

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 25 (1945)

**Heft:** 1

**Artikel:** Les ressources métallifères de l'Iran

**Autor:** Ladame, Georges

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-21010>

### **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:** 27.04.2026

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

# Les ressources métallifères de l'Iran

Par *Georges Ladame*

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction . . . . .	167
Première Partie	
<i>Considérations métallogéniques et tectoniques</i>	
Chapitre I. Les subdivisions tectoniques . . . . .	169
Chapitre II. Les 4 unités orogéniques et la distribution des indices métallifères . . . . .	170
1. L'arc iranien septentrional . . . . .	170
L'Elbourz . . . . .	170
L'Azerbeidjan septentrional . . . . .	172
2. La masse médiane . . . . .	175
3. La zone des nappes . . . . .	183
4. Les plis bordiers autochtones . . . . .	184
Chapitre III. Du caractère de la métallogénie iranienne . . . . .	185
Deuxième Partie	
<i>Description des minéralisations</i>	
Chapitre I. L'antimoine . . . . .	189
Le district d'Anarak . . . . .	189
Le district de Ferdows . . . . .	191
Chapitre II. L'arsenic . . . . .	191
L'Azerbeidjan . . . . .	192
Chapitre III. Le chrome . . . . .	194
1. Le Khorassan . . . . .	194
2. Le Sud de l'Iran . . . . .	195
Chapitre IV. Le cobalt . . . . .	195
Le district de Kashan . . . . .	196
Le district d'Anarak . . . . .	196
Chapitre V. Le cuivre . . . . .	197
1. Le Karadag . . . . .	199
2. La région de Mianeh . . . . .	212
3. Le Tarom . . . . .	215
4. La région de Saveh-Téhéran . . . . .	217

	Page
5. La région d'Abbasabad-Sabzéwar . . . . .	217
Le district d'Abbasabad . . . . .	219
Le district du Sud-Sabzéwar . . . . .	226
Le district du Nord-Sabzéwar . . . . .	232
6. La région de Koupayeh-Anarak-Yezd . . . . .	233
Le district du Koupayeh . . . . .	234
Le district d'Anarak . . . . .	235
Le district de Yezd . . . . .	245
7. Le Kirman . . . . .	247
Chapitre VI. Le fer (ocre) . . . . .	248
1. Le Sud de Nikhbeh . . . . .	249
2. La région de Saveh-Kazvin-Téhéran . . . . .	254
3. Le Khorassan . . . . .	256
4. La région de Kashan-Yezd-Bafk . . . . .	257
Le district de Bafk-Narigan . . . . .	259
5. Le Khorassan sud-oriental . . . . .	261
6. Le Golfe Persique . . . . .	262
7. Le Béloutshistan occidental . . . . .	266
Chapitre VII. Le manganèse . . . . .	267
Chapitre VIII. Le mercure . . . . .	268
Chapitre IX. Le molybdène . . . . .	268
Chapitre X. Le nickel . . . . .	269
Le district d'Anarak . . . . .	269
Chapitre XI. L'or . . . . .	273
Le district d'Hamadan . . . . .	274
Le district d'Anarak . . . . .	275
Chapitre XII. Le plomb (argent) et le zinc . . . . .	276
1. L'Azerbeïdjan . . . . .	276
2. La région de Mianeh-Zendjan . . . . .	277
3. La région de Saveh-Kazvin-Téhéran . . . . .	280
4. Le Khorassan . . . . .	281
5. La région d'Isfahan-Kashan . . . . .	282
6. La région d'Anarak-Yezd . . . . .	286
7. Le Kirman . . . . .	289
Chapitre XIII. Le soufre (pyrite) . . . . .	289
1. L'Azerbeïdjan . . . . .	289
2. La région de Mianeh . . . . .	291
3. La région de Saveh-Kazvin-Téhéran . . . . .	291
4. Le Khorassan . . . . .	292
5. La région de Yezd . . . . .	292
6. Le Golfe Persique . . . . .	293
Documentation bibliographique . . . . .	293
Index général . . . . .	299

## INTRODUCTION

Let it not be overlooked that the purpose of classification is not to set forth final and indisputable truths but rather to afford the aiming-sights for prediction and the stepping-stones towards better understanding.

L. C. GRATON (LINDGREEN-Volume).

J'ai eu l'occasion d'examiner, de 1939 à 1942, une grande partie des gîtes métallifères de l'Iran. Mes travaux au ministère de l'industrie et des mines, à Téhéran, entraient dans le cadre des initiatives prises par le Gouvernement Impérial pour développer l'industrie de ce pays.

Les premières recherches minières réalisées officiellement à Shemshak et à Anarak datent de 1934/35. Elles précédaient de 4 à 5 ans l'organisation d'un service de prospection minière dont l'aboutissement normal aurait pu être la création d'un service géologique. Les circonstances troublées actuelles ne l'ont pas voulu.

J'avais rapidement constaté, peu après mon arrivée à Téhéran, que les renseignements relatifs aux ressources minières de l'Iran sont terriblement fragmentaires. On pouvait vous citer des indices miniers innombrables, dans l'Azerbeïdjan, au Khorassan, etc., mais sans discrimination aucune. Les catalogues de TIETZE et de STAHL sont certes extraordinairement complets à ce point de vue. Ils ne répondent cependant plus du tout aux exigences de notre époque curieuse de précisions et de détails.

J'ai eu l'impression en quittant la Perse, fin 1942, de disposer d'un lot suffisant d'informations nouvelles sur les indices métallifères pour refaire l'inventaire de cette catégorie particulière des ressources minérales de l'Iran.

E. BÖHNE (17, 18) a publié, il y a une douzaine d'années, quelques articles sur les charbonnages. Il nous a orientés sur la question des combustibles solides en Perse. On connaît d'autre part l'abondante littérature (52, 62, 63, 68bis, 74, etc.) inspirée par les champs pétrolifères de ce pays. Les récentes publications relatives à ses ressources métallifères (3, 9, 16, 66, 82, 96, 111, 116, 117) offrent d'intéressants aperçus panoramiques, rien de plus\*). La mise à jour de cet inventaire s'imposait donc. Et je l'ai tentée:

---

\*) R e m a r q u e de l'auteur: Les intéressantes études de J. W. SCHROEDER, Essai sur la structure de l'Iran (Ecl. géol. Helv., vol. 37, no. 1, Bâle 1944) et de E. DIEHL, Beitrag zur Kenntnis der Erzfundstellen Irans (Schweiz. Min.

Je me suis efforcé de découvrir quels sont les principes essentiels de la métallogénie iranienne.

J'ai établi pour cela une carte morphotectonique des minéralisations de l'Iran et je les ai groupées systématiquement.

La classification des indices métallifères effectuée pour chacune des 4 unités orogéniques a été réalisée selon les systèmes proposés par LINDGREEN, NIGGLI et SCHNEIDERHÖHN. J'ai considéré à cet égard qu'il était intéressant de prévoir le groupe des minéralisations méso- ou épithermales superficielles du type subvolcanique (SCHNEIDERHÖHN). Cette distinction correspond, selon mes observations, à un phénomène naturel qu'il est impossible de faire ressortir si l'on s'en tient absolument au système LINDGREEN. Il est bien entendu que l'expression «subvolcanique», que je préfère dans ce cas à celle de «volcanique» (NIGGLI), n'infirme en rien l'idée que les solutions minéralisantes sont venues normalement d'un magma profond et généralement caché.

Ma carte structurale des ressources métallifères et leur classement m'ont permis d'aborder la grave question des corrélations génétiques particulières à l'Iran. C'était une tentative passionnante, mais combien délicate, voire même présomptueuse, dans l'état actuel de nos connaissances géologiques de ce pays. Qui sait si je me serais risqué à faire un premier essai de classification des gisements iraniens sans l'encouragement trouvé dans les quelques lignes de L. C. GRATON citées en tête de mon travail.

La partie descriptive des «Ressources métallifères de l'Iran» est en fait un inventaire, leur inventaire. Voici quelques remarques techniques à son sujet.

L'ordonnance alphabétique doit en faciliter la consultation. Chaque chapitre correspond en principe à un métal déterminé. Les gisements sont groupés si possible régionalement, du Nord au Sud, pour la meilleure intelligence métallogénique des faits relatés. Mes renseignements sont malheureusement de valeur inégale: Selon les documents dont j'ai pu disposer, les observations de détail, les analyses, les croquis abondent dans le chapitre V, par exemple, alors que les chapitres XII et XIII sont traités en parents pauvres. Ce manque d'homogénéité dans la seconde partie de mon ouvrage est la simple répercussion d'un phénomène d'ordre administratif. Le

---

Petr. Mitt., vol. XXIV, pages 333/71, Zurich 1944) ne m'ont été accessibles qu'un an après la rédaction de mon manuscrit à mon retour en Suisse. C'est pour ce motif que je n'ai malheureusement pu en parler dans mon travail qui se trouvait sous presse en juillet 1945.

Gouvernement Impérial orientait, lorsque j'étais en Iran, tous nos efforts vers le cuivre et le charbon, au détriment sans doute de l'étude systématique de la plupart des autres ressources minérales.

Tenant compte du fait que les cartes de l'Iran les plus convenables sont celles du service topographique des Indes, j'ai adopté en principe l'orthographe d'inspiration anglaise pour les noms géographiques, à quelques modifications près qui m'ont paru indispensables dans une publication en langue française.

Les noms des localités sont suivies d'un index géographique. Cet index détermine au moyen de deux chiffres — la longitude et la latitude — un certain quadrant géographique, le quadrant Nord-Est, à l'intérieur duquel se trouve le gisement en question. Les altitudes sont souvent grossièrement approximatives.

Ankara, août 1944.

Georges Ladame.

## Première Partie

### CONSIDERATIONS METALLOGENIQUES ET TECTONIQUES

#### Chapitre I. Les subdivisions tectoniques

Au point de vue tectonique, ARGAND (10) a distingué les deux arcs iraniens qui ont surgi au cours de l'orogénèse alpine, sous la poussée conjuguée de la plateforme russe, au Nord, et du socle arabo-syrien, au Sud.

ARGAND, KOBER (55) et d'autres savants ont raccordé ces segments orogéniques aux chaînes de montagnes se trouvant à l'Est — l'Hindoukoush, l'Himalaya — et à l'Ouest — le Caucase, les Pontides, les Anatolides, les Taurides.

Oeuvre d'un esprit d'une puissance analytique remarquable, «The structure of Asia» de GREGORY est une source vive de renseignements précis: on y glane une multitude d'observations de valeur et de considérations critiques.

Les auteurs du chapitre sur les chaînes iraniennes, H. DE BÖCKH, G. M. LEES et F. D. S. RICHARDSON (14) ont longuement examiné la moitié méridionale de la Perse. Ils sont parvenus à disséquer méthodiquement ces territoires. C'est leur esquisse tectonique qui m'a fourni, en majeure partie, la base indispensable à ma synthèse.

Les contributions de F. G. CLAPP (22), A. RIVIÈRE (87, 88, 89, 90), H. RIEBEN (85), R. FURON (33, 34), etc., complétant et précisant les descriptions classiques de STAHL (109, 110, 111) et de PILGRIM (79,

80), m'ont permis de construire une carte structurale de l'Iran et d'y dessiner les principales roches magmatiques.

Ce travail de compilation a été rendu possible et attrayant grâce au fait que je disposais de nombreuses observations personnelles.

Voici les éléments morphologiques et tectoniques que l'on a distingués en Iran:

Au Nord, 1. L'arc iranien septentrional, représenté par les chaînes de l'Elbourz, du Guilan, du Talesh et de l'Azerbeïdjan septentrional.

Il correspond aux Anatolides de P. ARNI (11).

Au Centre, 2. La masse médiane qui s'identifie avec les déserts salés et l'ensemble du Plateau Central.

Il s'agit des Taurides et en partie des Iranides de P. ARNI.

Au Sud, Le complexe Iranien méridional comprenant:

3. La zone des nappes (DE BÖCKH) caractérisée par les chaînes du Kurdistan, des Backhtiari, du Zagros, etc. C'est la partie méridionale des Iranides de P. ARNI.

4. Les plis bordiers autochtones (DE BÖCKH), très particuliers au point de vue morphologique et tectonique.

P. ARNI les a dénommés plis bordiers irano-anatoliques.

Il faut insister sur le fait que le tracé des lignes structurales qui délimitent les différentes unités orogéniques est en partie d'inspiration morphologique. Les observations géologiques de l'avenir entraîneront d'inévitables réajustements. Cette subdivision de l'Iran apparaît cependant si naturelle qu'elle sera vraisemblablement maintenue: chaque complexe est bien pourvu d'un style géologique particulier, plus ou moins masqué, à vrai dire, dans les zones intermédiaires.

## **Chapitre II. Les 4 unités orogéniques et la distribution des indices métallifères**

### 1. L'ARC IRANIEN SEPTENTRIONAL

#### L'ELBOURZ

A. RIVIÈRE (88) considère que l'Elbourz est dans sa partie centrale une chaîne double. Son bord septentrional est constitué par des écailles poussées au Nord et inversement au Sud, dans la tranche méridionale. Les accidents sont, toutes proportions gardées, de petite

envergure et non point de style alpin. Il y a plus de sédiments d'origine continentale que de formations marines. Les couches à charbon liasique sont du nombre (v. BOEHNE, 17, 18).

RIVIÈRE suggère que l'Elbourz s'est édifié dans une «immense ondulation synclinale» d'un socle unique tenant à la fois de la plateforme russe et de la meseta iranienne. Il explique donc son style particulier par l'existence, au cœur de cette chaîne, d'un ancien rideau anticlinal géologiquement identique à la masse médiane.

C'est une hypothèse susceptible d'expliquer la raison d'être de cette vaste «zone intermédiaire», garnie de roches volcaniques et de métallisations, entre l'Elbourz proprement dit et le Plateau Central.

RIVIÈRE a distingué au moins 5 phases éruptives:

La plus ancienne se situe à la base du Lias (diabases).

Le granite leucocrate de Doshantepéh, à l'Est de Téhéran, doit être considéré comme mésozoïque.

On constate dès la fin du Crétacé des éruptions de caractère dioritique. Le paroxysme volcanique dans l'Elbourz est définitivement paléogène et les fameuses «couches vertes», puissantes de 2000 à 3000 m, sont des tufs cinéritiques éocènes et en partie oligocènes, d'après H. RIEBEN (86).

Le volcanisme pliocène a comme seul témoin le Damavend (laves basaltiques et andésitiques).

La bordure méridionale de l'Elbourz, constituée par des paquets de sédiments poussés au Sud, est particulièrement disloquée. RIVIÈRE avait déjà constaté que les manifestations volcaniques y sont beaucoup plus fréquentes que dans les autres secteurs de la chaîne.

Il est dès lors normal de trouver alignés le long du flanc Sud de l'Elbourz les rares indices métallifères de cette unité orogénique.

Des coupoles granitiques pointent le long de la ligne de suture, entre l'arc septentrional et la masse médiane. Cette «suture» est en vérité une large zone intermédiaire cisailée de fractures profondes qui ont livré passage à d'abondantes montées éruptives. Je l'ai englobée pour des raisons de systématique dans la masse médiane dont elle partage le caractère tectonique et métallogénique.

Voici la classification naturelle des indices métallifères signalés dans la chaîne de l'Elbourz:

#### *Gisements pyrométasomatiques de contact*

Les minerais de fer magnétique et d'hématite de Semnan, de Touyeh et probablement aussi de Meskerabad, tous en relations avec des granites (mésozoïques?), sont de ce groupe.

Semnan avec 5 millions de tonnes de réserve est l'unique gîte métallifère de quelque importance sur toute l'étendue de l'Elbourz.

#### *Gisements hydrothermaux (de l'Ouest à l'Est)*

Signalons quelques indices mineurs de pyrite, chalcoppyrite et galène argentifère dans les régions de Roudbar (Ovan, Bivarzin, Sengheroud) et d'Abyek, ainsi que Paskaleh, au Nord de Téhéran.

Le mispickel signalé à Tarikdareh paraît être un cas isolé.

Ces métallisations polymétalliques, souvent très pyriteuses, se rattachent au cycle alpin (Paléogène). Elles sont des manifestations peu profondes (subvolcaniques) et de température modérée.

On peut voir à Balakouh et à Kelak de la galène argentifère et de la blende. Ce sont des substitutions tertiaires dans les calcaires mésozoïques.

RIVIÈRE (90) suppose que les minéralisations de Shahabdulazim, etc. dans l'Anti-Elbourz sont mésozoïques.

J'ai eu l'occasion d'examiner à Mikhsas, dans les calcaires carbonifères, des filons à gangue de fluorine (âge?). Les gisements de cérusite situés à Akhloumed et à Arsak ne me sont connus que de nom.

#### *Gisements volcaniques (émanations)*

Le soufre du Damavend n'est qu'une simple curiosité minéralogique.

#### *Gisements métallifères d'origine sédimentaire*

Il existe dans l'Elbourz des couches ferrugineuses. Les unes sont paléozoïques (carbonifères selon BOEHNE, 15, 16), les autres liasiques. Ces minerais de fer carbonatés sont siliceux et pauvres. On en a trouvé à Siahwaroud, Massouleh, Kouhi-Harikan, etc. dans les formations antémésozoïques. Les limonites du Mazandéran et le minerai de chamosite de Darvar sont liasiques.

#### L'Azerbeïdjan septentrional (Karadag)

Une érosion plus agressive, peut-être aussi une moindre épaisseur initiale de sédiments, ont créé les conditions qui ont permis au soubassement cristallin d'affleurer ici en différents endroits. On

opère, géologiquement parlant, à un niveau plus profond au Karadag que dans l'Elbourz.

J'ai observé dans le Nord de l'Azerbeïdjan des massifs cristallins anciens à Marand, à Khoy, à Zunuz, etc. Ces fenêtres vous montrent de quoi est constitué le soubassement paléozoïque de toute cette région. Les mouvements orogéniques successifs l'ont morcelé en blocs et écaillés qui sont séparés les uns des autres par des fractures profondes. Chacun d'eux a acquis ainsi une certaine individualité et peut représenter aujourd'hui le noyau d'un anticlinal alpin orienté Est-Ouest.

Ces massifs ont été envahis par des roches éruptives à une époque antépermienne selon RIEBEN (85). Ce sont des granites et des microgranites roses, des quartzporphyres, des aplites et, d'autre part, des gabbros et des diabases.

Cette phase éruptive correspond sensiblement à la phase calédonienne décrite en Transcaucasie par V. GROUSHEVOY (38).

Aucune minéralisation solidaire de ce cycle géologique n'a été constatée dans le Karadag.

La phase éruptive mésozoïque, qui comprend en Transcaucasie des intrusions granodioritiques, n'a pas été précisément identifiée dans l'Azerbeïdjan. Cela ne veut nullement signifier qu'elle n'y existe pas. Les granites à biotite du Goulantshay et du Sheyvardag sont, p. ex., antétertiaires, sans qu'il soit possible de prétendre d'une façon catégorique qu'ils sont mésozoïques. L'importance métallogénique de cette phase est d'ailleurs subsidiaire.

Je considère ainsi comme tertiaire l'ensemble des granodiorites et les diabases du complexe Dastighert-Goulantshay-Sungun-Sheyvardag, à l'exception des granites et syénites antétertiaires du Sheyvardag et de Goulan.

Mon opinion de principe est inspirée par des observations d'ordre tectonique et par le caractère des minéralisations du Karadag, qui est analogue à celui de la Transcaucasie.

Le volcanisme effusif néogène (andésites et tufs) est considérable. Il est en relation avec le Sehend et d'autres appareils volcaniques plus particulièrement pliocènes.

Voici les types de minéralisations tertiaires d'origine magmatique que je suis parvenu à distinguer; elles sont logées en grande partie dans le Karadag central.

*Gisements pyrométasomatiques de contact*

Sungun est le gîte le plus considérable: La relation entre les porphyres granodioritiques et la minéralisation est patente. Elle comprend un peu de magnétite dans les skarns, accessoirement de la chalcopryrite et avant tout de la pyrite. Une phase hydrothermale succédant au métamorphisme de contact est responsable de cette pyritisation intensive des grenatites et du massif éruptif.

Des indices du même type existent à Abbasabad et aux environs d'Andjert-Zendabad. STAHL (108, 111) mentionne dans cette dernière localité la présence d'étain, chose qui n'a jamais été confirmée.

*Gisements hydrothermaux*

Les calcaires anciens et le granite des vallées d'Astamal et d'Ovan, de même que les monts Tshental, sont largement pyritisés. Toutes ces roches sont aussi profondément altérées et silicifiées.

Il existe localement quelques skarns à grenats à Astamal. Je ne pense pas, en définitive, que les conditions qui ont prévalu lors de la pyritisation de ces différents massifs (Sungun, Astamal, etc.) aient varié beaucoup d'un endroit à l'autre. Il me semble au contraire que des températures relativement élevées et des profondeurs moyennes (régime mésothermal) ont régné partout.

