Et la différence entre les 2 courbes „Ag“ des alluvions et du minerai est plus prononcée que celle du même type signalée pour la courbe „Pb“. Entre les deux maxima, au départ et à l'aboutissement de la courbe, le minimum est ici très accusé. On a dès lors l'impression qu'il doit exister un minéral argentifère dans le minerai de Bolkar-Maden, et plus particulièrement dans le minerai remanié, en dehors de l'argent directement associé aux minéraux plombifères (l'argentite) et de l'argent des paillettes d'or.

3. Les deux courbes „or“ (tableau no. 6c) sont un nouveau témoignage en faveur de la terminologie adoptée dans cette description, selon laquelle il convient de considérer séparément le minerai en place et les alluvions. Pour le minerai, on relève deux minima, respectivement au départ (tamis no. 10) et à l'arrivée (schlamms) et un maximum pour le tamis no. 250, correspondant à un grain de 0,061 à 0,074 mm.

Pour les alluvions, l'allure générale de la courbe „or“ est la même, mais en plus accusé. On y voit donc deux minima aux extrémités et un fort maximum au tamis no. 250. Dans les deux cas le maximum de la teneur a une valeur double de celle de la teneur moyenne. Cet enrichissement naturel est en corrélation effective avec une accumulation d'or libre dans cette classe granulométrique (no. 250).

#### Interprétation minéralogique des essais de traitement

L'examen systématique dont on trouve ci-dessus l'exposé avait un but pratique. Il devait m'orienter dans mes essais de traitement portant sur la récupération des éléments Pb, Ag et Au dans lesquels réside la valeur économique du minerai de Bolkar-Maden, le zinc devant être négligé pour des raisons de prix de revient.

Ayant constaté que les observations recueillies au cours de mes nouvelles investigations m'ont permis d'accroître ma documentation sur le caractère minéralogique de notre minerai, je trouve utile d'en présenter la quintessence. Je le ferai sans m'étendre longuement sur de nombreuses observations intéressant plus particulièrement les procédés mis en oeuvre (flottage et cyanuration), pour résoudre un problème considéré comme délicat.

Concernant le plomb le flottage donne des rejets déplorables pour les schlamms (undersize no. 200), tandis que les autres classes granulométriques sont plus satisfaisantes.

L'argent suit une courbe analogue à celle du plomb.

L'or par contre est moins bien extrait dans les classes supérieures que dans les „fines“.

Les concentrés bruts examinés granulométriquement présentent des teneurs excellentes dans les classes 60, 80, 100 et 200 et mauvaises dans les schlamms. Ces derniers interviennent pondérablement d'une façon si considérable (65 à 70 % du minerai broyé) que la teneur générale des concentrés s'en trouve abaissée pour les trois métaux Pb, Ag et Au.

Il devenait dès lors primordial, pour la suite des essais, d'expliquer la nature minéralogique du plomb et de l'argent dans les schlamms, sur le compte desquels il fallait mettre l'insuccès relatif du flottage.

Ces schlamms examinés à la battée pour y obtenir un concentré réunissant les métaux lourds (Pb, Ag, Au) n'ont pas fourni l'éclaircissement désiré: Les concentrés de battée renfermaient un peu d'or, et des traces de cérusite ou d'anglésite, tout-à-fait insuffisantes, pour expliquer l'importance du titre en plomb des schlamms. La réaction au sulfure de sodium, à laquelle les minéraux plombifères sont très sensibles, était négative aussi. Au microscope, l'examen n'a été en somme qu'une confirmation négative: on constatait l'absence des minéraux plombifères usuels sans pouvoir préciser par quoi ces minéraux se trouvaient être remplacés.

Me doutant qu'il ne pouvait désormais s'agir que d'un minéral du groupe des jarosites, j'ai fait faire la séparation aux liqueurs lourdes signalée plus haut (p. 409).

#### IV. LA JAROSITE PLOMBIFÈRE DE BOLKARDAG

En s'attachant de préférence aux échantillons provenant d'un certain montage dénommé „Saribaşyukari“, ce qui signifie „mon-

tage jaune“, le minerai recoupé dans ce quartier de Yeşilli étant effectivement d'un beau jaune canari, j'ai supposé pouvoir obtenir un minerai riche en jarosite, car il donnait au flottage les résultats les plus négatifs que l'on puisse imaginer.