Parmi les gîtes filoniens, Goulantshay, dans le granite du même nom, est le plus important. Sa paragenèse se compose de chalcopryrite aurifère, de pyrite et de molybdénite. Aghbolagh réunit les mêmes minéraux, sauf la molybdénite.

Il s'agit de formations mésothermales.

Les traces cuprifères de Mardanagh, de Barzagar et de Bormulkh ont un caractère superficiel marqué (subvolcanique). Elles sont probablement pliocènes.

L'amas filonien de galène argentifère, (accessoirement pyrite et chalcopryrite) situé à Gumushkhaneh, au pied du Sheyvardagh et au contact gneiss-granites, est unique en son genre.

L'orpiment et le réalgar, si caractéristiques pour la Transcaucasie, existent dans le Karadag, à Dastayr et à Komardastigherd, de même qu'à Valilo et à Djahanamdareh. Il est possible que Dastayr ait été primitivement un gîte de mispickel. L'orpiment est d'origine épithermale dans tous les autres gîtes.

*Gisements volcaniques (émanations)*

Il existe à Djahanamdareh également des indices solfifères dans les tufs andésitiques, à proximité de sources thermales sulfurées. Faut-il considérer que le réalgar et le soufre ont une même origine? Je suis trop mal informé à leur égard pour en décider.

## 2. LA MASSE MEDIANE

Cet immense plateau, sans aucun écoulement à la mer, couvre environ la moitié du territoire iranien. Son caractère tabulaire est prononcé dans les régions centrales et orientales du pays, où se trouvent les grands déserts salés (Desht-i-Kévir, Desht-i-Lout, etc.).

A l'Ouest du méridien Téhéran-Isfahan, la masse médiane est peu à peu étranglée entre les deux arcs iraniens. Elle s'apparente alors morphologiquement et géologiquement à la «zone à paléozoïque métamorphique» de l'arc iranien méridional.

Le géologue considère à juste titre que tous ces bassins du plateau central iranien — les déserts comme les cuvettes synclinales — sont des régions affaissées, séparées les unes des autres par des chaînes de montagnes anticlinales, qui émergent peu ou prou des plaines alluvionnaires.

Il n'est plus question d'une orientation Est-Ouest, pour ainsi dire uniforme, comme dans l'Elbourz. L'orientation des axes anticlinaux, en bordure des Kévirs, est éminemment versatile. Elle est généralement parallèle à la direction prédominante de l'aire de subsidence.

Les formations en présence dans la meseta iranienne sont variées. On est frappé de prime abord par l'abondance des roches éruptives dioritiques épanchées au tertiaire sur tous ces vastes territoires. Ce sont elles qui ont pourvu à l'édification des énormes couches conglomératiques et gréseuses de la transgression aquitaniennne.

F. G. CLAPP (22) rend compte de cette même constatation dans sa carte de l'Iran oriental où il a vigoureusement brossé en brun-jaune de grandes étendues: Il s'agit de séries non différenciées — surtout paléogènes — dans lesquelles j'ai remarqué personnellement l'abondance des éruptifs basiques et ultrabasiques.

A examiner de plus près les crêtes rocheuses qui encadrent les Kévirs, j'ai pu observer — à Anarak-Natanz, p. ex. — qu'il y existe toujours un noyau cristallin composé de micachistes hétérogènes et de calcaires. La présence d'intrusions dioritiques et d'ophiolites est fréquente, sans être la règle. Des coupes granitiques affleurent

parfois le long de ces anticlinaux, à grande distance les unes des autres, suggérant l'existence d'un laccolithe en profondeur.

Ces roches cristallophylliennes (phyllites, micaschistes, schistes graphitiques, etc.) sont anciennes, très anciennes, selon l'appréciation de H. DE BÖCKH (14). J'ai vu quant à moi le Dévonien supérieur non métamorphique, reposant en discordance sur ce socle ancien à Tshenarpol, au Nord de Kirman.

Les phases éruptives qui ont sévi dans la masse médiane sont soit mésozoïques, soit tertiaires.

Un volcanisme mésozoïque et antécétacique est admis par DE BÖCKH et RIVIÈRE (90). Mes observations viennent confirmer cette opinion en signalant tout au plus que ces intrusions granitiques dans les phyllites sont recouvertes à Bafk par les calcaires transgressifs à hippurites. Il est dès lors possible, dans certains cas, de les considérer plus exactement comme antécénomaniennes.

Des diabases, des mélaphyres, des porphyrites, etc. d'âge mésozoïque sont également connus.

Ce sont incontestablement les manifestations éruptives tertiaires qui s'imposent en premier lieu à l'attention du voyageur qui fait son pèlerinage à Isfahan et Shiraz. Leur chimisme est dioritique.

Il faut distinguer entre un paroxysme néocrétacique-paléogène, antérieur à la transgression aquitanienne, et le volcanisme pliocène-pléistocène.

Les serpentines intrusives dans les noyaux cristallins des anticlinaux du district d'Anarak sont également mésozoïques et antérieures au Crétacé supérieur.

Les deux phases tectoniques prédominantes sont celle du Crétacé supérieur et celle, très violente, du Pliocène.

L'existence de zones éruptives privilégiées dans le complexe de la masse médiane est un fait important:

J'ai déjà mentionné précédemment, entre l'arc iranien septentrional et le plateau central, la présence d'une «zone intermédiaire» d'une grande continuité.

Les marges des nombreuses aires de subsidence, à l'intérieur et au Sud des Kévirs, sont autant de zones faillées et garnies à différents degrés d'appareils éruptifs.

Les solutions minéralisantes ont fréquemment suivi les mêmes voies d'accès et un nombre considérable de gîtes métallifères, cuprifères pour la plupart, se sont logés, sous forme d'imprégnations, dans les porphyres gabbrodioritiques et autres roches volcaniques.

J'ai groupé systématiquement ci-dessous les gîtes métallifères signalés dans la masse médiane:

#### *Gisements orthomagmatiques*

Quelques amas de chromite ont été découverts à Foroumad dans les serpentines (mésozoïques?), à l'Est d'Abbasabad. D'autres indices mineurs sont signalés dans les gabbros et les pyroxénites de Robat-i-Séfid.

#### *Gisements pegmatitiques*

Des traces de molybdénite ont été aperçues dans les granites (mésozoïques?) de Natanz et de Ramon (au Sud des monts Bahrasman). J'ai considéré Zarikan (Bafk) comme hypothermal.

De nombreux filons de quartz pegmatitique, d'aucuns avec tourmaline, pyrite et chalcopryrite aurifère, existent aux environs de Dizadjin, dans le massif granodioritique (mésozoïque?) du Kouh-i-Kadjar.

#### *Gisements pyrométasomatiques de contact*

Les hématites de Tokmehdash et de Sharabian, entre Tabris et Mianeh, sont en relation avec le granite qui affleure aux environs. Le cas de Garghin, dans le Faridan, doit rester en suspens et c'est sous toutes réserves que je l'intercale ici. Sohel, près de Nayn, et Tshahséfid, par Anarak, se sont développés au contact de granites-porphyles.

Les seuls gisements métallifères importants de l'Iran sont les gîtes de contact de la région Saghend-Narigan-Bafk. Les réserves dépassent 30 millions de tonnes de magnétite et d'hématite. Des intrusions granitiques et syénitiques y ont métamorphosé les formations calcaires crétaciques (BOEHNE), à l'exclusion des calcaires cénomaniens-turonien à hippurites, qui sont transgressifs sur les gisements de fer.

Ces minerais sont toujours légèrement phosphoreux (en moyenne 0,5 %  $P_2O_5$ ).

#### *Gisements hydrothermaux*

J'ai eu l'occasion d'examiner superficiellement des imprégnations diffuses de pyrite, avec traces de chalcopryrite, associées à des roches séricitiques silicifiées anciennes. Des accumulations importantes, mais pauvres, de ce genre se trouvent à Ghapakteh

et à Tarkht, dans le district de Mianeh, ainsi qu'à Tshount et à Bordjak (Sabzewar). Il me semble que les gîtes de pyrite de Karafs, région de Saveh, de Darmian (Birdjand) et du Kouh-i-Naran (Khabr) sont analogues. Rien ne m'autorise à préciser l'âge de ces minéralisations de caractère mésothermal.

Sorkhdareh, au NE de Torshiz, présente les mêmes caractères. Ce gîte s'est formé au contact de calcaires et d'andésites tertiaires, dans une zone tectonisée.

Sorkhpay, Sud-Sabzewar, ne peut être que tertiaire.

On connaît de nombreux indices filoniens, sans importance pratique, comportant une gangue de quartz — ou de barytine — avec un peu de chalcopryrite aurifère et de pyrite. Les gîtes de Pardjin (Tarom), Sirdjend (Saveh), Darehghir Yezd) et Bardestan (Yezd) affleurent dans des massifs granitiques considérés comme mésozoïques. Ils ont un caractère hypomésothermal. D'autres gîtes des environs de Yezd sont logés dans les fractures de roches sédimentaires, p. ex. Kharanak, dans les marnes foncées du Lias (?), Mazrayeh-Hadji-Hassan et Mazrayeh-Mirha dans des quartzites primaires (?). Ils sont cryptobatholithiques et de régime épithermal, probablement alpins.

Les seuls gîtes filoniens du pays présentant une certaine importance minière sont polymétalliques. Un bon nombre sont groupés aux environs de Mianeh, dans la « zone intermédiaire », entre l'Elbourz et la masse médiane. Mentionnons en premier lieu Sendjedeh, Shahalibaghlu et Baytshebagh.

Des indices mineurs du même type ont été observés dans le Tarom, à Lavin, à Bashkal, et dans le territoire de Saveh, à Zaloubolagh et à Kamoushar. Dans l'Est de l'Iran, les affleurements de Madjon et de Kalehzarri, au Sud de Birdjand, paraissent se rattacher à ce groupe.

Les filons du Bahrasman, dont le polymétallisme est moins évident, se rattachent cependant à cette catégorie.

Toutes ces minéralisations sont installées dans les éruptifs tertiaires (porphyres gabbrodioritiques, andésites) plus ou moins profondément altérés. La gangue est du quartz.

Dans les faisceaux filoniens de Baytshebagh, Sandjedeh et Shahalibaghlu une ordonnance zonée des minéraux métallifères est dûment constatée.

Ce groupe de gîtes est paléogène dans l'ensemble. Ce sont des solutions de températures modérées qui sont intervenues, dans bien

des cas, à faible profondeur, d'où le caractère épithermal (subvolcanique) prédominant.

Les minerais pauvres à chalcosine (0,3 à 2 % Cu) sont très abondants dans la masse médiane. Les districts importants sont, au Nord, la région Abbasabad-Sabzèwar, et, au Sud, la région Koupayeh-Anarak. La chalcosine est accompagnée de bornite, de cuprite, de chrysocolle et de malachite. On ignore encore si la chalcosine est primaire ou secondaire. Il est certain que des phénomènes d'oxydation sont intervenus.

Rares sont les gisements de chalcosine logés dans des roches sédimentaires. Il y a, p. ex., les 2 petites exploitations de Bagherogh et de Talkheh (Anarak) dont le minerai malachitique légèrement plombifère et arsénifère est associé à une gangue de barytine. Le gîte de Kopahhalvay est du même type.

Konmess et Tshahpalengh, toujours à Anarak, sont des gisements à gangue de quartz.

Voici deux cas, Konmess et Kopahhalvay, de minéralisations pliocènes.

Les trois autres gîtes sont liés à des zones tertiaires disloquées; ils sont probablement paléogènes. Ils ont été formés à température modérée.

Les gisements d'imprégnation dans les porphyres gabbrodioritiques et les andésites, type «disseminated copper ores», sont des plus communs et maintes fois très étendus; mais le minerai de chalcosine en est toujours pauvre.

La minéralisation s'est souvent produite au mur de formations éocènes (Lutétien) par garnissage d'un réseau de fissures et imprégnation de la roche éruptive, qui est alors généralement altérée.

Les accumulations les plus imposantes de ce genre existent à Abbasabad, à Bjardjoumand et dans le district de Dahaneshiah, partout avec géodes à zéolites; à Anarak et dans le Koupayeh, sans zéolites.

Les gisements du SW de Mianeh, de Hissar (Tarom), de Tabas et de Biabanak sont de faible importance.

Les minéralisations cuprifères dans les serpentines du Nord-Sabzèwar ne sont pas essentiellement différentes.

J'ai donné dans la seconde partie de ce travail la description détaillée de tous ces gîtes d'imprégnation: Ils ont évidemment une couleur locale qui n'est cependant pas assez marquée pour qu'il faille renoncer à les réunir dans un même groupe comme je viens de le faire.

Cette métallisation cuprifère, en majeure partie paléogène, est peu profonde (subvolcanique). Son régime thermique est relativement bas (épithermal).

Les gisements de Meskani, Talmessi et Sébarz, dans le district d'Anarak, représentent des cas de polymétallisme extraordinaire. Les 2 premiers sont des imprégnations de faible densité dans un porphyre dioritique, comprenant la chalcosine, le cuivre natif et des arséniures de cuivre, cobalt et nickel. Sébarz se compose d'une vingtaine de veinules parallèles dans une brèche polygénique crétacique. L'association paragénétique est la même partout.

L'examen attentif des chantiers de ces 3 exploitations a permis de constater une phase nickélique à Talmessi, tandis qu'à Meskani et à Sébarz, force est d'admettre, sous réserve d'investigations plus approfondies, un certain synchronisme dans la cristallisation des minéraux cuprifères, cobaltifères et nickéliques.

Au point de vue génétique, ces 3 gîtes se rattachent également à la phase paléogène. La présence de minéraux cobalto-nickéliques ne s'explique que si l'on admet un régime thermique et une profondeur modérés.

D'autre part, bien des arguments géologiques tendent à faire croire à l'origine subvolcanique de ces minéralisations polymétalliques.

J'ai eu l'occasion de voir les quelque 20 petits affleurements nickéliques d'Anarak. Ils sont liés à des zones disloquées, dans les serpentines ou les phyllites, fréquemment au contact des 2 formations. Il s'y trouve parfois une gangue de barytine et des traces de minéraux cobaltifères et cuprifères.

J'ai considéré que ces minéralisations sont également paléogènes et formées à température et profondeur modérées, en admettant que la dislocation des ophiolites date probablement du crétacé supérieur.

Les petits filons quartzifères de Kalekafi (Anarak) et les indices de Zarikan (Bafk) se composent de galène argentifère, de wulfénite et d'or. Le premier se trouve dans le granite mésozoïque des monts Khouni, le second dans la zone de contact mésozoïque des gisements de fer.

La paragénèse primaire des gîtes à limonite aurifère de Khouni et de Tshaft (Anarak) s'apparente à celle de Kalekafi.

Leur origine commune paraît être mésozoïque et due à des eaux minéralisantes du régime hypothermal ou mésothermal.

La plupart des gîtes de galène argentifère (cérusite), et de blende sont cryptobatholitiques et logés dans les calcaires crétaciques. Il s'agit de substitutions méso- ou épithermales à proximité de fissures d'origine tectonique, probablement paléogènes ou néocrétaciques. Il y a incertitude dans bien des cas.

Les régions plombifères sont disposées au Sud et à l'Est du Desht-i-Kévir: à Darehamri (Kashan), Kouh-i-Konsek (Tarkh), aux environs de Nain (indices filoniens), à Boulazun (100 km au NW d'Anarak), à Naghlak (Anarak). Plus à l'Est, les monts Djandak, Bashkan, Koushk, etc. sont autant de régions où l'on signale de nombreux indices cérusitiques.

Sur le pourtour du Desht-i-Lout, on ne connaît que fort peu de dépôts métallifères: Nayband est considéré comme le plus important. A Darband (N de Ravar) c'est avant tout d'un gîte de fluorine qu'il s'agit.

Les filons plombifères de Ghataraghatsh (Saroukh) se sont formés dans les mêmes calcaires albo-aptiens que les gîtes de substitution des environs d'Isfahan.

Toutes mes informations relatives aux minéralisations du groupe plombo-zincifère comportent de nombreuses lacunes.

L'origine des gîtes de Koushk, Bashkan, Zarikan doit être attribuée aux phénomènes de contact mésozoïques propres à la région Narigan-Bafk.

La stibine a été rencontrée en 3 localités: A Torkemani, à Patyar (Anarak) et à Shourab (Khorassan oriental). L'âge exact (mésozoïque) de ces gisements épithermaux n'est pas déterminé de façon certaine.

L'orpiment, le réalgar, exceptionnellement le cinabre, existent dans l'Afshar. Zarehshouran est un gisement d'orpiment-réalgar au contact de phyllites anciennes et de calcaires (âge?). Je suis enclin à considérer cette formation, dans le massif volcanique du Takht-i-Soleiman, comme une manifestation subvolcanique tertiaire, à régime épithermal.

Les minimales traces de mercure observées à Yarazis, dans les grès miocènes, à Shirmard, dans les laves basaltiques, sont également d'origine épithermale et récente.

Les gisements de fer de la région Nikbeh-Zendjan se trouvent associés à des calcaires et des phyllites primaires envahis par des microgranites. On observe aussi bien des filons d'hématite que des substitutions de sidérose, ces dernières affleurant sous forme de minerai limonitique résiduel. Tous les amas du Khangaradash et leurs prolongations sont liés à une zone fissurée bien déterminée.

L'âge (mésozoïque probablement) de ces gîtes de fer n'a pas pu être précisé d'une façon satisfaisante.

D'autres filons d'hématite, (traces cuprifères), à proximité ou à l'intérieur des coupoles granitiques (mésozoïques?) ont été également identifiés à Bashkal (Kazvin), à Sirdjend et à Yékabad (Saveh), à Kohroud (Kashkan), etc. A Khemsar (Kashan), l'un de ces filons a été exploité à cause de sa teneur en minéraux cobaltifères.

Le seul gîte de pyrolusite connu en Iran est celui de Robatkarim (SW de Téhéran). Ce filon est logé dans des andésites tertiaires.

#### *Gisements volcaniques (émanations)*

Les indices solfifères de l'Afshar, tels que le gîte de Gugurtshu et les imprégnations mineures de Yourghounaghats, aux environs de Tokantapeh, sont vraisemblablement en relation étroite avec les thermes solfifères si répandus dans le Takht-i-Soleiman.

#### *Gisements métallifères sédimentaires*

Des alluvions aurifères sont signalées à Zarehshouran (Afshar), à Neh, à Djiroft (Sabzewaran). Les alluvions du Kouh-i-Zar (Damghan) s'étendent dans un vaste désert (0,3 g/m. cube Au).

Les minerais limonitiques de Khouni sont peu abondants, mais bien plus riches (2 à 7 g/t Au).

Il est normal que l'on ne sache presque rien de sidéroses et d'hématites sédimentaires dont l'intérêt pratique est nul. On a mentionné en passant les affleurements de Bivehdjan (Meshed) et ceux de la région Gonabad-Kain (Khorassan oriental).

De nombreux gîtes de soufre ont été observés dans les couches gypso-salifères du miocène moyen. Dehlazian (Semnan) est le plus important. Il y en a d'autres dans la région Yezd-Kharanak, p. ex. au Kouh-i-Sorkh.

## 3. LA ZONE DES NAPPES

H. DE BÖCKH, G. B. LEES et F. D. G. RICHARDSON (14) ont distingué 5 différents groupes de «nappes» dans la moitié septentrionale de l'arc iranien méridional. Il s'agit en réalité davantage d'une structure «en écailles», voire de «plis failles» ou de charriages que de nappes au sens alpin du terme.

Voici l'énumération de ces zones, du Nord au Sud :

Le groupe à paléozoïque métamorphique

Le groupe à calcaires crétaciques

Le groupe à radiolarites (intrusions de serpentines)

Le groupe à paléozoïque normal

Le groupe à flysch éocène (Zindon).

Le passage des micaschistes, calcaires cristallins, etc. du groupe à paléozoïque métamorphique aux mêmes formations de la masse médiane est insensible. Ces 2 éléments orogéniques voisins ont quantité d'éléments communs : les intrusions mésozoïques granitiques, les transgressions aptiennes et cénomaniennes, les indices plombifères qui se trouvent parfois dans ces calcaires, etc. Au point de vue morphologique, la confusion est tout aussi grande, surtout à l'Ouest du méridien d'Isfahan, de sorte que la ligne de démarcation qui sépare les «nappes» de la masse médiane y a reçu un tracé assez conventionnel.

Du point de vue métallogénique, seul le groupe à paléozoïque métamorphique renferme quelques minéralisations mineures.

L'espoir de découvrir d'abondants gîtes de chromite dans le groupe à radiolarites ne s'est pas réalisé. Ces radiolarites et ces serpentines représentent cependant le segment iranien de la zone à ophiolites qui se poursuit des Balkans au Béloutshistan, en passant par la Grèce et l'Anatolie, et qui comprend tout un chapelet d'amas chromifères de réelle importance économique.

DE BÖCKH considère que les roches intrusives du groupe à paléozoïque métamorphique sont mésozoïques et plus particulièrement antécétaciques — comme pour la masse médiane. Cet auteur a observé une série de poussées tectoniques dès le Crétacé supérieur avec un paroxysme au Pliocène.

On a découvert incidemment quelques indices métallifères dans les «nappes». Jamais rien d'important, de sorte qu'on ne connaît ces gîtes le plus souvent que par le nom d'une localité.

*Gisements orthomagmatiques*

Des amas de chromite (3000 t) existent au TENGH-I-ASHIN (Sud-Bahrasman), de même que des indices insignifiants à PESHTAL et ailleurs dans le BÉLOUTSHISTAN occidental.

*Gisements hydrothermaux*

Les quelques filons de quartz aurifère des environs d'HAMADAN, dans le granite de l'Elwend, sont déjà englobés dans les «nappes». Les 2 filons d'ASTANEH sont du même type.

Ils sont d'origine mésothermale et mésozoïque.

Il est question de traces chalcopyríteuses au KOUH-I-NARAN, à KALEH-I-ASGAR et dans l'arrière-pays de MINAB, dans le BÉLOUTSHISTAN occidental.

Les chaînes de montagnes crétaciques et éocènes de NADJAFABAD, au NW d'ISFAHAN, et au delà, dans le pays des BAKHTIARI, à KURD-I-BALA, etc. recèlent de nombreuses substitutions plombifères. Elles sont alignées le long de la ligne conventionnelle qui sépare la masse médiane de la zone des nappes.

A BELMETSHEH, la substitution s'est produite dans les calcaires éocènes (3 à 4 % Pb et 3 % Zn).

Ailleurs, à BAGHABINIL, à TIRAN, ce sont des calcaires albo-aptiens qui ont été minéralisés d'un peu de galène et de blende, exactement comme à KOUH-I-KONSEK (masse médiane).

La présence de sidérose et d'hématite a été mentionnée dans le BÉLOUTSHISTAN, apparemment dans le groupe à radiolarites et à serpentines. Il est difficile de savoir s'il s'agit de formations hydrothermales ou sédimentaires.

## 4. LES PLIS BORDIERS AUTOCHTONES

Les sédiments qui se sont développés en bordure de la plateforme arabe représentent en principe une série continue allant du Crétacé supérieur au Pliocène. Ils ont été plissés au cours du tertiaire d'une façon échelonnée en plis évasés, déjetés au S ou au SW.

Les calcaires Asmari, à la base du Miocène, constituent ici l'immense réservoir à pétrole qui s'étend des bords du Golfe Persique jusqu'en Irak (68 bis, 74, 62, 63, etc.).

Les plissements alpins — surtout pliocènes — ont eu une répercussion particulière dans cette région: ils ont provoqué la montée de sel cambrien dans les anticlinaux, parfois même le long de fractures profondes en marge des synclinaux.

Ce sel primaire est propre à la zone des plis bordiers. Des intrusions éruptives — rhyolites, trachytes, porphyrites — lui sont associées et considérées par DE BÖCKH (14) comme antécétaciques.

En fait de ressources minérales, autres que le pétrole et le sel gemme, on n'a observé que des indices d'oligiste et de soufre.

#### *Gisements volcaniques (émanations).*

L'existence relativement fréquente de sources thermales sulfureuses tout le long du Golfe Persique, à Borazdjen, au N de Bushir, p. ex., et le fait que certains des principaux gîtes de soufre sont logés dans la série de Hormouz, à proximité immédiate de tufs rhyolitiques, fournissent des raisons pour leur attribuer une origine non sédimentaire. D'autre part, la série de Hormouz est abondamment pourvue de gypse. Les conditions génétiques susceptibles de produire un soufre sédimentaire sont donc réalisées, pour ainsi dire, dans le même gisement.

Aussi bien à Khamir qu'à Namakdan, des laves et sills volcaniques sont au contact ou intrusifs dans la série gypsifère. C'est la roche éruptive qui est imprégnée de soufre et exploitée comme minerai. A Bostaneh une origine sédimentaire paraît théoriquement admissible.

Ces quelques informations démontrent que des investigations complémentaires sont nécessaires pour serrer de plus près cette question du soufre dans tous les territoires du Sud de la Perse.

#### *Gisements sédimentaires*

Le sel a entraîné dans sa montée des témoins hétérogènes de formations anciennes auxquels sont associés localement des blocs d'oligiste. Ce minerai de fer fait partie de la série de Hormouz, tant sous sa forme originale que remanié à divers degrés et concentré.

L'ocre de l'île de Hormouz a, en définitive, la même origine que les placers fossiles ou récents d'oligiste des îlots de Larak, Handjan, Farour, etc. et de Khamir sur le continent.

### **Chapitre III. Du caractère de la métallogénie iranienne**

L'analyse de la distribution des minéralisations dans les différentes régions du territoire iranien a mis en évidence certaines associations naturelles et certains phénomènes essentiels dont il convient de dégager les principes:

Les 4 unités morphotectoniques, soit l'arc iranien septentrional, la masse médiane, la zone des nappes et les plis bordiers, se distinguent par un style géologique particulier comportant, chose importante, un corollaire métallogénique non moins particulier.

L'un des buts de ce travail est d'apporter une contribution à l'étude de ce corollaire; de poser, si l'on veut, la première définition d'un phénomène dont on soupçonnait bien l'existence, mais dont on ne pouvait formuler la définition, faute de renseignements.

La majorité des indices métallifères (73 %) — la plupart cuprifères — sont concentrés dans la masse médiane. Une évaluation chiffrée a été obtenue, très grossièrement, il est vrai, en additionnant sans discrimination aucune, les points minéralisés de 3 types, Cu-Fe (chalcopyrite-pyrite), Pb-Zn (galène-blende) et Fe (hématite-magnétite), signalés dans l'ensemble du pays.

Notre connaissance des ressources de l'Iran est tout de même assez étendue et homogène pour qu'une spéculation de ce genre puisse être tentée, ne serait-ce qu'à titre documentaire.

Tableau no. 1

*Distribution des métallisations les plus communes*

Types	Elbourz	Karadag	M. médiane	Nappes	P. bordiers	Totaux
Cu Fe	6	21	104	9	0	140
Pb Zn	10	2	33	6	0	51
Fe	5	1	30	3	0	39
<b>Totaux</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>167</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>230</b>
Répartition en %	9	10	73	8	0	100

Les minéralisations se rattachent à 2 phases métallogéniques principales, la première mésozoïque, la seconde tertiaire et paléogène:

La phase mésozoïque comprend tous les gisements de fer, des filons de chalcopyrite aurifère, des gîtes plombifères et probablement tous ceux à stibine.

Ils correspondent aux stades acrobatholitique et épibatholitique; ce sont des métallisations d'origine mésothermale ou épithermale.

La phase paléogène, de beaucoup la plus importante pour l'ensemble du pays, est cuprifère.

Exception faite pour les gîtes de contact du Karadag (pyrite et chalcopryrite), les métallisations de cette époque sont cryptobatholithiques, d'origine subvolcanique et réalisées à températures modérées.

La répartition régionale des ressources minières de l'Iran est un nouvel exemple de la corrélation naturelle qui existe entre zones tectoniques, zones volcaniques et zones minéralisées. Celle-ci n'est évidemment apparente que dans quelques régions privilégiées où l'érosion a dégagé, sans les dépasser, les niveaux productifs.

Comparons dans cet ordre d'idées nos constatations aux conclusions de P. ARNI (12) sur la Turquie, du moment que ces 2 pays sont des segments voisins du même orogène alpin:

En Turquie, les grands gisements se trouvent là où les 4 unités orogéniques sont extrêmement rapprochées. Nous n'avons en Iran, dans la région de Mianeh-Takhteh-i-Soleiman, où les 4 zones tectoniques sont le plus étroitement ramassées, que 3 ou 4 gisements filoniens polymétalliques, qui ne sont ni riches, ni étendus.

Dans le centre du pays, en revanche, à Abbasabad-Sabzëwar (imprégnations cuprifères du type disseminated copper ores) et à Bafk-Narigan (gisements pyrométasomatiques de fer), existent des concentrations métallifères relativement importantes. Elles sont évidemment dans une toute autre situation structurale.

ARNI a également constaté que les gisements occupent les lignes orogéniques et les régions limitrophes. Ceci est une observation de portée générale et assez vague, qui a été faite partout où l'on pratique la géologie minière structurale.

Il doit être cependant possible de s'exprimer d'une façon plus précise lorsqu'il s'agit d'un pays déterminé. Nous avons en Iran la ligne de suture entre les plis bordiers et les nappes, une ligne idéale s'il en fut, séparant 2 unités orogéniques parfaitement caractérisées. Elle est dépourvue de volcanisme et de métallisation.

La zone limitrophe entre la masse médiane et les «nappes» possède bien quelques indices plombifères aux environs d'Isfahan. C'est réellement insuffisant pour en parler comme d'une région minéralisée.

Le district minier Anarak-Djandak, de son côté, n'est certainement pas assis sur une ligne orogénique principale du moment que son tracé passe 200 km. plus au Sud.

Voici donc la constatation qui s'impose: Les territoires minéralisés coïncident en Iran avec des zones à tectonique profonde qui ne sont pas nécessairement des lignes orogéniques de première catégorie. Ces zones ont été tout d'abord favorables à l'établissement d'appareils volcaniques profonds et semi-profonds sans lesquels les phénomènes hydrothermaux et autres sont inimaginables.

Un coup d'œil sur la carte morphotectonique du pays montre que les aires minéralisées sont disposées comme suit:

en marge de la masse médiane et de l'arc iranien septentrional (Elbourz, etc.) dont les ridements embryonnaires profonds sont probablement solidaires de la meseta;

en marge des dépressions (Desht-i-Kévir) dans la masse médiane centrale et méridionale;

dans la partie la plus comprimée de la masse médiane (région de Zendjan-Mianeh et du Takht-i-Soleiman).

Dans tous ces cas un groupe restreint de facteurs géologiques déterminés coexistent et nous en apprécions les conséquences métallogéniques.

Ces conditions sont en somme celles de l'orogène méditerranéen de NIGGLI qui est caractérisé par son régime tectonique plutôt que magmatique. La mise en place des appareils éruptifs et les métallisations s'y sont manifestées d'une façon intense en marge des chaînes alpines et des masses médianes, parce que ce sont là des zones à tectonique profonde.

Le rôle de la meseta iranienne par rapport à l'arc iranien septentrional est comparable à celui de la masse pannonique ou des Rhodopes à l'égard des axes carpathiques et balkaniques. Relevons cependant une singularité intéressante: Le Haut Plateau Iranien est pourvu d'aires de subsidence, ou de zones à tectonique profonde, pour ainsi dire intermédiaires, sinon secondaires; c'est l'explication de l'existence des régions minéralisées d'Anarak-Djandak et de Bafk-Narigan, au cœur de la masse médiane, dans une situation structurale paradoxale à première vue, mais qui n'a en fait rien d'exceptionnel.

## Deuxième Partie

### DESCRIPTION DES MINERALISATIONS

#### Chapitre I. L'antimoine<sup>1)</sup>

L'antimoine se rencontre toujours sous forme de stibine, dans une gangue de quartz. On n'y a jamais trouvé de métaux précieux.

C'est grâce à l'activité déployée depuis 1935 par le département des mines que l'on possède aujourd'hui quelques informations sur différents petits gîtes. Les réserves paraissent partout très limitées, pratiquement sans avenir industriel.

#### Le district d'Anarak

L'étonnante diversité des minéralisations de ce district comprend également l'antimoine. Sans entrer ici dans une description géologique qui est donné au chapitre V, page 235, rappelons simplement la présence d'une série métamorphique ancienne envahie par des intrusions mésozoïques et, d'autre part, l'existence de formations sédimentaires et éruptives basiques se rattachant au Crétacé et au Tertiaire.

Patyar (53/33), altitude 1300 m, près de 12 km à l'Est du bourg d'Anarak.

Le gîte de Patyar se compose d'un unique filon de quartz, perpendiculaire, orienté NW 340° et d'allure lenticulaire. Sa puissance varie entre 0,3 et 1,5 m. L'affleurement est dégagé sur plus de 250 m. Ce filon-couche s'est formé dans les schistes graphiteux, pour ainsi dire au contact de calcaires cristallins ferrugineux, dans lesquels on voit quelques traces de minéraux cuprifères. Il existe à Patyar un minerai massif dans lequel la stibine est grossièrement cristallisée et un minerai d'imprégnation dans le quartz qui prend de ce fait une teinte gris-bleuté. La minéralisation n'est pas homogène.

La majeure partie de la stibine s'est déposée en même temps que le quartz. Ce gisement est de formation épithermale, peut-être en relation avec le granite de Khouni-Kalekafi qui est considéré comme mésozoïque.

Trois puits ont été foncés en 1938 jusqu'au niveau hydrostatique, à 18 ou 20 m de profondeur. Ayant constaté la difficulté de produire par simple triage un minerai à 40 ou 50 % Sb, pour en faire sur place du régule, on a interrompu tous les travaux.

---

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), STAHL (111), SPIESS (96), NOTHING (75), TIETZE (115).

Les échantillonnages ont donné entre 4 et 20 % Sb, soit une moyenne de 9 % Sb. Les réserves visibles sont de l'ordre de 50 tonnes. Des essais de concentration faits à Téhéran ont démontré que l'état de dissémination du sulfure dans la gangue exige un broyage poussé à 1 mm pour parvenir à certains résultats. Par jigging et table à secousses, la récupération n'a jamais dépassé 51 % pour des concentrés à 48 % Sb.

Torkémani (54/33), altitude 1350 m, à quelque 40 km au SE d'Anarak, est desservi par une piste carrossable.

Le croquis (v. figure 1) caractérise la situation géologique:

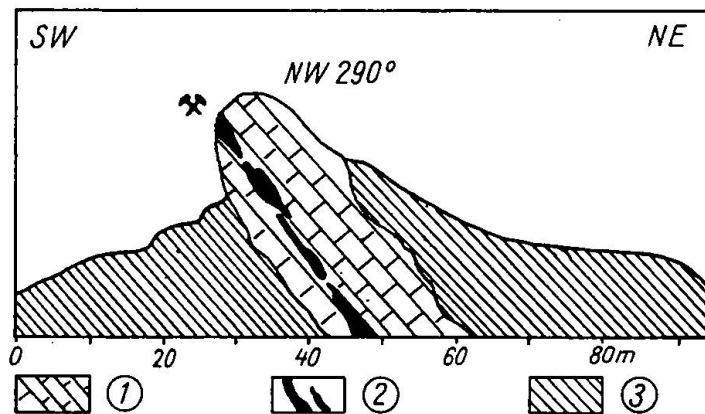


Figure 1. Le gîte d'antimoine de Torkémani, district d'Anarak, par G. LADAME. (1) calcaires noirâtres à veinules de calcite, d'âge indéterminé; (2) amas lenticulaires de quartz avec stibine; (3) chloritoschistes.

La stibine et sa gangue de quartz sont de formation épithermale, exactement comme à Patyar. Cette minéralisation s'est effectuée dans une série de cassures parallèles, à l'intérieur d'un banc calcaire noirâtre à veinules de calcite, probablement paléozoïque. Ce banc est large d'une vingtaine de mètres seulement. Il est flanqué au toit et au mur de chloritoschistes qui plongent de 50° au NE. L'affleurement minéralisé est découvert sur près de 200 m. Sa largeur varie entre 0,2 et 1,2 m. On y observe des minéraux d'oxydation dérivés de la stibine, en particulier de l'ocre d'antimoine. Les amas lenticulaires de Torkémani n'ont que 2 à 5 m de longueur; ils sont disposés en chapelet. Ce minerai se prête partiellement au triage à la main, car la stibine s'y trouve en gros cristaux et plus rarement disséminée dans la gangue.

Des sondages faits à partir de 1938 en 6 différents points ont démontré l'extrême irrégularité de cette minéralisation. Ces travaux

produisirent de 1938 à 1942 30 à 40 tonnes de minerai à 50 % Sb qui furent fondus dans un four à réverbère se trouvant à Talmessi. Le régule obtenu titrait 98 % Sb; il contenait comme impuretés S, Cu, Pb, Fe et 0,03 % As.

Les réserves de Torkémani ne dépassent pas 250 tonnes de minerai à 20 % Sb, soit 50 tonnes d'antimoine. Les essais de concentration réalisés avec un minerai à 8 % Sb ont démontré que la gangue ne s'élimine que de minerais réduits en grains de moins de 1 mm. La récupération n'atteint que 60 % (concentrés à 48 % Sb) en opérant au mineral jig, car les produits d'oxydation pulvérulents sont éliminés avec les tailings.

### Le district de Ferdows

Géologiquement, le territoire de Ferdows est inconnu malgré les études faites dans tout l'Est de l'Iran par les équipes de l'Amiranian Oil Cy. (22).

Shourab (58/33), 66 km au Sud de Ferdows.

Un calcaire d'âge indéterminé a été envahi par des quartzporphyres. Il s'est formé postérieurement, au contact d'un de ces dikes, un remplissage épithermal de quartz et de stibine.

En 1942, les recherches de prospection du Gouvernement sont parvenues à délimiter ce gisement dont la réserve a été évaluée à 5000 tonnes d'antimoine. Les essais d'exploitation ont démontré la possibilité d'obtenir par triage un minerai à 40 % Sb et un second choix (5 à 12 % Sb) inutilisable sans enrichissement mécanique.

### Chapitre II. L'arsenic <sup>1)</sup>

Il ne sera question dans ce chapitre que de dépôts d'orpiment et de réalgar, d'ailleurs tous situés dans l'Azerbeïdjan. Seul le gîte de Zarehshouran, dans l'Afshar, donne lieu par intermittence, depuis plus de 40 ans, à une exploitation saisonnière primitive dont la production annuelle est de l'ordre de 200 à 400 tonnes d'orpiment.

Mentionnons que l'arsenic existe à Anarak, dans les minerais de cobalt et de nickel, et à Abbasabad, sous forme de panabase. On a signalé du mispickel faiblement aurifère à l'Ouest de Tsheshmeh-Gohl, dans le vallon du Tarikdareh, près de la frontière afghane.

---

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), STAHL (111), TIETZE (115), HOUTUM-SCHINDLER (48).

## L' Azerbeïdjan

Djahanamdareh (44/38), altitude?, région de Khoy.

On a observé du réalgar dans les fissures d'une roche diabasique. L'affleurement est minéralisé sur une cinquantaine de mètres. L'origine récente et hydrothermale de cet gîte paraît évidente.

Dastayr (46/38), altitude 1400 m, dans le Karadag septentrional, à quelque 20 km au Sud de Siahroud.

Deux galeries de quelques mètres ont été creusées à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle dans 2 filons d'orpiment impur par les Russes qui prospectaient alors cette région.

Les échantillons recueillis récemment ont de 7 à 24 % As, de 2 à 10 % Fe, ainsi que des traces de Cu et de métaux précieux.

Il est vraisemblable que Dastayr soit un gîte tertiaire d'orpiment secondaire.

Komar-Dastigherd (46/38), altitude 1450 m, dans le Karadag septentrional, est une localité située au Sud de Siahroud, au voisinage de Dastayr.

L'orpiment y existe sous forme d'imprégnation dans un conglomérat, à proximité d'une faille.

Valilo (46/38), altitude 1500 m, 23 km au SW d'Ahar, dans le Karadag méridional, sur l'ancienne piste de Tabris.

Un filon vertical, large de 1,5 à 2,5 m, orienté NE 60°, s'est développé au contact d'un éruptif andésitique et d'un conglomérat, tous deux néogènes.

Les travaux — une descenderie entre autres — ne sont plus accessibles.

Ce gîte d'orpiment est de formation épithermale.

Zarehshouran (47/36), altitude 2360 m, dans l'Āfshar, 48 km au Nord de Tokab, est une localité très excentrique et éloignée des voies de communication.

C'est, paraît-il, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle qu'un groupe anglais entreprit à Zarehshouran des recherches ayant comme objet l'or, et non pas l'orpiment. Le Gouvernement a pris cette affaire en mains à partir de 1930. Son exploitation a dépendu tout d'abord du ministère des finances puis, ces dernières années, du département des mines.

La situation géologique est représentée schématiquement par un profil (v. fig. 2).

Une zone d'altération argileuse très aquifère est irrégulière-

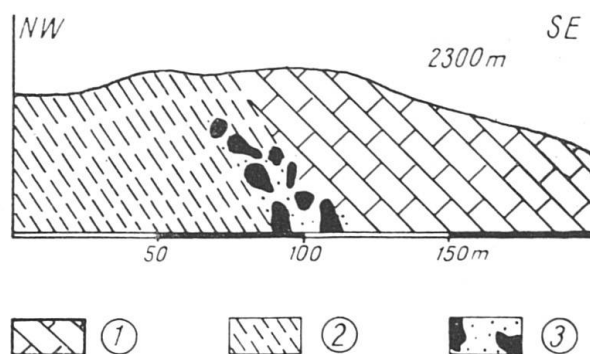


Figure 2. Le gîte d'orpiment de Zarehshouran, dans l'Afshar, par G. LADAME. (1) calcaires cristallins, or. NE 60°, pl. SE 45°; (2) chloritoschistes, or. NE 60°, pl. SE 60°; (3) amas et imprégnations d'orpiment.

ment imprégnée d'orpiment et de réalgar. Elle s'est développée au contact de chloritoschistes paléozoïques et de calcaires spathiques. C'est un phénomène épithermal probablement récent.