Les spécimens particulièrement homogènes se présentent comme suit: matière terreuse, friable, relativement onctueuse, dont la teinte est jaune. On n'a aucunement l'impression d'avoir autre chose entre les mains qu'une terre argileuse ocrée. Il se forme un grain impalpable à l'écrasement entre les doigts. La densité moyenne de cette substance est de 3,5 à 3,8 par 20° C.

Sous le microscope, notre matière ne perd rien de son homogénéité apparente, de sorte que l'on acquiert la conviction d'avoir affaire à un minéral bien défini. La teinte est jaune, d'intensité variable, selon l'épaisseur des paillettes dont la ténuité est telle que la détermination des caractéristiques optiques en est rendue impossible. On peut constater que la biréfringence est plutôt forte; l'indice de réfraction est de l'ordre de 1,90.

Certains échantillons brunâtres, rappelant la corne par leur brillant sans en avoir la dureté ont la même origine. L'association des deux minéraux laisse prévoir quelque parenté. Ce dernier est plus argileux et partant moins terreux et moins friable. Sous le microscope son indice est de 1,66 à 1,70 lorsqu'il est isotrope (gel) et de 1,72 lorsqu'il est anisotrope.

L'analyse chimique a montré (voir ci-dessous tableau no. 7, analyse d) dans les deux cas la présence de fer, de plomb et de soufre, celui-ci à l'état de sulfate sans aucune trace de sulfures. L'hypothèse s'impose que les deux échantillons, le jaune et le brun, ont la même origine et que le plomb se trouve, dans l'un comme dans l'autre, sous forme du même minéral.

Voici les résultats des différentes analyses relatives aux terres jaunes ou brunes dont je viens de faire la description:

(Voir Tableau Nr. 7, page 422)

Les analyses (a), (b), (c) et (f) ont été faites sur des matières jaunes, paraissant absolument identiques les unes aux autres aussi bien à l'oeil nu que sous le microscope. Signalons pour (a) et (b) la présence de MnO déterminé qualitativement et que l'on peut évaluer approximativement à 1,0 %.

Les analyses (d) et (e) donnent quelques renseignements, (d) sur un terre brun très foncé et (e) sur une terre brunâtre.

Tableau no. 7  
Analyses d'échantillons de „mineral jarositique“

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
	%	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	0,30	0,35	?	?	?	?
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41,13	41,12	40,2	43,3	?	?
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20	2,15	?	?	?	?
PbO	22,20	22,30	18,50	6,10	10,40	16,90
Ag <sub>2</sub> O	0,077	0,077	0,075	traces	0,157	0,084
CuO	0,31	0,37	?	?	?	?
CaO	0,59	0,67	?	?	?	?
MgO	0,40	0,42	?	?	?	?
ZnO	0,63	0,71	?	?	?	?
K <sub>2</sub> O	1,10	1,30	?	?	?	?
SO <sub>3</sub>	19,90	19,90	22,40	4,50	?	?
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,92	2,00	?	?	?	?
H <sub>2</sub> O	6,60	7,10	?	?	?	?
perte au feu	28,90	28,60	?	?	?	?
Au g/t	97,357	98,467	?	?	?	?
	12	12	11,5	—	2,0	40,4

Loin d'être homogènes, comme on l'avait supposé, ces terres révèlent à l'analyse une complexité qui les apparente complètement à l'ensemble du minerai de Bolkar-Maden, en ce sens que les éléments chimiques du tableau no. 1 se retrouvent tous dans le dernier tableau no. 7.

Il peut paraître dès lors osé de se permettre un calcul moléculaire; mais l'analogie entre le poids spécifique de notre terre jaune et celui des jarosites, d'une part, les quelques caractères optiques identifiés, d'autre part, et, au point de vue chimique, ce soufre qui n'y existe que sous forme de sulfate, ainsi que la présence d'alcalis (surtout de potassium) sont une série de faits autorisant, à mon avis, une tentative de ce genre.

J'opérerai pour ce calcul sur l'analyse (b) car son résultat pour H<sub>2</sub>O m'a été signalé comme étant probablement plus correct que celui de (a).

En admettant donc que K<sub>2</sub>O se trouve comme jarosite potassique de formule K<sub>2</sub>O · 3 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 4 SO<sub>3</sub> · 6 H<sub>2</sub>O et As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de mimétèse de formule PbCl<sub>2</sub> · 3 Pb<sub>3</sub>As<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>10)</sup> il reste un solde en PbO, SO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>O dont les valeurs respectives sont les suivantes:

<sup>10)</sup> Je rappelle à ce sujet que le mimétèse a été identifié pour la première fois dans des échantillons provenant de „Saribaşyukari“.



Tableau no. 8. Décomposition minéralogique du „minéral jarositique

	analyse (b) %	jarosite %	mimétèse %	solde %	quotients moléculaires	fact.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> et Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,27	16,3	—	36,97	0,234	3,2
PbO et Ag <sub>2</sub> O	22,28	—	6,0	16,28	0,073	1
K <sub>2</sub> O	1,30	1,3	—	—	—	—
SO <sub>3</sub>	19,90	4,4	—	15,50	0,194	2,8
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,00	—	2,0	—	—	—
H <sub>2</sub> O	7,10	1,5	—	5,60	0,310	4,3
	95,85	13,5	8,0	74,35		

La formule de la plombojarosite est  $\text{PbO} \cdot 3 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SO}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , soit une proportion de 1 : 3 : 4 : 6. Je n'arrive qu'à 1 : 3 : 3 : 4, et l'analyse incomplète (c) donne les mêmes proportions. Laissant le cas échéant de côté H<sub>2</sub>O, dont la détermination dans les alunites, etc. demande un mode opératoire particulier, ainsi qu'une certaine spécialisation pour être effectuée correctement (v. DOELTER, C. et LEITMEIER, H., Handbuch der Mineralchemie, t. IV/2, p. 3—4) : Il n'en reste pas moins régulièrement un manque de SO<sub>3</sub> qu'il n'est plus possible de mettre sur le compte du chimiste. Un excès de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> peut trouver son explication dans le fait qu'une substance d'un genre aussi complexe contient sans doute un peu de limonite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · nH<sub>2</sub>O.

La question ne se résolvant pas sans restrictions, il m'a paru intéressant de résumer brièvement, ci-dessous, les renseignements bibliographiques — fort clairsemés du reste — qui traitent la question des jarosites et plus particulièrement des jarosites plombifères.

KÖNIG, G. A.<sup>11)</sup>, de Philadelphie, est, à notre connaissance, un des premiers à décrire une jarosite de formule  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SO}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  trouvée dans le South-Arkansas, Colorado, à proximité de minerais argentifères, dans les porphyres. Sur les haldes les morceaux de limonite sont très souvent recouverts par cette jarosite.

Ce sont HILLEBRAND, W. F. et PENFIELD, S. L.<sup>12)</sup>, deux savants américains, qui donnent la première relation d'une plombojarosite. Le matériel provient de Cook's Peek (New-Mexico). Il est terreux, pulvérulent, d'un jaune brillant. Son poids spécifique est de 3,665 à 30 ° C. (v. l'analyse dans le tableau récapitulatif, no. 9, p. 425).

Les auteurs mettent l'excès de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et de PbO sur le compte d'impuretés, sous forme de limonite et pour le plomb, ils envisagent l'existence d'un silicate de plomb, vu la solubilité de la silice. Ils signalent, pour terminer leur article, que c'est le premier cas d'iso-

morphie connu du Pb et des alcalis. Ayant examiné une natrojarosite et une plombojarosite provenant de Red-Mountain, ils constatent la difficulté qu'il y a à les identifier. Les conditions présidant à leur formation doivent être les mêmes que pour les alunites, soit l'action de solfatares.

HILLEBRAND, W. F. et WRIGHT, F. E. (Washington) <sup>13)</sup> font la description d'un nouvel échantillon de plombojarosite venant de American Fork (Utah). Il est composé de paillettes hexagonales, jaunes ou brunes; elles sont pléochroïques,  $\varepsilon = 1,785$ ,  $\omega = 1,825$ , la biréfringence est supérieure à 0,040. Le minéral est uniaxe et négatif.

BUTLER, B. S. <sup>14)</sup> récapitule les différents renseignements des précédents auteurs et situe, dans son étude, la plombojarosite sur le plan industriel, si l'on peut dire, alors que jusqu'à présent, il ne s'était agi que d'une curiosité minéralogique.