L'exploitation produit mensuellement de 15 à 50 tonnes d'orpiment marchand, selon la qualité du minerai.

Le triage à la main permet de subdiviser l'orpiment en 3 classes:

1 <sup>er</sup> choix (Shehkeh)	=	10 %	du tout-venant
2 <sup>e</sup> " (Fouladeh)	=	20 %	" " "
3 <sup>e</sup> " (Darhem)	=	70 %	" " "



Figure 3. Mine d'orpiment de Zarehshouran, dans l'Afshar. Dispositif servant à l'extraction du minerai de 30 à 40 m de profondeur. Photo LADAME.

La troisième catégorie est remise au ministère de l'agriculture pour la fabrication d'insecticides arsenicaux. Les 2 premières sont utilisées comme dépilatoires dans les hamams et les tanneries.

Tout le système d'exploitation est resté fort primitif: Rien n'a été mécanisé, ni l'extraction (v. figure 3), ni la perforation. L'évacuation des eaux abondantes se fait par un canal souterrain à 25 ou 30 m de profondeur — le niveau de base de la mine — au-dessous duquel il n'est pas question de descendre.

De 1939 à 1941, la production annuelle s'est maintenue entre 200 et 350 tonnes.

### Chapitre III. Le chrome <sup>1)</sup>

Situé entre la Turquie et le Béloutshistan, l'Iran devait probablement posséder des chromites dans la zone à ophiolites qui parcourt le pays de l'Ouest à l'Est. Tous les efforts faits de 1939 à 1941 pour découvrir du chrome en quantités notables ont été vains. D'énormes massifs mésozoïques de serpentine existent au Khorassan, à Anarak et dans la province de Kirman, de même qu'au Béloutshistan persan. Les gîtes de chromite que les missions de prospection y ont découverts à ce jour n'y renferment jamais des réserves dépassant quelques milliers de tonnes.

#### 1. LE KHORASSAN

Foroumad (56/36), altitude 1850 m, une quarantaine de km à l'Est de la mine de cuivre d'Abbasabad.

Le massif de serpentine (pyroxénites) de Foroumad se suit en direction Est sur plus de 50 km, tandis que sa largeur peut atteindre 15 km. Au Nord de Sabzéwar, on retrouve des roches du même type se rattachant au même cycle géologique.

On a découvert en 1940, au NE du gros village de Foroumad, dans les montagnes de Mirmamoud et du Kouh-i-Ghendavir, une quinzaine d'amas chromifères au niveau de la ligne de crête. Cette zone de chromite est orientée NE 70°.

Les réserves totales de la région sont estimées à 25 000 tonnes de chromite. C'est au Kouh-i-Ghendavir, à l'altitude de 1815 m, qu'est situé l'amas principal (7000 tonnes).

Le minerai massif de Mirmamoud titre 45 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Lorsqu'il s'agit d'un mouchetage plus ou moins rubané de chromite dans la serpentine, les teneurs sont de l'ordre de 12 à 18 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Au

<sup>1)</sup> Consulter STAHL (111).

Kouh-i-Ghendavir, le minerai est plus homogène; la teneur moyenne trouvée est de 40 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Robat-i-Séfid (59/35), altitude 1550 m, au Sud de Meshed, sur la route de Torbat-i-Haydari.

Toute la région limitée au Nord par la plaine de Nishapour et au Sud par la plaine de Rockh est composée de gabbros à pyroxène (paléogènes?). Ces roches se composent en majeure partie de plagioclases-labradors et de diallage, remplacé parfois par le diopside ou l'hypersthène. Leur structure est holocristalline. Des amas sphériques de chromite (2—5 m<sup>3</sup>) sont disséminés dans les gabbros, sur une distance de 16 km, entre Robat-i-Séfid et Teymour. Ces chromites titrent de 35 à 45 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

## 2. LE SUD DE L'IRAN

Tengh-i-Ashin (57/28), dans les monts Bahrasman, entre Siah-Kouh et Sogon.

L'examen des ophiolites de cette région, au cours des prospections itinérantes de 1940 à 1941, a permis d'y constater la présence d'amas de chromite. Le principal a été estimé à 3000 tonnes de minerai titrant 51,9 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 13,5 % Fe et 5,5 %  $\text{SiO}_2$ .

Beloutshistan persan.

Quelques missions itinérantes organisées en 1937 et en 1941 ont fourni des renseignements rudimentaires sur certains massifs étendus de roches ultrabasiques qui se rattachent à la zone à ophiolites des Dinarides. Ils sont situés dans le Sardagh (57/26), le Shabasi (57/26), la chaîne du Roudan (59/26), etc. On n'y a observé qu'exceptionnellement de la chromite, en amas ne dépassant jamais quelques mètres cubes.

## Chapitre IV. Le cobalt <sup>1)</sup>

Le minerai de cobalt de Khemsar a fourni durant 2 ou 3 siècles la matière première nécessaire à la préparation du bleu de cobalt utilisé par les céramistes de l'Iran pour la décoration des grandes mosquées d'Isfahan, de Qoum et de Meshed.

Les minéraux cobaltifères de Talmessi et de Meskani n'ont été identifiés qu'en 1936—1937, date à laquelle les recherches minières ont commencé dans le district d'Anarak.

Aucun des gîtes cités n'offre un réel intérêt économique.

---

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), STAHL (111).

### Le district de Kashan

Khemsar (51/33), altitude 1830 m, était le siège d'une petite exploitation dont les débuts remontent pour le moins au XVII<sup>e</sup> siècle. On n'y a plus travaillé depuis 1932. Ce gisement se trouve 35 km au SW de Kashan, au Nord du village de Khemsar.

Des calcaires dolomitiques, d'âge indéterminé, renferment ici quelques filons parallèles d'hématite qui sont disposés NW 345°. Seul l'un d'eux est pourvu de minéraux de cobalt, d'asbolane en particulier et d'érythrine, associés à des imprégnations sporadiques de malachite et d'azurite.

Cette métallisation est persistante sur plus de 100 m. La puissance du filon est de 1 à 2 m.

L'existence dans la région d'un gros massif granitique (mésozoïque?) est connue. C'est à lui qu'on rattache ces différentes minéralisations filoniennes de caractère mésothermal.

### Le district d'Anarak

Meskani (53/33), altitude 1320 m, dans le district d'Anarak (v. l'exposé général, chapitre V, page 235), 31 km à l'Ouest du petit bourg. La minéralisation complexe de ce gisement comprend du cuivre, accessoirement du cobalt et du nickel. Elle est localisée dans une roche effusive dioritique, coïncée entre une brèche polygénique crétacique (présence d'orbitolines) et un puissant conglomérat de base oligo-miocène (carte et profil géologique, v. figures 23, 24). Fortement dilué dans le porphyre dioritique qu'il imprègne, le minerai polymétallique y a pénétré par de nombreuses fissures qui ont servi de voies d'accès aux solutions minéralisantes.

Le cobalt de Meskani fait partie d'une curieuse association minéralogique composée, selon M. GYSIN et P. KOVALIV (39), de domeykite ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ), de safflorite ( $\text{CoAs}_2$ ) et de cobaltine ( $\text{CoAsS}$ ).

Les travaux miniers ont montré un appauvrissement notable de toute la minéralisation au-dessous de 50 m de profondeur. Seul l'examen chalcographique des minerais permettra de dire s'il s'est formé ici une zone d'enrichissement secondaire et de délimiter son extension.

Le caractère de la minéralisation de Meskani permet de présumer sa formation à températures et profondeurs modérées (régime mésothermal). Ce gîte se rattache à la phase paléogène de l'orogénèse alpine.

Les travaux miniers ont été amorcés vers 1937. En 1939, le niveau principal, à 50 m de profondeur, était suffisamment déve-

loppé pour que l'on passe à l'exploitation de certains piliers. La production mensuelle se chiffrait en 1939—1940 par 4 tonnes de minerai cobaltifère trié; les analyses suivantes, faites à Téhéran, montrent que les produits de ce triage sont sujets à de fortes variations dans leur composition.

Tableau no. 2

*Analyses des minerais cobaltifères de Meskani*

Co	14,94 ‰	22,0 ‰	17,7 ‰	10,65 ‰	2,0 ‰
Ni	2,80	2,4	4,9	1,4	13,8
Cu	35,60	10,7	38,7	41,9	2,5
Pb	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,09	n. d.	n. d.	n. d.	1,3
As	34,10	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
S	2,10	n. d.	n. d.	n. d.	1,7

Le minerai complexe découvert à Meskani a constitué à lui seul près de la moitié des productions (environ 30 tonnes) de minerai trié de cobalt des années 1939 et 1940.

T a l m e s s i (53/33), altitude 1400 m, 4 km au Nord de Meskani. Les conditions géologiques et paragenétiques de ce gisement sont les mêmes qu'à Meskani. Sa description est faite au chapitre V, cuivre, page 238.

Le cobalt est ici nettement moins fréquent que le nickel. Au triage, on obtient un minerai de nickéline plus ou moins cobaltifère dont la composition est représentée par l'analyse suivante: 26,7 ‰ Ni, 4,0 ‰ Co, 1,6 ‰ Cu.

**Chapitre V. Le cuivre <sup>1)</sup>**

Des indices cuprifères existent dans tout l'Iran en nombre considérable. Les gisements les plus importants sont des imprégnations dans les porphyres dioritiques en bordure du Desht-i-Kévir. Ce sont alors des minerais pauvres, titrant de 0,3 à 0,7 ‰ Cu, dont les affleurements très colorés dans ces territoires arides, ne passent jamais inaperçus. Le ministère de l'industrie et des mines a construit, aux environs de Téhéran, la raffinerie de cuivre de Ghaniabad. Sa capacité mensuelle est de 150 tonnes de cuivre électrolytique. La mise en marche de cette usine a eu lieu en 1940. La production des différentes mines de cuivre du pays était à cette époque encore insuffisante pour assurer l'alimentation régulière de la raffinerie.

<sup>1)</sup> Consulter BOEHNE (16), HOUTUM-SCHINDLER (48), DE LAUNAY (66), LADAME (58), SPIES (96), STAHL (101, 108, 111), TIETZE (115), UNTERHÖSSEL (117).

Il convient de rappeler ici que les initiatives du Gouvernement Impérial pour la mise en valeur des ressources minérales du pays, et tout particulièrement des gisements de cuivre, ne datent que de 1935.

Les gisements de cuivre du Khorassan et des environs de Nayn, Anarak, Yezd, etc. ont cependant été découverts et explorés depuis longtemps par les indigènes. Il s'y trouve partout des vestiges imposants d'exploitations minières et de métallurgie primitives, sous forme de déchets de triage et de scories.

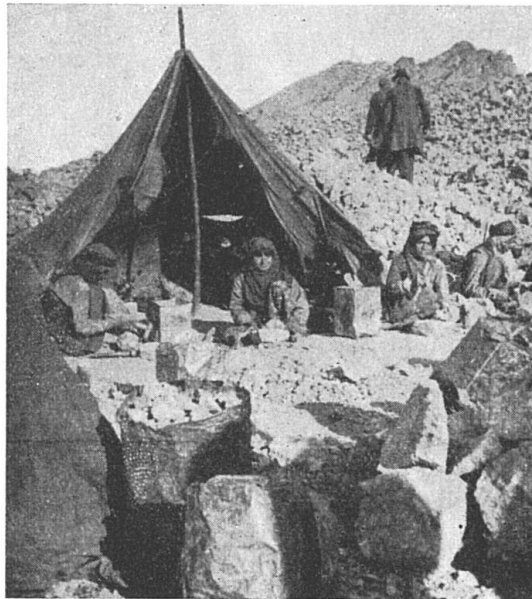


Figure 4. Concassage et triage du minerai de cuivre, à Dahanehsiah.  
Photo LADAME.

Les mineurs des temps passés recherchaient uniquement les minerais de la zone d'oxydation qu'il était facile de transformer en matte de cuivre, puis en cuivre à 97 ou 98 % Cu, par simple réduction au charbon de bois. L'opération se faisait dans le temps comme de nos jours dans de petits fours de fusion façonnés en terre glaise. Je les ai vu fonctionner au Khorassan, à Abbasabad et à Dahanehsiah. On procède comme suit (v. figures 4 et 5) : Ce minerai, dont la gangue est d'ailleurs facile à fondre sans adjuvant, est concassé avec des massettes puis trié pour obtenir un produit à 10—12% Cu qui est grillé. On ajoute à la charge de minerai son poids de charbon de bois, soit 200—300 kg par fournée. C'est la question du combustible, difficile à produire dans une région si pauvre en végétation, qui a freiné l'expansion de cette métallurgie indigène.

J'ai fréquemment constaté la présence de scories cuprifères en bordure du Kévir, à 50 km et davantage de la mine la plus proche. Le minerai trié était donc transporté à dos de chameaux à l'endroit même où le charbon de bois pouvait être produit.

Cette industrie locale peut être considérée comme autochtone. Elle a été capable de fournir depuis des siècles la matière première nécessaire aux fameux chaudronniers d'Isfahan et des autres villes de la Perse. De nos jours, une grande partie des articles ménagers, tels que marmites, aiguières, plateaux, cuvettes, etc. sont encore faits en cuivre martelé.

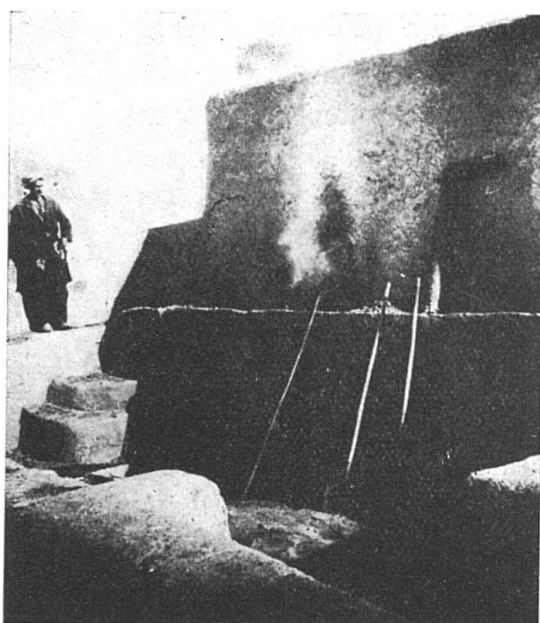


Figure 5. Batterie de fours chauffés au charbon de bois pour la fusion des minerais de cuivre, à D a h a n e h s i a h. Photo LADAME.

Les régions où des indices cuprifères ont été observés sont les suivantes: Le Karadag, les environs de Mianeh, le Tarom, le Khorassan, les districts de Nayn, Anarak et Yezd, les monts Bahrasman, au Sud de Kirman. Je doute que certaines provinces, telles que le Louristan, le Laristan, le Kurdistan et le Béloutshistan, bien que fort mal connues, nous réservent des découvertes dans ce domaine.

#### 1. LE KARADAG

Il s'agit d'une région très accidentée, qui est délimitée au Sud par la plaine de Tabris et au Nord par l'Araxes. Des chemins muletiers conduisent aux rares hameaux misérables de ce pays inhospitalier.

Le Karadag est entaillé de profondes vallées orientées Nord-Sud, liées à des cassures tectoniques, dans lesquelles coulent des rivières permanentes, à régime torrentiel. Elles sont pour la plupart tributaires de l'Araxes. La moitié septentrionale de ce territoire jouit du climat humide sudcaspien.

#### Situation géologique

Le style géologique du Karadag rappelle celui de la Transcaucasie. Les documents réunis au cours de missions exécutées de 1939 à 1941, s'ajoutant aujourd'hui aux informations publiées par H. RIEBEN (85), permettent d'esquisser dans les grandes lignes la charpente de cette région (4000 km carrés).

En voici les éléments constitutifs, énumérés du Nord au Sud, à partir de la vallée de l'Araxes, et sans entrer dans l'interprétation de relations tectoniques qui sont encore trop mal élucidées (v. figure 6):

A. Le synclinal mésozoïque de Kialla, orienté Est-Ouest, caractérisé par des calcaires éocétacés; RIEBEN les a étudiés dans les gorges de l'Ilghenatshay.

B. Le complexe ultrabasique tertiaire de Norashen-Goulan, également Est-Ouest, plongeant au Nord sous le synclinal de Kialla et, au Sud, sous le sédimentaire éocétacé de Kiavana-Khanaga; on a observé la disposition anticlinale de ces couches. Ces roches sont au contact du granite paléozoïque ou mésozoïque du Goulan-Tshay au NW d'Ushtubun et en amont du coude de l'Araxes. Il se trouve d'ailleurs de nombreux dikes de diabase disposés N-S dans le granite même.

C. La zone mésozoïque calcaire de Kiavana-Khanaga, orientée Est-Ouest et plongeant au Sud, ne se voit pas à l'Ouest au delà d'Ushtubun. Dans l'Ilghenatshay, RIEBEN a reconnu les mêmes calcaires éocétacés qu'à Kialla, soit des calcaires marneux, des calcaires noirâtres fétides, etc. Il est vraisemblable que nous avons affaire à la même unité tectonique.

D. Le complexe Destighert-Goulantshay-Sunguntshay-Sheyvardag dont on peut dire qu'il est en partie antémésozoïque. Un productidé mal conservé a été trouvé dans les calcaires foncés de Sungun. L'orientation de cette zone est Est-Ouest, son plongement Sud de 40° à 50°. Elle nous intéresse particulièrement du point de vue minier, car elle englobe pratiquement tous les gisements métallifères du Karadag.

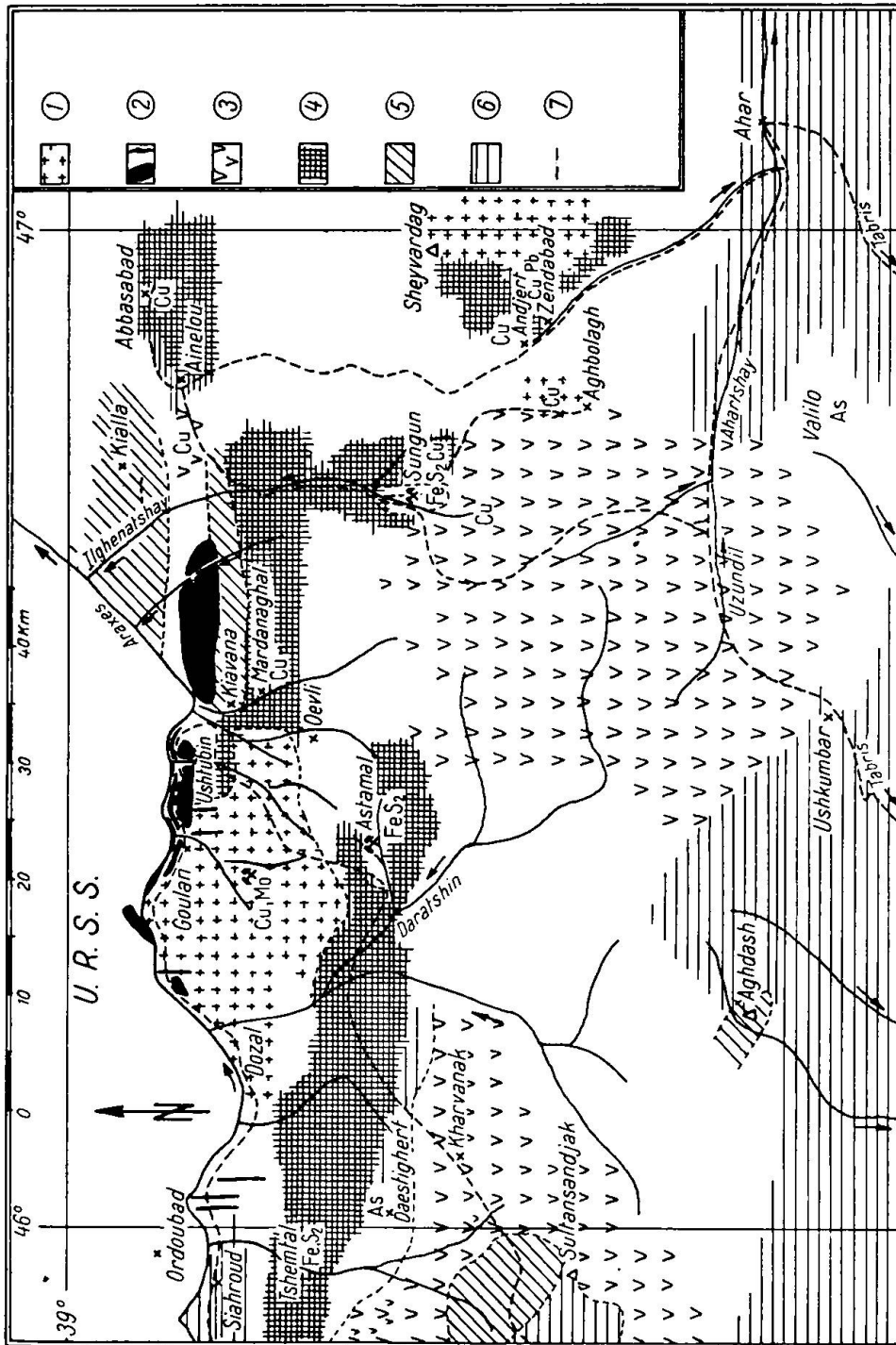


Figure 6. Carte géologique du Karadag, au NW de l'Iran, avec les gîtes métallifères; la géologie d'après H. RUEBEN (85), complétée par les observations personnelles de G. LADAME.

(1) granites, diorites; (2) diabases; (3) éruptifs tertiaires; (+) schistes crist., marbres, skarns et sédim. anc.; (5) crétacé; (6) tertiaire (gyposalifère); (7) Itinéraires suivis par G. LADAME de 1939 à 1941.

J'y ai distingué :

Des roches anciennes cristallines et métamorphiques, telles que micaschistes — pyritisés ou non —, marbres, skarns et, d'autre part, les granites à biotite et à hornblende du Goulantshay et du Sheyvardag, qui sont antétertiaires.

Un sédimentaire non métamorphique, probablement antémésozoïque, composé de calcaires à enduit sériciteux.

Une invasion éruptive oligomiocène de granodiorites et de porphyrites riches en hornblende, qui est à l'origine des métallisations de cette époque.

E. Le massif effusif tertiaire d'Usqumbar-Aghabolagh-Deretshin délimite le Karadag au Sud. Il s'étend au Nord jusqu'aux cours supérieurs de l'Ilghenatshay, du Sunguntshay et du Goulantshay. Ces coulées andésitiques sont en grande partie néogènes : Elles ont participé aux ondulations du Gypsosalifère.

#### Métallogénie

Dans les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle, une concession minière englobant tout le Karadag fut accordée à un groupe financier russe. C'est de cette époque que datent toutes les recherches disséminées sur ce territoire, à l'exception des travaux réalisés à la mine de Sungun en 1941 par le Gouvernement iranien.

Il existe deux types principaux de gîtes au Karadag :

*Les gîtes de contact :* La métallisation des skarns s'est produite essentiellement dans les cassures de la roche, évidemment postérieures au métamorphisme. Ce phénomène comprend donc une phase hydrothermale — à températures élevées — au cours de laquelle s'est produite la pyritisation de massifs cristallins importants. Dans certains cas, à Sungun, p. ex., il peut y avoir aussi de la chalcoppyrite assez abondante et très accessoirement de la galène et de la blende.

*Les gîtes filoniens :* Ce sont des filons de quartz avec de la chalcoppyrite, subsidiairement de la galène et de la blende, rarement de la molybdénite (Goulantshay). L'immense majorité de ces filons, cassures ou simples diaclases minéralisés sont orientés NE 20—40°. On peut cependant observer à Goulantshay 2 filons orientés NW 310° et 5 qui le sont NE 20°, sans aucune différence dans le caractère de la minéralisation. Les petits indices cuprifères de Bor-mulkh, Barzagar, Mardaghal, etc. sont néogènes, sans hésitation possible, vu leur situation géologique.

L'âge des métallisations. Il est utile de rappeler que V. GROUSHEVOY (38) a signalé la présence en Transcaucasie de 4 systèmes volcaniques et de 3 périodes métallogéniques:

Correspondant aux éruptifs calédoniens (granites roses et pegmatites) une minéralisation de faible densité du type Co-Ni.

Correspondant au volcanisme jurassique (granodiorites) une minéralisation polymétallique pauvre, du type pyrite-chalcopyrite.

Correspondant aux éruptions tertiaires une métallisation abondante du même type que la précédente; c'est-à-dire que l'on y trouve des pyrites et des chalcopyrites suivies de galène et de blende, en relation avec des granodiorites oligomiocènes. Il existe d'autre part des chromites associées aux ophiolites antéoligocènes.

Au Karadag, la phase métallogénique calédonienne ne paraît pas être représentée. Les granites du Goulantshay et du Sheyvardag, qui sont antétertiaires, ne peuvent pas être considérés avec certitude comme antémésozoïques. Ils ont envahi, on le sait, des roches anciennes, tels que des gneiss, des micaschistes, des phyllites et des calcaires cristallins.

Il ne m'a pas été possible, faute d'argument probant, de départager les minéralisations du Karadag en une phase mésozoïque et une phase tertiaire. Leur relation avec les intrusions granodioritiques tertiaires des boutonnières de Sungun, Andjert, Astamal, etc. s'établit sans contrainte.

C'est donc essentiellement d'une phase métallogénique alpine et oligomiocène qu'il s'agit en Transcaucasie persane. Elle est du type pyrite-chalcopyrite. La molybdénite a été identifiée au Goulantshay. La galène et la blende existent en divers points. Et l'orpiment, si caractéristique pour cette province, est bien représenté.

Ces minéralisations se sont produites dans les conditions les plus variées allant du pyrométamorphisme de contact au régime épithermal.

#### *Description des gîtes du Karadag*

Sungun (46/38), altitude 1900 m, dans le Karadag central. Le gisement affleure sur les deux versants de la gorge creusée par le Sunguntshay (v. figure 10), tributaire de l'Ilghenatshay.

La situation géologique est figurée sur le plan (v. figure 7) et les coupes ci-joints (v. figures 8 et 9).

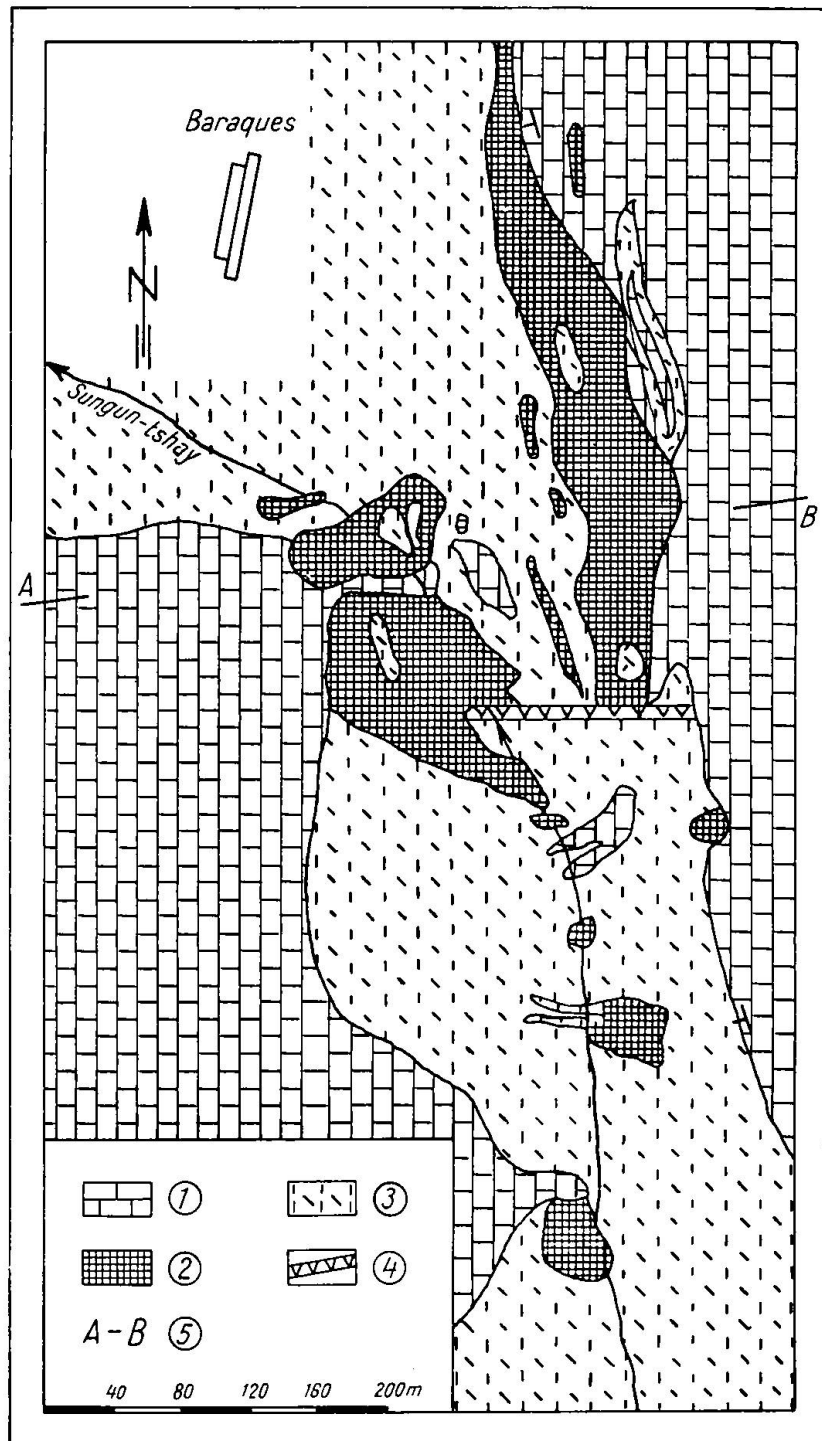


Figure 7. Carte géologique du gisement de Sungun, Karadag central, par G. LADAME. — (1) calcaires anciens, parfois marmorisés; (2) skarns à grenat, épidote, magnétite, pyrite et chalcopryrite; (3) massif granodioritique; (4) dike de porphyrite; (5) profil géologique.

Des calcaires paléozoïques grisâtres ont été métamorphosés par une intrusion granodioritique tertiaire. Ces roches sont en partie marmorisées, en partie transformées en grenatites, épidotites et idocrasites. Il ne s'y trouve que peu de magnétite. Dans la phase hydrothermale les roches éruptives ont été altérées, séricitisées sur une vaste étendue, silicifiées et aussi pyritisées. La pyritisation intense du massif éruptif et des skarns, par imprégnation et remplissage d'un réseau très serré de cassures, ne comprend dans l'ensemble qu'une faible proportion de chalcoppyrite. Les skarns sont cependant souvent assez cuprifères pour être exploités comme minerais de cuivre.

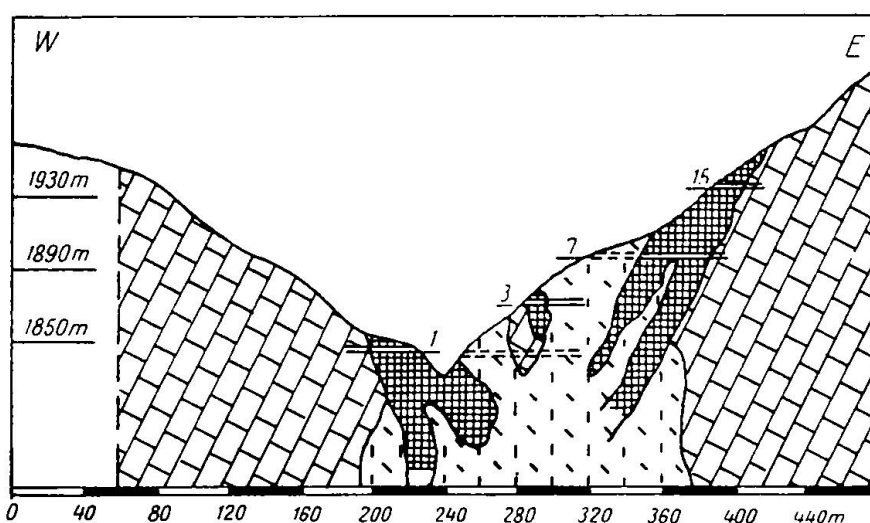


Figure 8. Profil géologique transversal du gisement de Sungun, Karadag central, par G. LADAME; voir la légende de la figure 7; les no. 1, 3, 7, 15 se rapportent à des galeries d'études tracées en 1941.

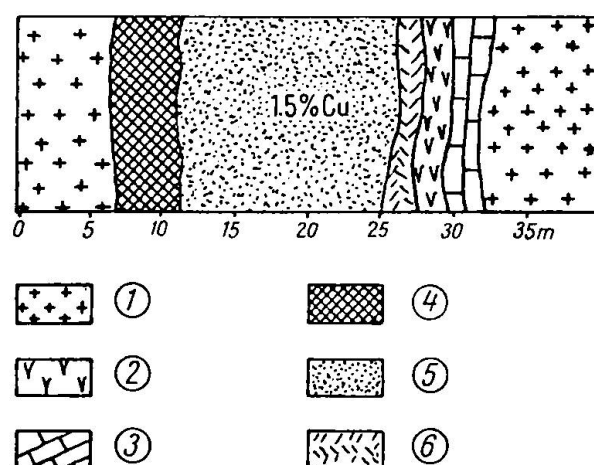


Figure 9. Gisement de Sungun, coupe schématique du chantier „Gushgumbas“, à l'affleurement, par G. LADAME. — (1) granodiorite; (2) porphyrite; (3) marbre; (4) skarn à magnétite, pyrite et chalcoppyrite; (5) skarn silicifié et minéralisé; (6) calcaire silicifié.

Sungun est donc avant tout un gisement de pyrite non aurifère, en second lieu — du point de vue de l'importance des massifs minéralisés — un gîte cuprifère.

Sur la rive droite du Sunguntshay se trouve l'amas principal de skarns cuprifères (v. figure 7). Il affleure sur près de 800 m, en



Figure 10. Vue Sud-Nord de la gorge du Sungun-Tshay; à l'arrière-plan les baraquements de la mine de cuivre. Photo LADAME.

direction NW  $340^{\circ}$ . Sa puissance varie entre 25 m et 70 m. Cette zone de grenatites est limitée au mur par des calcaires saccharoïdes plongeant au SW. Au toit, le porphyre dioritique est au contact des skarns. Un dike de porphyrite transversal interrompt brusquement la zone de skarn, au niveau du ravin « Espadrin ».

Des apophyses granodioritiques et des dikes de porphyrite à hornblende recourent maintes fois les calcaires et les grenatites.

Le système de galeries de reconnaissance foncées en 1941, sur la rive droite du torrent, dans l'amas principal, est relativement important. Les autres piliers minéralisés ont été prospectés superficiellement. L'échantillonnage a été exécuté régulièrement dans tous les travaux, de mètre en mètre, généralement en recueillant la poussière des forages aux avancements.

Les analyses ont mis en évidence des teneurs moyennes de 1 à 2 % Cu avec 1 g/t Au. L'or est solidaire de la chalcopryrite.

Tableau no. 3

*Résultats de l'échantillonnage des galeries 15, 16 et 23 tracées dans l'amas principal, rive droite (v. fig. 8)*

mètre	gal. 15	gal. 16	gal. 23
1er	3,4 % Cu	1,2 % Cu	1,3 % Cu
2e	3,4	0,6	2,2
3e	0,5	1,3	6,3
4e	1,9	0,6	2,1
5e	1,4	0,8	2,6
6e	0,8	0,8	1,6
7e	0,6	0,9	0,9
8e	0,5	2,7	1,0
9e	0,3	1,0	0,8
10e	1,2	0,3	0,8
11e	1,0	0,2	0,9
12e	1,1	0,2	0,9
13e	1,2	0,2	1,9
14e	1,5	0,1	0,9
15e	1,5	0,1	0,4
16e	1,2	0,1	0,7
17e	2,3	0,1	0,5
18e	2,2	0,1	0,8
19e	2,3	interrompue	0,7
20e	2,1		0,6
21e	3,2		1,5
22e	2,8		0,7
23e	3,7		1,0

L'ensemble de cette documentation permet d'évaluer le gisement de Sungun à 20 000 tonnes de cuivre, dont 5000 tonnes bloquées dans le massif de skarns, rive droite, entre les galeries 15 et 16. On ne tient pas compte dans cette dernière évaluation des minerais titrant moins de 1,5 % Cu.

Le minerai exigera une concentration par flottation si l'on en décide jamais l'exploitation. Le gros de la métallisation des skarns et de l'éruptif ne peut pratiquement pas être pris en considération (0,1—0,5 % Cu).

Au lieu dit «Ghour-Kourshoum-Magara» apparaît une imprégnation de galène assez forte à l'affleurement pour avoir suscité certains espoirs.

Du point de vue génétique Sungun possède la paragenèse caractéristique des gîtes de contact, dans lesquels la phase hydrothermale l'a emporté comme importance minéralisante sur la phase pyrométamorphique.

Goulan (46/38), altitude 1200 m, à 7 km de l'Araxes et de la frontière russe. Son accès restera difficile tant qu'il n'y aura pas une route, sur la rive droite de l'Araxes, comme il y en a une sur la rive gauche.

On se trouve ici dans une profonde vallée, très encaissée et entièrement creusée dans le granite. Il y coule un torrent, le Goulantshay, qui se jette dans l'Araxes.

Des ingénieurs russes ont amorcé, à Goulan, au début du siècle, une demi-douzaine de galeries. Ils ont même fait la fusion sur place des 20 à 30 tonnes de minerai de cuivre extrait au cours de ces travaux de prospection.

J'ai dénombré dans ce gisement 6 différents filons ou faisceaux filoniens avec gangue de quartz et chalcopryrite aurifère. Ils sont toujours disposés en chapelets.

Des dikes de porphyrite ont recoupé le massif granitique anté-tertiaire qui est composé d'un granite normal à biotite et à hornblende. Je suppose que ce sont les émanations du même magma granodioritique qui sont aussi responsables de ces minéralisations alpines et mésothermales.

L'orientation générale des cassures est NE 15° et le pendage Est de 60°.

L'analyse des échantillons prélevés en 1941 a révélé très généralement la présence d'un peu de molybdène.

Filon no. 1, altitude 1150 m, orienté NW 305°, contrairement à l'orientation générale N-S. Le remplissage filonien, large de 0,1 à 0,2 m, comprend du quartz limonitique et des éléments granitiques arrachés aux parements (traces Cu; 0,1 % Mo).

Filon no. 2, altitude 1140 m, au niveau du Goulantshay. Cette zone de petites lentilles étirées, longues de quelques mètres, mesure à l'affleurement 1 à 2 m de largeur. Le granite est également minéralisé; on y voit de la pyrite et de la chalcopryrite (3,4 % Cu; 0,48 % Mo).

Filon no. 3, altitude 1345 m, toujours rive gauche du torrent, le plus important des affleurements, car il se poursuit sur près de 300 m. Le remplissage filonien se compose de quartz et subsidiairement d'une brèche granitique, tous deux minéralisés. Il garde sur toute la longueur une épaisseur comprise entre 0,4 et 0,8 m.

L'orientation du filon est NE  $10^{\circ}$  avec un pendage Est de  $55^{\circ}$ . La roche encaissante est aussi imprégnée de chalcopryrite. Trois échantillons différents ont donné les teneurs suivantes :

1. 5,9 % Cu; 0,35 % Mo
2. traces Cu; 0,35 % Mo
3. 0,2 % Cu; 0,85 % Mo.

Filon no. 4, altitude 1160 m, dans la prolongation Est du filon no. 1 (1,5 % Cu; 0,29 % Mo). Plus à l'Est, le granite et certaines de ses diaclases sont également minéralisés.

J'ai remarqué, sur la rive droite du vallon, quelques indices cuprifères, mais nulle part de véritables filons.

L'or est lié à la chalcopryrite. Les échantillons titrant 3 à 5 % Cu ont dans la règle 2 à 3 g/t Au.

Andjert et Zendabad (46/38), 5 ou 6 km au Nord d'Ahar, au pied du Sheyvardag. Il s'agit de gisements de peu d'importance, à savoir :

Gherdag, altitude 2110 m, 4 km au NE de Zendabad: Une zone orientée NW-SE de gneiss, mylonitisés au contact du granite, est faiblement cuprifère sur une étendue de 200 m (0,7 % Cu; traces Au; 18 g/t Ag).

Saaddareh, altitude 1890 m, à 3,5 km d'Andjert. On voit un chapelet de quartz lenticulaire orienté NE  $40^{\circ}$  dans le même granite altéré antétertiaire. Il s'y trouve un peu de chalcopryrite. L'affleurement minéralisé est large de 2 m et long de 150 m (1,4 % Cu; traces Au; 3 g/t Ag).

Saylehdareh, altitude 1850 m, en aval d'Andjert, dans la vallée du Degirmendareh. Une roche tuföide est fortement imprégnée de pyrite et subsidiairement de chalcopryrite. Les habitants d'Andjert prétendent que le four construit par les Russes au début du siècle était destiné à traiter le minerai de cuivre provenant du Saylehdareh. On y a fondu, à voir le tas de scories, une vingtaine de tonnes de minerai tout au plus.

Ghizilkayadareh, altitude 1900 m, 0,5 km au NE d'Andjert, au confluent d'un ruisseau tributaire du Degirmendareh, dans la vallée d'Andjert. Des schistes quartzitiques sériciteux sont imprégnés de pyrite. Un affleurement de 60 m  $\times$  4 m est faiblement cuprifère (0,45 % Cu).