BUTLER a constaté la présence de plombojarosite dans de très nombreux gisements en Utah, parfois en quantités industrielles et exploitables selon les conditions de transport. Tantôt jaune-clair, tantôt brune, d'aspect terreux, sa ressemblance avec la limonite est grande, mais elle est plus onctueuse au toucher et très friable. Dans le district de Detroit, la plombojarosite a même été utilisée comme fondant dans une fonderie régionale. Les piliers les plus riches dans le „Fish springs district“ sont enrobés d'un certain minerai de „seconde classe“. Il s'agit de plombojarosite, produit d'oxydation de minerais complexes.

KNOPF, A. <sup>15)</sup> nous parle d'un minéral nouveau rencontré aux environs de Bossmine près du village de Las Vegas (Nevada), où se sont trouvées des mottes jaune-paille d'une substance qu'il appelée la végasite. Son analogie avec la plombojarosite est grande (v. l'analyse faite par WELLS, H. C. dans le tableau no. 9, p. 425). On aura l'occasion de constater ci-dessous que la végasite et la jarosite plombifère de Bolkar-Maden ont beaucoup de points communs: Ces

<sup>11)</sup> KÖNIG, G. A., Philadelphia, Jarosit von einer neuen Fundstätte, Z. f. Kristallographie 5 (1881), p. 317.

<sup>12)</sup> HILLEBRAND, W. F. (Washington), PENFIELD, S. L. (New Haven, Con.), Beiträge zur Kenntnis der Alunit-Jarosit-Gruppe, Z. f. Kristallographie 36 (1902), p. 545—557.

<sup>13)</sup> HILLEBRAND, W. F. and WRIGHT, F. E., A new deposit of plumbojarosit, American Journal of Science, vol. 30 (1910), p. 191—192.

<sup>14)</sup> BUTLER, B. S., Occurrence of complex and little known sulphates and sulpharsenates as ore minerals in Utah, Econ., Geol. (1913), no. 4, p. 311.

<sup>15)</sup> KNOPF, A., Journ. of Wash. Acad. of Sciences 5 (1915) p. 497—503.

deux minéraux présentent le même déficit en  $\text{SO}_3$  qui les distingue l'un et l'autre de la véritable plombojarosite.

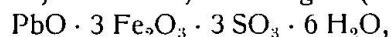
Tableau no. 9. Analyses de jarosites plombifères

	(b) %	(c) %	(g) %	(h) %	(j) %	(k) %
$\text{SiO}_2$	0,35	?	1,14	0,51	2,64	6,90
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	41,12	40,20	38,90	42,37	42,11	32,24
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,15	?	3,33	0,10	—	0,14
$\text{PbO}$	22,30	18,50	18,44	19,84	18,82	16,75
$\text{Ag}_2\text{O}$	0,077	0,075	?	?	?	traces
$\text{ZnO}$	0,71	?	?	—	0,30	—
$\text{CuO}$	0,31	?	?	0,27	—	1,97
$\text{CaO}$	0,59	?	0,45	0,05	—	0,06
$\text{MgO}$	0,40	?	0,49	0,01	—	0,14
$\text{K}_2\text{O}$	1,10	?	0,10	0,17	—	0,22
$\text{Na}_2\text{O}$	traces	?	0,76	0,21	0,13	0,52
$\text{SO}_3$	19,90	22,40	24,60	27,06	27,59	24,08
$\text{As}_2\text{O}_5$	2,00	?	?	?	?	0,09
$\text{Bi}_2\text{O}_3$	—	—	—	—	—	6,34
$\text{H}_2\text{O}$	7,10	?	11,72	9,56	9,16	8,55
$\text{Au}$	12 g/t	11,5 g/t	?	?	?	0,79
$\text{Pd et Pt}$	—	—	—	—	—	0,27
$\text{TiO}_2 \text{ et } \text{CO}_2$	—	—	—	—	—	0,79
	98,47	?	99,93	100,15	100,25	99,88
poids spécifique	3,6	3,6	?	3,66	3,6	?
indices de réfraction	$\varepsilon = 1,722$ $\omega = 1,9$		$\varepsilon = 1,755$ $\omega = 1,82$	$\varepsilon = 1,786$ $\omega = 1,875$		$\varepsilon = 1,784$ $\omega = 1,876$

L'analyse (b), Bolkar-Maden, Saribaşyukari, jarosite plombifère.