En remontant le vallon du Ghizilkayadareh, on observe sur toute sa longueur, dans ces mêmes quartzites, des colorations limonitiques ou malachitiques, qui montrent que la pyritisation a une certaine

extension. On parvient au bout de 2 km à une intrusion récente. Il s'agit d'un granodiorite à hornblende fortement diaclasé en direction N-S. Au contact immédiat de l'éruptif se voient quelques petits amas de grenatites et d'idocrasites avec de la magnétite, de l'épidote et de la calcite.

La minéralisation de ces skarns (pyrite et chalcoppyrite) est sporadique, de faible densité, bien que largement étendue.

Voici les teneurs de 2 échantillons:

1. granite minéralisé dans diaclases: 1,0 % Cu
2. skarns prélevés en divers endroits: traces à 0,3 % Cu.

Le *G h a p a n d a g*, altitude 2350 m, dans la prolongation Sud des skarns du *Ghizilkayadareh*. J'y ai constaté une minéralisation de faible densité, mais dont les croûtes de malachite, visibles sur tous les affleurements de grenatites (1,4 % Cu), dénoncent la vaste répartition.

*A b b a s a b a d* (46/38), altitude 1450 m, 5 km à l'Est du village arménien d'Ainelou, dans le *Karadag* septentrional.

La minéralisation s'est fixée dans les skarns. Il s'agit d'un remplissage de fissures orientées NE 60°. On y voit de la chalcoppyrite massive et en mouchetages dans une gangue de quartz. J'ai prélevé 2 échantillons dans le *Darenghidareh*:

1. 8,7 % Cu; 1,7 g/t Au; 39 g/t Ag
2. 1,4 % Cu; traces Au; 3 g t Ag.

On rencontre quelques autres affleurements en remontant ce même ravin (alt. 1550 m).

*Abbasabad* est un gîte de contact, à phase hypo- ou mésothermale prépondérante, exactement comme *Sungun*.

*B a r g h e z a r* (46/38), altitude 950 m, 7 km à l'Ouest d'Ainelou, dans la basse vallée de l'*Ilghenatshay*.

Une faible imprégnation cuprifère est signalée dans un calcaire spathique créacé, au contact d'andésites néogènes. Les 2 roches sont également pourvues de chalcosine le long de fissures irrégulières. Ce petit affleurement mesure près de 400 m<sup>2</sup>.

*B o r m u l k h* (46/38), altitude 2115 m, dans le *Karadag* central, au Sud de *Sungun*. On se trouve dans le massif andésitique néogène d'*Usqumbar*. J'ai remarqué, à proximité de cette localité, aux lieux dits *K a n d i u s t u k h a n*, *B u y u k y e r*, *D j a f f a r k h a n e h* et *K h o y k h a n e h* quelques indices cuprifères situés dans l'éruptif, parfois au contact d'un calcaire silicifié. Ces remplissages de fissures sont composés de quartz, de barytine et d'un peu de chalco-

pyrite malachitisée, rarement de galène (Khoykhaneh). Les teneurs sont de 0,5 à 1,3% Cu, sans traces de métaux précieux.

Gumusholan (46/38), altitude 2030 m, au Nord d'Aghbolagh. Trois filons très étirés, à gangue de quartz, sont logés dans un granite antétertiaire passablement altéré. On observe dans le quartz une minéralisation clairsemée de chalcoppyrite aurifère, de pyrite et de galène. L'orientation des cassures est NW 320°, plongement Nord de 70°. L'affleurement se prolonge sur près de 100 m et sa largeur est de 0,2 à 0,8 m.

On observe, un demi kilomètre plus à l'Est que les andésites peuvent être localement pyritisées, p. ex. à Gohouldereh, et même renfermer des traces de chalcoppyrite.

Astamal (46/38), dans le Karadag central. Il s'y trouve un important gisement de pyrite dans le Gousandareh. Sa description sera faite au chapitre XIII, soufre (pyrite). On y voit quelques indices cuprifères, par exemple :

Ataylichdareh, altitude 1705 m, au SE du gisement de pyrite du Gousandareh, les chloritoquartzites renferment des amas circulaires de pyrite et de chalcoppyrite. Les teneurs sont de l'ordre de 1% Cu et 0,1 g/t Au.

Ovantshay, altitude 1130 m, au NW d'Astamal. La pyritisation intensive des schistes et des calcaires cristallins est générale. Localement se rencontrent des indices faiblement cuprifères. A Ovan, la chalcoppyrite s'est déposée en même temps que la pyrite, dans les fissures d'un calcaire grisâtre, probablement paléozoïque, et orienté NE-SW.

Mardana ghal (46/38), dans le Karadag septentrional, à proximité de l'Araxes.

Des indices cuprifères apparaissent au contact d'une roche microgrenue porphyritique et de calcaires silicifiés, dans le vallon du Hamamdareh, altitude 1150 m. Ce phénomène ne tire d'ailleurs pas à conséquence. Un échantillon choisi a donné à l'analyse 10,8% Cu; 0,4 g/t Au et 83 g/t Ag.

Le Tshemtai (45/38) est une région située au NW du Karadag, entre les localités de Dozal et de Siahroud, au Nord, et de Dastighert, au Sud.

On n'y voit que des roches se rattachant au noyau cristallin du Karadag: des granites antétertiaires et des gneiss paléozoïques pyritisés sur une grande étendue (v. chapitre XIII). On y trouve accessoirement un peu de chalcoppyrite.

Tableau no. 4

*Résultats d'analyses d'échantillons du Tshemtal*

<i>Dastaydareh:</i>	0,46 ‰ Cu	43,5 ‰ Fe	0,2 g/t Au
	2,25 ‰ „	12,3 ‰ „	0,4 „ „
<i>Darehkand:</i>	1,25 ‰ „	15,6 ‰ „	0,4 „ „
<i>Faroghdareh:</i>	0,27 ‰ „	15,6 ‰ „	0,2 „ „
	0,36 ‰ „	47,8 ‰ „	0,1 „ „

## 2. LA REGION DE MIANEH

L'Azerbeïdjan oriental, dont l'altitude moyenne est de 1500 m, est une région fertile, relativement bien irriguée par le Kiziluzen et ses tributaires.

L'accessibilité de ce haut-plateau bénéficiera largement du chemin de fer Téhéran-Tabris dont la mise en exploitation s'est faite récemment.

Un groupe de gîtes métallifères se trouve au Sud-Est de Mianeh, dans le massif du Takhteh-i-Soleïman, et un autre, au Nord-Est de cette localité, dans la vallée du Kiziluzen.

Les formations géologiques prédominantes sont des sédiments tertiaires alternant avec des venues éruptives basiques et ultra-basiques sous forme de coulées et d'intrusions.

La connaissance que nous avons aujourd'hui des indices miniers des environs de Mianeh remonte à l'activité déployée de 1938 à 1941 par les services gouvernementaux.

Les travaux réalisés à la mine de Baytshebagh en font, p. ex., le gisement de cuivre le mieux étudié de tout le pays.

Les 2 gîtes de Sendjedeh et d'Uzundareh, dont la minéralisation est d'ailleurs polymétallique, avec prédominance de la galène, n'en sont qu'aux recherches préliminaires.

Toutes ces métallisations de la province de Mianeh ont certains points communs: Elles sont paléogènes, de caractère filonien et sont situées dans les massifs éruptifs tertiaires ou leurs tufs.

Les filons importants sont polymétallifères et comprennent en principe une gangue de quartz avec de la chalcopirite, de la galène, de la blende et relativement peu de pyrite. Les fractures mineures dans les andésites ne présentent bien souvent que du quartz et de la chalcopirite, transformée ou non chalcosine.

Il semble que les températures de formation de ces métallisations ont été modérées et les profondeurs faibles, correspondant les unes comme les autres au régime méso-épithermal et subvolcanique.

Baytshebagh (47/36), altitude 1580 m, accessible par une piste carrossable, à 145 km à l'Ouest de Zendjan. Le passage à gué de deux rivières, le Zendjan-Tshay et le Kiziluzen, est évidemment irréalisable en période de crue.

Le gisement se trouve aux confins de l'Afshar et du Khemseh, sur le versant Nord de la chaîne du Takhteh-i-Soleiman. Il affleure dans une vallée que le Baytshebagh-Tshay a profondément creusée. On peut voir sur la figure 11 le modelé fort pittoresque du paysage.

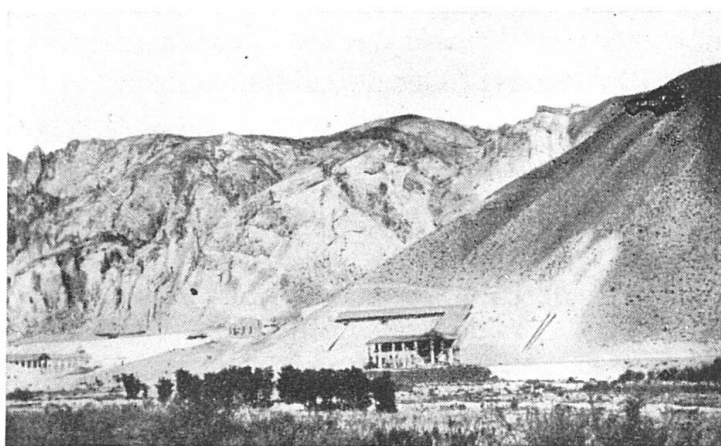


Figure 11. Vue générale sur les installations de la mine de cuivre de Baytshebagh. A droite, le water-jacket pendant les travaux de montagne.  
Photo LADAME.

La découverte des affleurements date de 1938. On reconnut d'emblée l'existence de 4 filons principaux, larges de 40 cm à 150 cm, longs de 500 m à 1000 m et orientés parallèlement NE 45° à 60°. Le pendage est vertical ou peu s'en faut. Les épontes ont été corrodées par les venues hydrothermales et même légèrement imprégnées de chalcopryrite et de pyrite. Des ramifications peu continues partent des cassures principales: elles sont aussi minéralisées.

Le remplissage filonien se compose d'une gangue de quartz mouchetée de chalcopryrite qui est aurifère. Une faible proportion du minerai est massif. Le filon n'a pas un caractère rubané. Dans les niveaux supérieurs, la galène et la blende peuvent être abondantes; ces sulfures sont même prédominants par places, par exemple, dans la terminaison NE du filon Baytshebagh I.

Voici les résultats d'un échantillonnage exécuté par mes soins en 1940 dans le filon Baytshebagh I, de haut en bas:

Niveau 110, minerai à 4,4% Cu; largeur de la minéralisation = 39 cm;  
36,2 kg de cuivre par m. carré de filon.

Niveau 94, minerai à 5,3% Cu; largeur de la minéralisation = 24 cm;  
35,0 kg de cuivre par m. carré de filon.

Niveau 60, minerai à 3,9% Cu; largeur de la minéralisation = 36 cm;  
39,5 kg de cuivre par m. carré de filon.

Niveau 17, minerai à 2,6% Cu; largeur de la minéralisation = 15 cm;  
10,6 kg de cuivre par m. carré de filon.

Réserves visibles et probables = 850 tonnes de cuivre.

Le filon Baytshebagh II a une largeur moyenne de 80 cm et des teneurs plus élevées, de l'ordre de 5% Cu. Ses réserves visibles et probables sont d'environ 1200 t de cuivre.

On peut compter avec une teneur moyenne de 3 à 4% Cu et près de 2 g/t d'or dans la mine de Baytshebagh qui se classera, comme cela ressort des chiffres ci-dessus, parmi les exploitations de petite envergure. Ses réserves totales doivent être de l'ordre de 6000 à 8000 tonnes de cuivre, dont environ 4000 tonnes visibles et probables.

Fin 1942, les travaux de préparation et de reconnaissance atteignaient 4 à 5 km de galeries et de travers-bancs. Ceux-ci ont été amorcés à flanc de coteau dans l'intention de recouper transversalement tout le système filonien.

Toutes les dispositions ont été prises pour édifier une usine de flottation <sup>1)</sup> d'une capacité de 100 t/24 heures, car le minerai se prête admirablement à ce mode de traitement. Cette installation sera susceptible de fournir mensuellement 50 tonnes de cuivre sous forme de concentrés à 28 ou 30% Cu et titrant près de 60 g/t Au.

Un water-jacket a été installé dans le dessein d'y fondre le minerai à haute teneur et le minerai de la zone d'oxydation. Sa capacité est d'environ 400 kg de cuivre par jour, à l'état de matte de cuivre.

Shekhtèrabad (47/37), altitude 1380 m, 10 km à l'Ouest de Mianeh, le long du tracé du chemin de fer de Tabris.

Des efflorescences malachitiques apparaissent dans les andésites, à 3 km du village; elles proviennent de l'oxydation d'un peu de chalcosine qui se trouve avec du quartz dans quelques fissures de l'éruptif.

---

<sup>1)</sup> *Note de la Rédaction.* Nous imprimons le mot flottation sur le désir de l'auteur, quoique le terme français soit flottage.

Zereshlou (47/37), altitude 1760 m, une cinquantaine de km à l'Ouest de Mianeh.

Un agglomérat rougeâtre à gros éléments diabasiques, puissant de 6 à 8 m, renferme de la chalcosine et du cuivre natif. Ces minéraux se sont concentrés dans une zone de fissures disposée NE 15° et plongeant de 40 à 50° à l'Ouest. Cette orientation coïncide avec la stratification de l'agglomérat, qui passe d'ailleurs latéralement au diabase massif.

Les travaux exécutés à Zereshlou — il s'agit de 150 m de galeries — ont démontré que cette minéralisation est sans continuité. On a pu recueillir à l'affleurement quelques tonnes de beau minerai de chalcosine (Ech. choisi: 58,4% Cu; 839 g/t Ag).

Cette métallisation est épithermale et paléogène. Des phénomènes d'enrichissement secondaire sont intervenus.

Ghaladjou (47/37), altitude 1505 m, sur la route Mianeh-Maragheh.

Quelques fissures cuprifères orientées NW 300° avec quartz et chalcosine se trouvent dans les andésites à Hadji-Rezahani et dans les schistes quartzitiques à Shirlandareh.

Siahrahn (47/37), dans le massif du Kaflankouh, 2 km au Sud du village. BOEHNE (122) y a vu en 1928 quelques petits filons cuprifères dans les roches dioritiques.

### 3. LE TAROM

La région accidentée au Nord de Zendjan, qui est fertilisée par les eaux du Kiziluzen, est le Tarom. Son accès est difficile, car aucune piste carrossable n'y conduit.

On se trouve en partie dans l'Elbourz occidental (chaînes du Ghilan) qui n'a guère été décrit par les explorateurs ou les géologues qui ont voyagé en Perse.

Les affleurements cuprifères que j'ai pu y voir sont tous de faible étendue. Le plus grand nombre doit son origine à des minéralisations épithermales et paléogènes.

Hissar (48/36), près de 40 km à l'Est de Zendjan, au Nord d'Amirabad, entre 1900 et 2400 m d'altitude.

En différents endroits, tels que Khabgah-i-Shotor, Mes-takhan, Downetsh, Tazehkand, etc. se voient des croûtes malachitiques et des mouchetages de chalcosine ou de chalcopyrite, avec ou sans gangue de quartz. Ils sont toujours situés dans les gabbroporphyrites, dont le caractère pétrographique est identique à celui d'Abbasabad (v. page 220).

Toutes ces métallisations disséminées ont été provoquées par des venues hydrothermales de caractère peu profond, qui ont succédé à la mise en place des gabbrodiorites dès la fin du Crétacé.

**Dizadjin** (48/36), dans le massif granodioritique du Kouh-i-Kadjar.

Le noyau cristallin des montagnes du Tarom est représenté par une roche riche en andésine, pauvre en quartz, et dont l'élément mélanocrate principal est un pyroxène monoclinique; on y remarque accessoirement de l'oligiste et du zircon.

De nombreuses venues de quartz se voient près de Dizadjin. Les unes sont pegmatitiques, les autres hypo-mésothermales. Certains de ces filons de quartz (NE 30—40°) sont lardés de tourmaline et présentent même quelques mouchetages de chalcoppyrite et de pyrite. Ce sont des minéralisations (Dizadjin, Pardjin, Amirabad) d'un caractère différent de celles de Hissar, et probablement mésozoïques.

J'ai prélevé à **Tshamirtshilan-Garadesh**, altitude 1515 m, un échantillon tritnant 2,4 % Cu et près de 1 g/t Au.

**Baradjeh ou Pardjin** (48/36), altitude 1250 m, à l'Ouest de Dizadjin, rive gauche du Ghenaghadareh. Un filon de quartz de 0,6 m, orienté NW-SE, s'est formé dans le granite (mésozoïque?). Sa métallisation n'est pas dense; il s'agit d'un minerai de chalcoppyrite titrant 3 à 4 % Cu et de 0,7 à 1,2 g/t Au. Une galerie amorcée dans l'affleurement date de l'occupation russe durant la guerre 1914—1918.

**Amirabad** (48/36), 8 km au Sud de Baradjeh. Les affleurements cuprifères y sont du même type que ceux qui viennent d'être décrits.

**Lavin** (48/36), une localité du Tarom de Zendjan, où l'on a observé quelques filons polymétalliques, sans importance, avec de la chalcoppyrite, de la galène et de la blende, toujours dans une gangue de quartz. Les analyses ont donné de 4 à 14 % Cu, 3 à 4 g/t Au et 300 à 500 g/t Ag.

**Bashkal** (49/36, à mi-chemin entre Zendjan et Kazvin, près de Karabolagh. On y signale un affleurement avec de la chalcoppyrite, de la galène et de la blende. Quelques travaux y ont été faits jadis.

**Bivarzin** (49/36), 10 km à l'Ouest de Sangharoud, est connu par une minéralisation polymétallique de cuivre, plomb et zinc, du type filonien.

**Ovan** (49/36), dans le Tarom oriental, à l'Est de Roudbar. On y a constaté la présence de nombreuses fissures, de 1 à 4 cm,

minéralisées sur une centaine de m. La teneur de ce minerai est de 3 à 5 % Cu.

Zar deh - G our dan (49/36), dans le Tarom oriental, 20 km au SW de Mandjil. BOEHNE a signalé, 3 km en amont de Zar deh, l'existence de quelques petits filons cuprifères larges de 0,2 à 0,3 m. Ils sont orientés SW-NE et visibles sur une trentaine de m. Une minéralisation identique a été constatée à Ta h v i r.

#### 4. LA REGION DE SAVEH-TEHERAN

Za l o u b o l a g h (50/35), entre Saveh et Hausabad.

Des prospections itinérantes ont signalé à maintes reprises l'existence de minéralisations polymétalliques dans les andésites propylitisées tertiaires. Il s'agit de filons à gangue de barytine liés à une zone de fractures qui a été repérée sur plus de 1,5 km.

Cette manifestation hydrothermale paraît être subvolcanique et paléogène.

S i r d j e n d (50/35), aux environs de Saveh.

De nombreux filons d'oligiste, dont certains sont pourvus d'indices cuprifères (1 à 2 % Cu), ont été aperçus dans ce massif granitique mésozoïque.

P a s k a l e h (51/35), altitude 1600 m, à Shimran, au Nord de Téhéran (v. chapitre XIII).

Des andésites paléogènes y sont pyritisées et blanchies sur un espace que j'ai estimé à 4 hectares. Il s'y trouve un massif à minerai polymétallifère correspondant aux teneurs suivantes:

3 à 8 % Cu  
6 à 15 % Pb  
10 à 20 % Zn  
2 à 6 g/t Au.

Cette minéralisation «télescopée» est typiquement superficielle (subvolcanique). Elle est un produit de solutions hydrothermales de température modérée.

#### 5. LA REGION D'ABBASABAD-SABZEWAR

Ce grand territoire quadrangulaire de 150 km × 150 km est englobé dans la masse médiane. Les indices cuprifères y sont abondants. Ils se rattachent pour la plupart au même type métallogénique.

Ces gîtes d'imprégnation à chalcosine (disseminated copper ores) sont tous logés dans un important massif de roches éruptives gabbrodioritiques, au Sud des monts Y a g h a t a y, sur le pourtour du K é v i r de S a b z é w a r (v. figure 12).