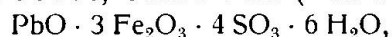
„ (c), Bolkar-Maden, Saribaşyukari, jarosite plombifère.

„ (g), végasite, Bossmine, Las Vegas (Nevada)



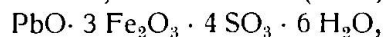
selon KNOPF, A., Journ. of Wash. Acad. of Sciences 5, (1915)  
p. 497—503.

„ (h), plombojarosite, Cook's Peak (New-Mexico),



selon HILLEBRAND, W. F. et PENFIELD, S. L., Amer. J. Sc. vol. 14  
(1902) p. 213 et Z. f. Kristallographie, vol. 36 (1902)  
p. 545—557.

„ (j), plombojarosite, Beaven Co. (Utah),

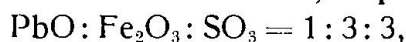


selon SCHELLER, W. T., Z. f. Kristallographie, vol. 50 (1912),  
p. 119.

„ (k), plombojarosite, Bossmine (Nevada), selon WELLS, R. C.,  
Journ. of Wash. Acad. of Sciences 5 (1915), p. 497—503.

Signalons tout d'abord pourquoi l'analogie entre la végasite de KNOPF et le matériel jarositique du Bolkardag me paraît intéressante:

Dans la végasite comme à Bolkar-Maden, la proportion



tandis qu'elle est de 1 : 3 : 4 dans les jarosites proprement dites.

Il ne peut plus s'agir d'un phénomène fortuit, dû aux nombreuses impuretés du matériel analysé. Il vient s'y ajouter la coïncidence des indices de réfraction, bien caractéristiques de l'espèce minéralogique. En confrontant l'analyse (k) à (b) on constate que ce matériel de Boosmine est si possible encore plus hétérogène que celui de Saribaşyukari à Bolkar-Maden; il s'y trouve également des métaux précieux, tels que Au, voire même Pt et Pd.

Il y a enfin identité des poids spécifiques, et des autres caractères physiques généraux. Malheureusement, l'état de cristallisation est mauvais: il ne s'est pas trouvé jusqu'à présent de paillettes hexagonales d'une dimension permettant la détermination précise des valeurs optiques, comme pour la plombojarosite de Keban-Maden, où ce minéral se retrouve mais en moindre importance qu'à Bolkar-Maden.

## V. CONSIDÉRATIONS GÉNÉTIQUES

Concernant les conditions génétiques, voici ce que BUTLER<sup>16)</sup> énonce pour résumer la situation: Les jarosites sont des produits d'oxydation de minerais sulfurés complexes. Elles semblent occuper parfois la position du minerai primaire, à faibles profondeurs, jamais en affleurements. On a l'impression, dit l'auteur, d'une réaction de solutions ferriques sur les sulfures des autres minéraux (présence de nodules de galène enrobés de jarosite). La plombojarosite n'est qu'un stade intermédiaire de l'altération de la galène. Elle se décompose en ses simples, c'est-à-dire en limonite et en anglésite, minéral qui passe en définitive à la cérusite par carbonatation à l'air.

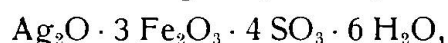
HILLEBRAND et PENFIELD<sup>17)</sup> estimaient eux que les jarosites sont des produits de solfatares ou de l'action combinée sur les solutions de la chaleur et de la pression.

Ces différents savants sont d'accord sur la question des solutions ferriques; reste l'action de la chaleur, de thermes en quelques sorte. Il est fort possible, à notre connaissance, que toutes ces conditions se soient réalisées à Bolkar-Maden. La décomposition des pyrites a fourni d'énormes quantités de sulfates ferriques: les vestiges en sont, d'une part, l'abondance de limonite et, d'autre part, des minéraux, tels que les jarosites.

<sup>16)</sup> BUTLER, B. S., Occurrence . . . etc. *Economic Geology* no. 4 (1913) p. 311.

<sup>17)</sup> HILLEBRAND, W. F. et PENFIELD, S. L., *American J. Sc.*, vol. 14 (1902) p. 213.