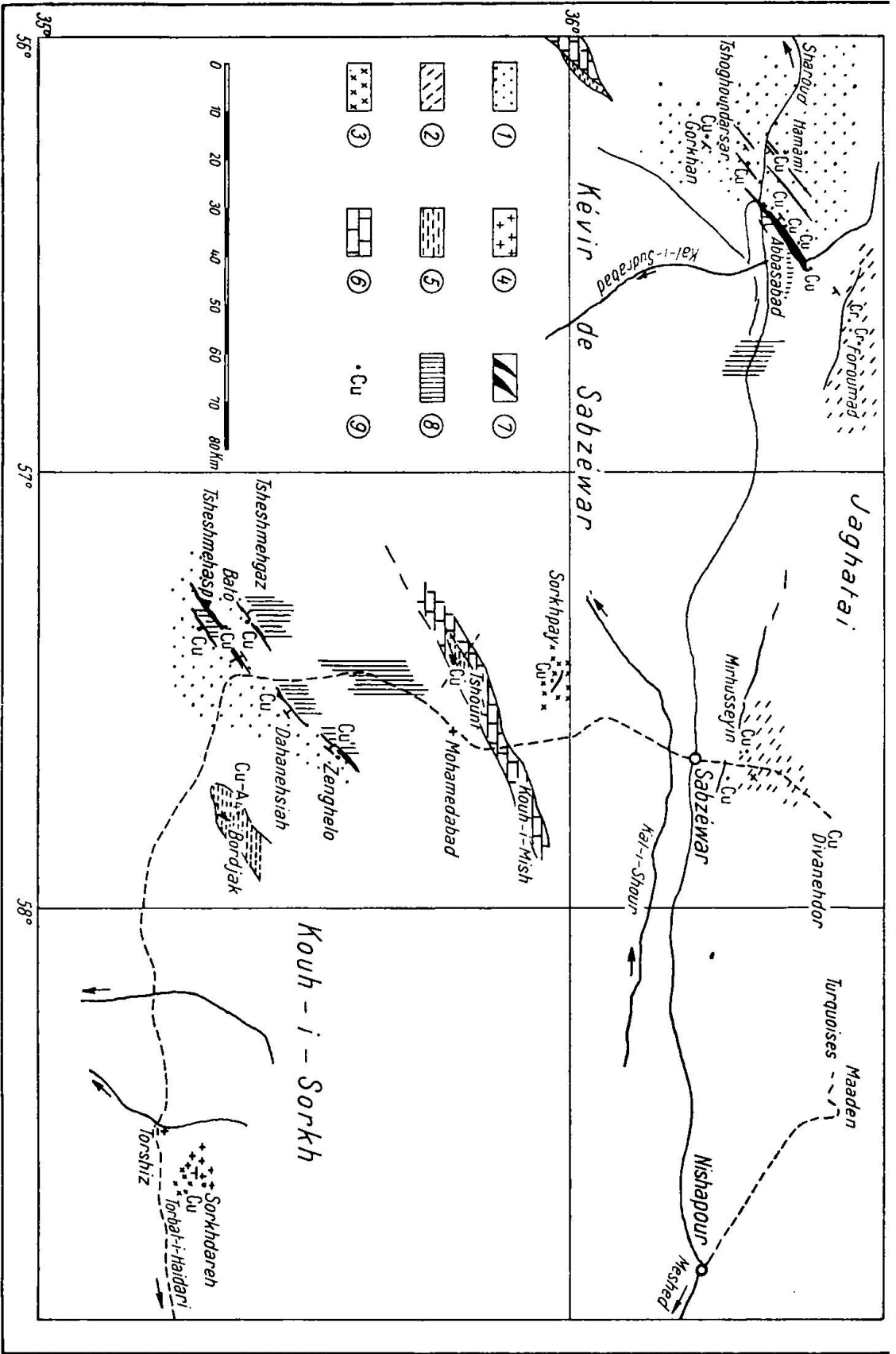


Figure 12. Croquis géologique du district d'Abbasabad-Sabzevar par G. LADAME.  
 (1) porphyres gabbrodioritiques (Cu); (2) serpentines (Cr, Cu); (3) andésites, basaltes (Cu); (4) granites; (5) phyllites, micaschistes;  
 (6) sédiments mésozoïques; (7) sédiments éocènes; (8) sédiments oligomocènes; (9) points minéralisés (Cu, Cr+).

Le minerai se compose en proportion variable de chalcosine, de cuprite, de bornite, de malachite et de chrysocolle. On ignore encore quelles sont les variétés de chalcosine en présence. A Tshoghoundarsar, la panabase peut être associée au minerai de chalcosine ordinaire.

Des traces d'arsenic ont été décelées dans tous les minerais d'Abbasabad et de Dahanehsiah.

C'est grâce à l'intervention de phénomènes de lessivage superficiel et d'enrichissement secondaire que ces gisements présentent localement un certain intérêt économique. Cette minéralisation paléogène disséminée dans les éruptifs basiques d'une vaste région en bordure du Kévir doit être considérée comme hydrothermale; elle s'est constituée à basses températures et faibles profondeurs.

Mentionnons encore l'existence dans le Sud-Sabzwar de quelques gisements pyriteux dont la situation géologique et génétique est différente de celle des imprégnations à chalcosine (disseminated ores). Ils paraissent s'être formés à des conditions variables d'un cas à l'autre, mais évidemment toujours à température modérée.

#### Le district d'Abbasabad

Abbasabad (56/36), altitude 930 m, à mi-chemin entre Sharoud et Sabzwar, sur la route de Meshed.

Les formations géologiques en présence sont, d'une part, des sédiments éocènes et miocènes, d'autre part, une roche gabbrodioritique éocène ou néocrétacique, qui a été disloquée avec les sédiments. L'orientation générale est NE 50° à 60° avec un pendage SE variant de 30° à 50°.

On observe assez généralement des écailles d'éruptif logées dans les sédiments éocènes; mais on ne distingue aucun frittage des nummulites, ni trace de métamorphisme. J'ai constaté une certaine mylonitisation des grès ou des marnes au contact des gabbrodiorites qui sont certainement antélutéliens.

De nombreux décrochements transversaux, de 15 à 80 m d'amplitude, interrompent l'alignement du massif d'Abbasabad, sur toute son étendue d'une quarantaine de km. La série éocène (Eocène moyen) est caractérisée par ces quelques fossiles déterminés par W. BIRCHER (122):

Nummulites cf. laevigatus

Nummulites cf. Lucasi d'Arch.

Assilina

Alveolina sp. aff. subpyrenaica Leym.

Les sédiments détritiques de l'Eocène et du Miocène se sont formés en grande partie par l'érosion in situ du massif gabbrodioritique. Je n'ai nulle part constaté la présence de l'Oligocène — faciès des couches vertes, p. ex. — ni celle du Miocène marin.

La structure de l'éruptif est généralement porphyrique: De gros phénocristaux de plagioclase, longs de 5 à 12 mm, ressortent admirablement dans la pâte microlitique brunâtre dans laquelle ils sont enrobés. Une autre particularité de cette roche est la présence de nombreuses géodes remplies de zéolites et de calcédoine avec ou sans auréole de chalcosine.

Sous le microscope, on a pu reconnaître que les feldspaths sont de l'andésine-labrador; la roche renferme en outre du diopside et beaucoup d'éléments ferrugineux, surtout dans sa pâte. La limonite et la magnétite martitisée en constituent une proportion notable.

Des vestiges imposants de travaux effectués dans les temps passés à Abbasabad existent sous forme de déchets de triage. Ils sont répartis tout le long du gisement, entre Damaneh-Djalha et Labekal. Je les ai évalués à 70 000 tonnes en chiffres ronds. La région étant autrefois infestée de pillards Turcomen, l'exploitation du minerai de cuivre n'a jamais pu s'exercer que d'une façon discontinue.

Voici la description des principaux chantiers où des recherches systématiques ont été effectuées à partir de 1939.

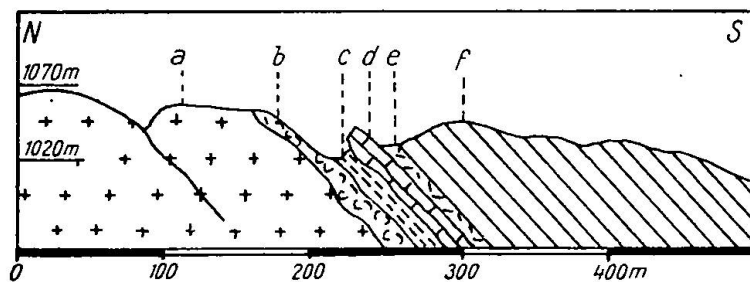


Figure 13. Coupe géologique transversale de l'exploitation de Damaneh-Djalha, par G. LADAME.

#### L é g e n d e

- a) massif gabbrodioritique, minéralisé sur 40 à 60 m d'épaisseur, imprégnation de chalcosine;
  - b) brèche à gros éléments empruntés au massif sous-jacent; également minéralisée;
  - c) grès verdâtre
  - d) calcaire gréseux jaune à nummulites
  - e) brèche gréseuse, petits éléments polygéniques;
  - f) schiste gréseux grisâtre.
- } éocène moyen;

D a m a n e h - D j a l h a, altitude 1090 m, directement au Nord du caravansérail d'Abbasabad, à 3,5 km de la route de Meshed.

C'est la face extérieure (v. figure 13) du massif gabbrodioritique qui est minéralisée. Il n'y a pas ici d'écaille d'éruptif intercalée dans les sédiments éocènes. Le gisement a une puissance de 40 à 60 m et sa longueur est de 250 m. Deux décrochements horizontaux le limitent dans sa prolongation Est et Ouest.

La roche éruptive est grenue, holocristalline, sans géodes, ni zéolites.

La minéralisation n'a pas un caractère homogène sur toute sa largeur, qui atteint 40 à 60 m. Les grattages faits en surface et 2 galeries de reconnaissance ont démontré l'existence de 5 différentes zones où la métallisation atteint une densité de 1,5 % Cu; entre deux les teneurs sont de 0,5 % Cu. Le minerai d'Abbasabad se compose de chalcosine et de bornite, ordinairement à l'exclusion d'autres minéraux cuprifères. La chalcosine présente parfois de petites inclusions de pyrite. On a observé que les minuscules fissures dans les plages d'hématite et de limonite ne sont minéralisées que par la bornite.

Tableau no. 5

*Analyses du minerai de Damaneh-Djalha*

SiO <sub>2</sub>	42,0 %	44,0 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,2	9,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,5	19,9
CaO	7,2	8,7
MgO	0,1	2,1
S total	1,5	0,9
Cu	6,6	3,1
Zn	0,5	néant
Ni, Pb. Sb	néant	néant
As	traces	traces
p. a. f.	8,9	7,0
	99,5	95,0

Ce minerai sulfuré se prête à la concentration par flottation.

L'exploitation d'un gisement tel que Damaneh-Djalha pourra se faire à ciel ouvert. Néanmoins, les difficultés inhérentes à la situation géographique sont nombreuses (climat aride, transports coûteux, eaux saumâtres pour usage industriel et en quantités limitées, etc.).

Les travaux anciens et récents ont démontré la continuité de la minéralisation à chalcosine au delà de 25 m de profondeur. Les évaluations de 1941 sont parvenues aux chiffres suivants: 350 000

tonnes à vue de minerai à 2% Cu et probablement 1 million de tonnes à 1% Cu, sans tenir compte des possibilités en profondeur dans les piliers non étudiés.

Maden-i-Bozorgh, 6 km à l'Est de Damaneh-Djalha; il s'agit d'une série de petits chantiers répartis sur plus de 1 km. C'est l'écaïlle gabbrodioritique coincée entre les sédiments éocènes, qui est ici minéralisée. Au lieu dit Assiehdif, fait exceptionnel, j'ai constaté des indices cuprifères aussi bien dans l'éruptif intercalé entre les formations sédimentaires qu'à son mur dans le massif principal.

La puissance de l'écaïlle gabbrodioritique varie entre 20 et 50 m. La minéralisation n'y est jamais homogène. Il s'y trouve 2 ou 3 zones cuprifères privilégiées; la première venant immédiatement au toit, sous les calcaires éocènes.

La roche éruptive de Bozorgh a une structure porphyrique. De nombreuses géodes remplies de zéolites, de calcédoine et de calcite la caractérisent nettement.

La métallisation est généralement concentrée dans les cassures ou simplement dans les diaclases qui réunissent les géodes les unes aux autres. Une auréole cuprifère s'est formée autour de la géode, et les zéolites en sont teintées de vert. Nous sommes à Bozorgh davantage dans la zone d'oxydation du gisement qu'à Damaneh-Djalha.

L'examen de ce minerai a permis de distinguer les minéraux constitutifs suivants:

La chalcosine, la bornite et la covelline, la cuprite, la malachite et la chrysocolle.

Tableau no. 6

*Décomposition minéralogique du minerai de Maden-i-Bozorgh*

cuivre sulfuré	0,80 % Cu
cuivre silicaté	0,40 % Cu
cuivre oxyde de	0,25 % Cu
cuivre carbonaté	0,23 % Cu
oxydes de fer	4,8 % Fe
soufre total	0,4 % S
carbonate de Ca	4,8 % CaO
carbonate de Mg	1,7 % MgO
insoluble	72,1 %
or	0,1 g/t
argent	4,1 g/t

Les sulfures de cuivre sont idiomorphes. La cuprite est associée à la limonite et ne s'en distingue que difficilement. La malachite et

la chrysocolle, en croûtes ou pellicules, marquent tous les termes de passage du minéral pur à la gangue stérile, s'infiltrant dans les craquelures microscopiques des agrégats d'oligiste.

Les concentrés de flottation obtenus à partir de ce minerai qui titre 1,68 % Cu, soit 0,80 % Cu (sulfures) et 0,88 % Cu (oxydes), se présentent comme suit:

21,77 % Cu, soit cuivre sulfuré 19,16 % Cu (sulfures) et 2,61 % Cu (oxydes).

Tableau no. 7

*Composition chimique des concentrés de Maden-i-Bozorgh*

cuivre total	21,77 % Cu
oxydes de fer	12,85 % Fe
plomb	0,0
zinc	0,05 % Zn
soufre total	5,4 % S
arsenic	0,14 % As
antimoine	0,0
bismuth	0,0
chaux carbonatée	5,4 % CaO
insoluble	35,8 %
or	1,3 g/t
argent	27,2 g/t

Les pertes dans les tailings de flottation sont considérables; elles sont provoquées par le cuivre silicaté et carbonaté qui paraît être réfractaire aux réactifs les plus variés. En effet le 44 % du cuivre total du minerai est sacrifié dans ce procédé, dont les 4/5 sous forme de chrysocolle et de malachite.

L'inefficacité des autres méthodes de concentration et des procédés de cémentation ou de lessivage ammoniacal ou acide a été démontrée par la GECCO \*) (122).

Le triage à la main a été maintenu dans les chantiers de Bozorgh, mais le rendement en est déplorable: Il faut en effet de 8 à 10 t de tout-venant pour obtenir 1 tonne de trié titrant 4—5 % Cu. Un petit water-jacket a été installé sur place. Sa capacité est de 1 t de cuivre par 24 heures, en partant du minerai trié.

Des tranchées transversales ont été creusées dans le massif minéralisé pour l'examiner sur toute sa largeur, tout en faisant des essais d'abatage industriel. On est ainsi parvenu à évaluer le gisement à 10 000 tonnes de cuivre, soit 1 million de t à 1 % Cu, pour les piliers explorés à ciel ouvert.

\*) General Engineering Cy. á Salt Lake City, USA.

Labekal et Firouzabad (56/36), altitude 1000 m, respectivement à 10 et 25 km à l'Est de Maden-i-Bozorgh, dans le même alignement de gabbroporphyrites. On y retrouve sur une échelle réduite les mêmes phénomènes de métallisation cuprifère.

Hamami (56/36), altitude 950 m, une douzaine de km à l'Ouest d'Abbasabad.

La situation géologique de la minéralisation, dans un porphyre gabbrodioritique, à proximité du contact sédimentaire, ne représente rien qui n'ait déjà été décrit. Les formations éocènes — il s'agit de grès calcaires à nummulites — sont orientées NW  $325^{\circ}$  et leur pendage est NE  $60$  à  $70^{\circ}$ .

J'ai observé à Hamami des sables de lavage, non plus uniquement des déchets de triage à la main. Les mineurs opéraient — paraît-il — dans de grandes battées de près de 1 m de diamètre sur 1 minerai concassé à 8 mm et dans une suspension d'argile. L'échantillon moyen des tailings titre encore 1,1 % Cu.

Tshoghoundarsar (56/36), altitude 1030 m, 22 km au SW d'Abbasabad. Cette ancienne exploitation a été délaissée depuis le début du siècle, l'extraction en profondeur, par descenderies, ayant apparemment causé des déboires.

Les roches éruptives de Tshoghoundarsar ont un caractère mélanocrate prononcé: ce sont des gabbros-porphyrés. Ils sont surmontés de grès bigarrés et de conglomérats éocènes plaqués entre les écailles de gabbros.

La minéralisation s'est concentrée à proximité du toit sédimentaire, pénétrant même fréquemment dans le ciment du conglomérat, qui est alors imprégné de malachite, voire même de chalcosine. J'ai constaté, lors de récentes recherches dans le secteur Nqrd de ce gisement, que la minéralisation est liée à une zone de fissures éparpillées sur 4 à 7 m de largeur. On y a rencontré quelques accumulations lenticulaires de minerai de chalcosine et de panabase. Il ne s'agissait jamais que de 15—20 tonnes de minerai riche, sans doute appréciable dans les temps passés, mais sans valeur industrielle à notre époque.

Dans le secteur Sud de Tshoghoundarsar, les travaux sont disposés sur le pourtour d'un monticule orienté NE  $45^{\circ}$ , long de 550 m et large de 100 à 150 m. J'ai relevé 2 profils (fig. 14 et 15) qui nous orientent sur la disposition géologique de ces chantiers. La signification des chloritoquartzites au contact des gabbros n'a pas été élucidée.

Les teneurs des minerais varient entre 2 et 5 % Cu. Au triage, l'obtention d'un produit titrant de 8 à 12 % Cu est encore réalisable de nos jours, surtout dans le secteur Nord.

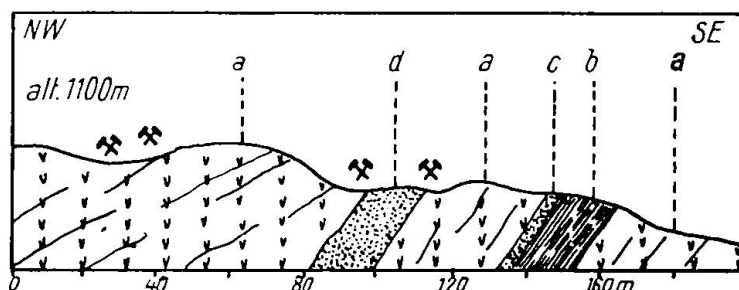


Figure 14. Coupe géologique transversale, Tshoghoundarsar-Sud, extrémité SW, par G. LADAME.

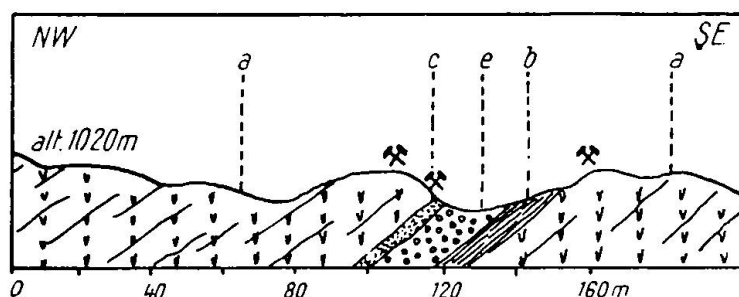


Figure 15. Coupe géologique transversale, Tshoghoundarsar-Sud, extrémité NE, à 450 m de la précédente, par G. LADAME.

#### L é g e n d e

- a) gabbro à structure porphyrique, gros phénocristaux de labradors, minéralisé (haches croisées) au contact du sédimentaire;
- b) schistes quartzitiques à chlorite;
- c) grès fin lie de vin non métamorphique;
- d) grès calcaire jaunâtre à nummulites (éocène moyen);
- e) conglomérat à ciment ferrugineux et gréseux; les gros éléments roulés sont empruntés au gabbro sous-jacent.

Les réserves de cuivre de ce gisement sont de l'ordre de 500 tonnes.

G o r k h a n (56/36), altitude 930 m, 4 km au SE de Tshoghoundarsar. On s'y rend pratiquement à partir du caravansérail d'Abbasabad en suivant la piste du Kévir, en direction Sud; c'est un trajet de 24 km.

Nous sommes sur un terrain sans relief, recouvert de sable. Les rares affleurements de roches montrent qu'il est constitué par des gabbros-porphyrés. L'orientation générale des couches est NE 35° à 40°.

Le minerai de Gorkhan se compose surtout de cuprite, de chrysocolle et de malachite; il ne s'y trouve guère de sulfures. Les travaux anciens ont été dirigés en profondeur, comme à Hamami, p. ex. Les tailings de lavage contiennent approximativement 0,6 % Cu.

Environs de B j a r d j o u m a n d (55/35 et 55/36), en moyenne à 80 km au SW d'Abbasabad, une région désertique et d'accès difficile où l'on m'a cité quelques gisements cuprifères. Ils ont tous été l'objet d'anciennes recherches minières.

B a g h a l o u, à 44 km de Khaneh-Ghodi, soit à près de 60 km d'Abbasabad.

Une zone de calcaire métamorphique assez étendue est imprégnée sporadiquement de malachite et de chalcosine.

B j a d j o u m a n d, à 70 km d'Abbasabad.

Une roche éruptive gabbrodioritique est faiblement imprégnée de chalcosine. Le gisement est vaste et des travaux y ont été faits en différents endroits.

R a g h r o u n, à 20 km au Sud de Bjardjoumand.

Une minéralisation du type Abbasabad s'est développée au contact de calcaires à nummulites orientés NE 25°, dans un massif gabbrodioritique. C'est d'un minerai oxydé qu'il s'agit ici, avec cuprite, chrysocolle et malachite. Des échantillons prélevés sur les affleurements ont donné en moyenne 3,5 % Cu.