Il n'y a pas lieu de s'étonner de leurs teneurs en argent (750 à 1570 g/t), car la présence d'argentojarosite,



est vraisemblable. Une trop grande ressemblance avec la plombojarosite en rend malheureusement la détermination par voie optique délicate, de sorte que la question n'est pas résolue sans quelques réserves.

Tandis que BUTLER, B. S.<sup>18)</sup> suppose que la formation de l'anglésite s'est faite à partir de la plombojarosite, j'ai eu au contraire l'impression que les solutions ferriques ont réagi avec un sulfate de plomb préexistant et non point directement sur le sulfure de plomb, en l'espèce sur la galène, non sulfatée au préalable. Certains échantillons présentent, en effet, autour d'un noyau de galène, une auréole d'anglésite, enrobée elle-même dans la jarosite plombifère.

SCHEMPF, C. A.<sup>19)</sup> admet d'une façon analogue la genèse de l'argentojarosite à partir du sulfate d'argent par réaction avec des solutions ferriques.

Au point de vue strictement chimique, il n'y a évidemment pas lieu d'éloigner définitivement la théorie de BUTLER, dont la réaction est fort possible in vitro.

Quant à l'or du minerai jarositique, il s'y trouve à l'état natif, en paillettes d'une ténuité extrême.

A mon avis, la pyrite de Bolkar-Maden était aurifère; cependant la présence de mimétèse rend parfaitement plausible l'hypothèse considérant le mispickel comme étant le minerai aurifère primaire par excellence. Tel était déjà le point de vue de 2 experts allemands, KLIE et SCHIECHEL<sup>20)</sup>, sans que leur opinion ait été basée sur autre chose que la présence d'As, révélée par l'analyse chimique. Ils n'avaient pas déterminé le mimétèse.

Par contre BRISSE et DE LAUNAY<sup>21)</sup> qui s'en remet à ses observations, s'étonnent de l'absence de „mimétèse, etc. provenant de mispickels altérés, qui dans certains gisements comparables à divers égards, comme ceux d'Eureka, semblent avoir contribué surtout à l'enrichissement en or.“

<sup>18)</sup> BUTLER, B. S., Occurrence ... Econ. Geology no. 4 (1913), p. 311.

<sup>19)</sup> SCHEMPF, C. A., Amer. J. Science 6 (1923), p. 72.

<sup>20)</sup> KLIE, A. und SCHIECHEL, M., Bericht über die Gruben von Bulgardag, p. 26, Francfort/M. 1925, Rapport manuscrit.

<sup>21)</sup> DE LAUNAY, L., La géologie et les richesses minérales de l'Asie, p. 644, Ch. Berenger, éditeur, Paris, 1911.

Que l'or dissous par la présence de chlore ait été reprécipité (sels ferreux, etc.) ou qu'il ait été „absorbé“ par des matières colloïdales (hydrates, etc.), il avait de nombreuses occasions de se fixer, aussi bien dans le minerai jarositique, que dans les minerais remaniés, en général. Les teneurs sensiblement plus faibles du minerai en place sont une indication de ce qu'aurait été la richesse du gisement, s'il n'avait pas subi le bouleversement sur lequel j'ai insisté à maintes reprises dans cette étude.

Au point de vue minéralogique, la présence d'alcalis (de potassium, en particulier) est importante, car elle consacre, en quelque sorte, le caractère alunitique de cette substance terreuse et ocreuse, que j'ai appelée le minerai jarositique. De fait, ce n'est qu'à Saribaşyukari qu'elle est accumulée au point d'y constituer un minerai; mais il est évident qu'elle est, en proportions variables, un constituant de tous les minerais oxydés de Bolkar-Maden. L'origine possible des alcalis sont les roches porphyriques qui recoupent les calcaires dans lesquels le minerai s'est déposé, soit par remplissage de tout un système de cassures (orientées d'une façon prépondérante NE 60° à 70°), soit par imprégnation et substitution de la roche encaissante.

C'est de là, que ce minerai sulfuré, d'origine hydrothermale, a été remis en mouvement par les eaux souterraines, volumineuses à l'époque des glaciations, où les précipitations étaient partout très abondantes.

Institut de recherches minières de la République Turque.

Ankara, mars 1938.

Reçu le 21 avril 1938.