### Le district du Sud-Sabzéwar.

#### *Imprégnations cuprifères dans les gabbrodiorites.*

D a h a n e h s i a h (57/35), altitude 1170 m, à 110 km de Sabzéwar, est le siège d'une ancienne exploitation minière à laquelle on parvient par une piste accidentée, difficilement carrossable (v. figure 16).

La disposition géologique, analogue à celle d'Abbasabad, est la suivante:

Le massif de porphyres gabbrodioritiques à phénocristaux de plagioclases gris représente le noyau d'un anticlinal dont la couverture est composée de sédiments éocènes et miocènes déjetés au Sud (pendage 40° à 60°). L'orientation des lignes de crêtes est NE 60°.

La minéralisation cuprifère s'est cantonnée sur le flanc Nord de l'éruptif, au mur de conglomérats et de grès de l'Eocène moyen. L'imprégnation de malachite se trouvant dans le ciment calcaire du conglomérat fait l'impression d'être secondaire. Les éléments de ce conglomérat miocène proviennent en effet de l'érosion du massif

gabbrodioritique, érosion qui se serait ainsi effectuée après sa minéralisation.

Au point de vue pétrographique, l'éruptif de Dahanehsiah s'apparente à celui d'Abbasabad par sa structure porphyrique et ses phénocristaux d'andésine-labrador empâtés dans une masse mélanocrate qui comprend une forte proportion de limonite et d'oligiste. On observe également dans cette roche des géodes remplies de zéolites, de calcédoine et de calcite; elles sont auréolées de chalcosine.



Figure 16. Vue générale de l'ancienne mine de cuivre de Dahanehsiah, au Khorassan, avec ses amoncellements de déblais et de déchets de triage.

Photo LADAME.

Le massif éruptif est diaclasé selon 2 systèmes prédominants (NE 60° et NW 300°). Les diaclases sont intervenues dans la disposition de la minéralisation en zones privilégiées, où les teneurs sont légèrement plus fortes que dans l'ensemble de la roche (0,3 % Cu). Ces cassures ont été manifestement les voies d'accès de solutions minéralisantes et le point de départ de l'imprégnation généralisée, mais de faible densité, du massif gabbrodioritique.

On est parvenu à distinguer 2, parfois 3 de ces zones cuprifères, étagées sur 45 ou 80 m de largeur, au mur du sédimentaire. Elles s'étendent en direction sur près de 500 m. Trois grandes carrières ont été ouvertes jadis aux endroits les plus favorables. Plusieurs dizaines de milliers de tonnes de déblais et de déchets de triage se sont accumulées au cours des siècles à l'entrée de ces chantiers. Le département des mines s'est efforcé en vain, de 1938 à 1940, de découvrir en profondeur des piliers de minerai intacts.

Des puits ont été foncés de 15 à 20 m, jusqu'au niveau hydrostatique. Ils sont néanmoins assez profonds pour révéler l'appauvrissement croissant de la minéralisation au sortir de la zone d'oxydation et l'apparition sans transition de mouchetages de chalcopryrite.

Le minerai de Dahanehsiah, absolument comparable à celui de Maden-i-Bozorgh (mine d'Abbasabad), est composé de cuprite, de chrysocolle et de malachite, accessoirement de chalcosine, de bornite et de covelline. La cuprite y est étroitement associée à la limonite.



Figure 17. La carrière de minerai de cuivre de Z e n g h e l o , au Khorassan.  
Photo LADAME.

Le traitement d'un minerai de ce type est des plus difficiles: Aucun des procédés industriels usuels n'offre la possibilité de récupérer plus de 40 à 50% du cuivre qu'il renferme.

J'ai évalué en 1939 le gisement de Dahanehsiah à 100 000 tonnes de minerai à 0,5% Cu.

Z e n g h e l o (57/35), altitude 1220 m, 14 km au NE de Dahanehsiah. L'exploitation à ciel ouvert de ce petit gisement est ancienne (v. figure 17). De gros amas de déblais sont amoncelés devant les carrières. Leur teneur moyenne en cuivre est de 0,4%. Ce chiffre correspond assez exactement à la teneur du tout-venant à l'abatage. Le minerai est oxydé et se compose de cuprite, de chrysocolle, de malachite et d'un peu de chalcosine.

T s h e s h m e h g a z (57/35), altitude 1150 m, 17 km au SW de Dahanehsiah.

Un petit banc bien continu de calcaire brunâtre silicifié (v. figure 18) se trouve intercalé entre les porphyres gabbrodioritiques et les calcaires jaunes à nummulites de l'Eocène moyen.

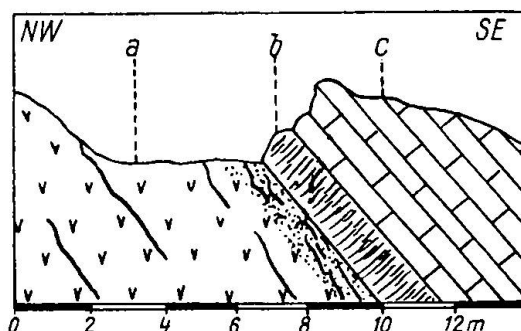


Figure 18. Profil relevé à Tsheshmehgaz par G. LADAME.

#### L é g e n d e

- a) porphyre gabbrodioritique minéralisé au contact du sédimentaire; remplissage de fissures et imprégnation de chalcosine;
- b) banc calcaire silicifié;
- c) grès calcaire jaunâtre à nummulites (éocène moyen).

L'orientation générale des couches est NE 50°, avec un plongement de 45° au SE.

Les indices cuprifères se suivent en affleurements sur une dizaine de km, en direction de Bato et de Tsheshmehasp. La métallisation s'est effectuée dans les cassures de l'éruptif; la zone minéralisée, au mur du sédimentaire, a une puissance de 3 à 6 m. L'amont-pendage atteint à Tsheshmehasp tout au plus une quinzaine de mètres, cependant que le niveau hydrostatique a été trouvé à 8 m de profondeur. Ce sont des conditions évidemment défavorables. Ce minerai d'oxydation titre de 0,5 % à 1,5 % Cu.

B a t o (57/35), altitude 1185 m, 30 km au SW de Dahanehsiah.

L'exploitation de ce gisement dépourvu d'amont-pendage s'est déjà faite, au début du siècle, par grattages aux affleurements et puits inclinés foncés au contact de l'éruptif et du sédimentaire. Ces travaux rudimentaires sont disposés sur tout le pourtour du monticule de Bato, dont la longueur est de 450 m. Par ci par là, un petit tas de scories nous prouve qu'un peu de minerai a été, comme d'habitude, fondu sur place.

Le profil transversal reproduit ci-dessous nous montre une disposition géologique classique pour toute cette région (v. figure 19).

La minéralisation s'est concentrée dans une zone de 3 à 4 m de puissance, directement au mur des sédiments éocènes, dans une

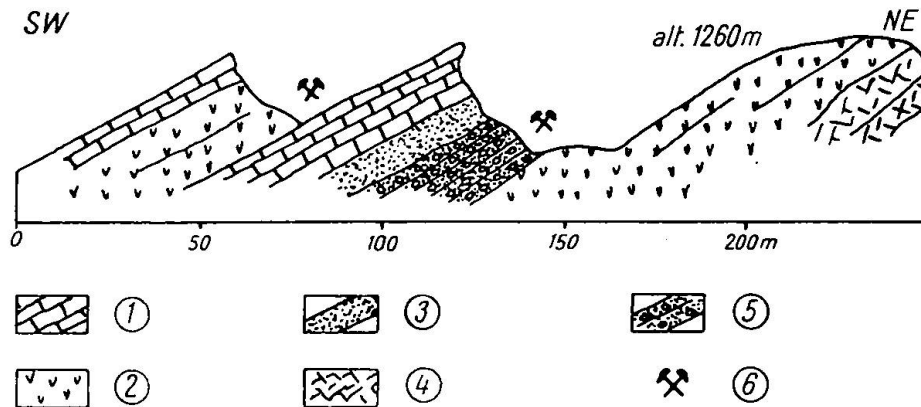


Figure 19. Coupe géologique transversale du gîte de cuivre de Bato, par G. LADAME. — (1) calcaire éocène; (2) gabbrodiorites; (3) grès ferrug. (Cu); (4) agglomérat éruptif; (5) conglomérat (Cu); (6) anciens travaux miniers.

brèche formée de gros éléments empruntés à l'éruptif sous-jacent. J'ai constaté une légère imprégnation des calcaires gréseux qui est probablement d'origine secondaire. Les quelques échantillons prélevés en 1939 ont les teneurs suivantes:

grès minéralisé	2 % Cu
brèche minéralisée	1 % Cu
résidu de triage	2,3 % Cu
minerai choisi	3,4 % Cu

#### *Indices de pyrites cuprifères*

Sorkhpay (57/35), altitude 1400 m, à mi-chemin entre Sabzéwar et Dahanehsiah. Des fouilles ont été pratiquées, vers 1910, sur différents affleurements mineurs, dans les montagnes andésitiques de Sorkhpay.

Ce massif tertiaire a été recoupé par de nombreux dikes de quartzporphyres (néogènes?) orientés NW 300° (v. figure 20).

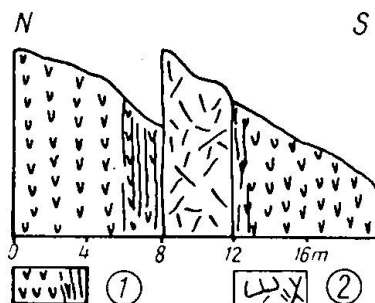


Figure 20. Croquis d'un affleurement cuprifère relevé à Sorkhpay, par G. LADAME. — (1) éruptif andésitique minéralisé au contact du quartzporphyre; (2) dike de quartzporphyre.

Un peu de pyrite et de chalcopryrite sont venus remplir des cassures disposées parallèlement aux dikes de quartzporphyre, après leur mise en place. C'est un phénomène qui est superficiel (subvolcanique) et récent.

Ces imprégnations contiennent de 0,3 à 2,0% Cu.

Tshount (57/35), altitude 1620 m, à 75 km de Sabzéwar et 16 km à l'Ouest de Mohamedabad.

Ce gisement, anciennement exploité au moyen de plus de 30 puits alignés NE 60°, est lié à une zone mylonitisée et pyritisée s'étendant sur environ 800 m. Chacun de ces puits a une profondeur de 20 à 35 m. Ils sont reliés les uns aux autres par des galeries étroites. Ces travaux considérables ont été faits pour extraire quelques tonnes d'un minerai riche en bornite.

On se trouve à Tshount dans un synclinal en fond de cuvette formé par des schistes gréseux paléozoïques (?). Une galerie de base foncée au cours des années 1939—1940 a permis de constater que la zone mylonitisée et minéralisée, tertiaire (?), coïncide avec le plan axial du synclinal. Bien entendu, des phénomènes d'oxydation et d'enrichissement secondaire sont intervenus dans ces roches disloquées. Ils ont transformé la pyrite en limonite et reprécipité la chalcopryrite — qui est aurifère — sous forme de bornite, de chalcosine, de cuprite ou de malachite, sur toute la largeur de la zone mylonitisée, qui varie de 20 à 60 m. Le minerai primaire, formé à température modérée, renferme de 1 à 2% Cu. Les amas lenticulaires de minerai secondaire titrent de 5 à 8% Cu. Ils ont été intégralement exploités par les anciens mineurs.

On signale d'autres indices pyriteux dans le même complexe géologique, p. ex. à Homay, une dizaine de km à l'Ouest de Tshount.

Bordjak (57/35), altitude 1330 m, 54 km à l'Est de Dahanehsiah. Ces montagnes sont constituées par des chloritoschistes et des schistes quartzitiques orientés NE 10° à 30° et plongeant de 50° à 65° à W. Une pyritisation relativement étendue s'est produite sur les deux versants du vallon de Taknar. Son origine est mésothermale. Je n'ai pas d'opinion nette sur son âge. Quelques indices cuprifères ont provoqué au début du siècle le fonçage de 2 galeries, dont l'une a atteint 70 m de longueur. L'abandon des travaux a été causé par le fait que le minerai sulfuré (chalcopryrite) exigeait une technique métallurgique particulière pour en extraire convenablement le cuivre.

Les parements de la galerie principale montrent une pyritisation d'une densité appréciable. La chalcopyrite massive apparaît d'une façon subordonnée.

Un échantillonnage du gisement a démontré la présence d'or, à raison de 0,5 à 1,0 g/t Au pour un minerai titrant 2 à 3 % Cu.

Sorkhdareh (58/35), altitude 1320 m, près de 20 km à l'Est de Torshiz, est le siège de travaux miniers abandonnés depuis 1907.

Le minerai de chalcopyrite extrait a été fondu sur place, avec un mauvais rendement, à en juger d'après l'analyse des scories, qui renferment de 0,7 à 1,0 % Cu.

Voici mes observations géologiques: Une andésite intrusive tertiaire est entrée en contact avec des calcaires et un microgranite mésozoïque (?). Le contact entre les deux éruptifs est pourvu de croûtes de malachite. L'objet de l'exploitation a été un filon qui s'est développé dans ces calcaires — d'âge indéterminé —, au contact des andésites tertiaires. Son orientation est NE 100—110° et son plongement 70° Sud. Il affleure sur plus de 400 m.

Au moins 2 galeries ont été foncées dans ce filon, à environ 30 m de différence de niveau l'une de l'autre. La galerie supérieure, seule accessible en 1939, est longue de 300 m. Sur toute sa longueur la minéralisation est pyriteuse et accessoirement cuprifère. Son caractère est mésothermal. Les échantillons prélevés ont donné de 0,1 % à 1,0 % Cu.

### Le district du Nord-Sabzéwar

(v. figure 12)

Tous les gisements cuprifères dont il sera question dans ce paragraphe sont groupés dans le même massif de serpentine paléogène (?). Ils sont tous de très petite étendue et de caractère épithermal. Cette minéralisation est postérieure aux intrusions dioritiques dans les serpentines et peut être considérée comme néogène.

Mirhusseyin (57/36), altitude 1350 m, 13 km au Nord de Sabzéwar. Les serpentines ont été fortement tectonisées lors des plissements alpins. Certaines cassures orientées NW 320°, plongeant NE de 60°, ont pu être minéralisées. Tel est, par exemple, le cas à Sengh-i-Sefid, à Saghî, à Ghalata-i-Ghadja-Ali, etc., aux alentours immédiats de Mirhusseyin. Les habitants du pays y ont partout pratiqué des fouilles. Tous les affleurements étaient parfaitement dégagés lors de mon expédition dans ces montagnes en 1939.

Divanehdar (57/36), altitude 1510 m, 12 km au NE de Tabas.

Des andésites ont envahi le massif de serpentine. La zone de contact, fortement altérée et foliacée présente des symptômes clairsemés de minéralisation cuprifère. C'est à l'initiative des paysans de Divanehdar que sont dûs les travaux miniers, puits inclinés et autres excavations, exécutés sur ces affleurements. J'ai dénombré 7 puits alignés les uns derrière les autres en direction NE 70°, et reliés par des galeries disposées 1 ou 2 m au-dessus du niveau hydrostatique.

La métallisation très ramifiée a une largeur de 0,2 à 0,3 m, exceptionnellement de 0,6 m. On y observe à l'œil nu de la chalcosine et de la bornite, puis de la malachite et un peu de cuprite.

Les analyses des échantillons ont donné des teneurs oscillant entre 1,6 et 3,4 % Cu (traces d'or).

#### 6. LA REGION DE KOUPAYEH-ANARAK-YEZD

L'étendue de ce territoire entièrement compris dans le « Haut-Plateau Iranien » ou, si l'on préfère, dans la masse médiane, est considérable : en chiffres ronds, la superficie en est de 350 km sur 250 km, soit 75 000 km carrés. Il s'y trouve d'innombrables affleurements cuprifères. Seuls 3 ou 4 sont susceptibles de présenter, selon les circonstances, un léger intérêt économique local.

La méséta est l'élément tectonique le moins exploré de l'Iran (v. première partie, p. 175). La description sommaire qui en a été faite par H. DE BÖCKH, M. LEES et F. RICHARDSON dans « The structure of Asia » (14) en fournit une vue d'ensemble. Elle présente, somme toute, les caractères, assez confus du reste, d'un « Zwischengebirge », soit par sa délimitation géographique, soit comme unité tectonique.

En venant d'Isfahan, le long de la route de Nayn, on dépasse rapidement la « zone des nappes », sans constater un changement marqué dans le style tectonique. Il faut en effet se représenter que la zone à « paléozoïque métamorphique » est dotée d'une structure en écaillés et que c'est aussi le style géologique des montagnes qui se trouvent en bordure du Desht-i-Kévir. Certains faciès importants, tels le Rhétien à charbon, les calcaires albo-aptiens à orbitulines, le gypsosalifère néogène, pour en rester à ces trois exemples, existent aussi bien dans la méséta que dans les chaînes de montagnes, au Nord et au Sud du Plateau Central. L'analogie dans l'âge et le caractère chimique des paroxysmes volcaniques dans les différentes unités tectoniques du pays est également connue.

Il est cependant frappant de constater une auréole de roches volcaniques sur tout le pourtour de la masse médiane. Leur chimisme

est dioritique. Les unes se situent dans le Paléogène et les autres — il s'agit en gros d'andésites — sont néogènes.

Il n'est pas moins important de relever l'existence de très nombreux indices de métallisations, cuprifères en majeure partie, sur toute la bordure du Plateau Central (v. carte des minéralisations ci-jointe). Ces deux phénomènes doivent être mis en relation avec l'existence d'une zone de fractures profondes qui circonscrit assez exactement tout le territoire des Kévirs, y compris les montagnes qui émergent en marge de dépressions secondaires.

La plupart des indices cuprifères de cette région se rattachent au cycle alpin: Les plus importants sont paléogènes; mais il en existe une quantité qui sont fort récents, pliomiocènes p. ex.

La description du district d'Anarak, qui est le siège d'une minéralisation polymétallifère intéressante, m'offrira l'occasion de donner quelques précisions géologiques illustrant ce qui précède.

#### Le district du Koupayeh

Le territoire du Koupayeh est à cheval entre Nayn et Isfahan. On y observe surtout des andésites et des sédiments tertiaires pliomiocènes.

Les innombrables affleurements cuprifères mineurs qui s'y trouvent sont liés aux andésites. Il faut chercher leur origine dans les venues hydrothermales, pauvres en sels métalliques et à basses températures, qui ont circulé dans certaines zones diaclasées, après la mise en place de l'éruptif. Ils sont donc tous récents, en partie probablement pliomiocènes.

G h a b r - i - M e h m e d o u (52/33), altitude 2150 m, 3 km au Sud de Nohoudj. Trois zones faiblement malachitisées affleurent sur 80 m. Elles ont subi quelques grattages.

K o u h - i - S e n g h - i - M e s s (52/33), altitude 2110 m, au SW de Kayash, soit une quinzaine de km à l'Est d'Ardistan.

Nous nous trouvons en plein massif andésitique. Au toit d'une faille orientée Est-Ouest, quelques fissures parallèles ont été silicifiées et minéralisées sur un espace de 150 m<sup>2</sup>. Les andésites sont imprégnées de pyrite au mur du plan de faille. Un puits de prospection, profond de 14 m, a été foncé en 1942 dans la zone cuprifère. On en a extrait un minerai titrant de 2 à 3% Cu et composé de chalcosine et de malachite.

T e k t e k e h (52/33), altitude 2410 m, aux environs de Kayash, 7 km au SW du Kouh-i-Sengh-i-Mess.

On observe dans les andésites une brèche tectonique orientée

Est-Ouest, cimentée par de la barytine et de la calcite. Un peu de malachite et quelques mouchetages de chalcosine sont associés à la barytine. Ces traces cuprifères se suivent sur 600 m, le long desquels on relève les vestiges de recherches minières abandonnées depuis longtemps.

Des affleurements cuprifères tout aussi restreints m'ont été signalés aux environs de Handerestan, de Baharistan, de Kahangh, de Djamshidabad, etc. Ils dérivent tous de la même phase métallogénique.

### Le district d'Anarak (v. figure 21)

Ce district, dont j'ai déjà mentionné à maintes reprises tout l'intérêt scientifique, est situé à une centaine de km au Nord de Nayn. Sa superficie est de 5000 km carrés. C'est vraisemblablement le centre minier le plus ancien de l'Iran, en dépit de sa situation en bordure du Desht-i-Kévir, dans une région semi-désertique, pauvrement peuplée et sans végétation.

Le ministère de l'industrie et des mines y a créé depuis 1935 toute une organisation de recherches et d'exploitation minières. Les voies d'accès en sont actuellement bonnes; tous les transports s'opèrent par route. Le tracé de la voie ferrée Téhéran-Kashan-Kirman passe entre les agglomérations de Nayn et d'Anarak. Sa future exploitation ne pourra que favoriser le développement éventuel de l'industrie minière dans ce district, si limitées qu'en soient les perspectives.

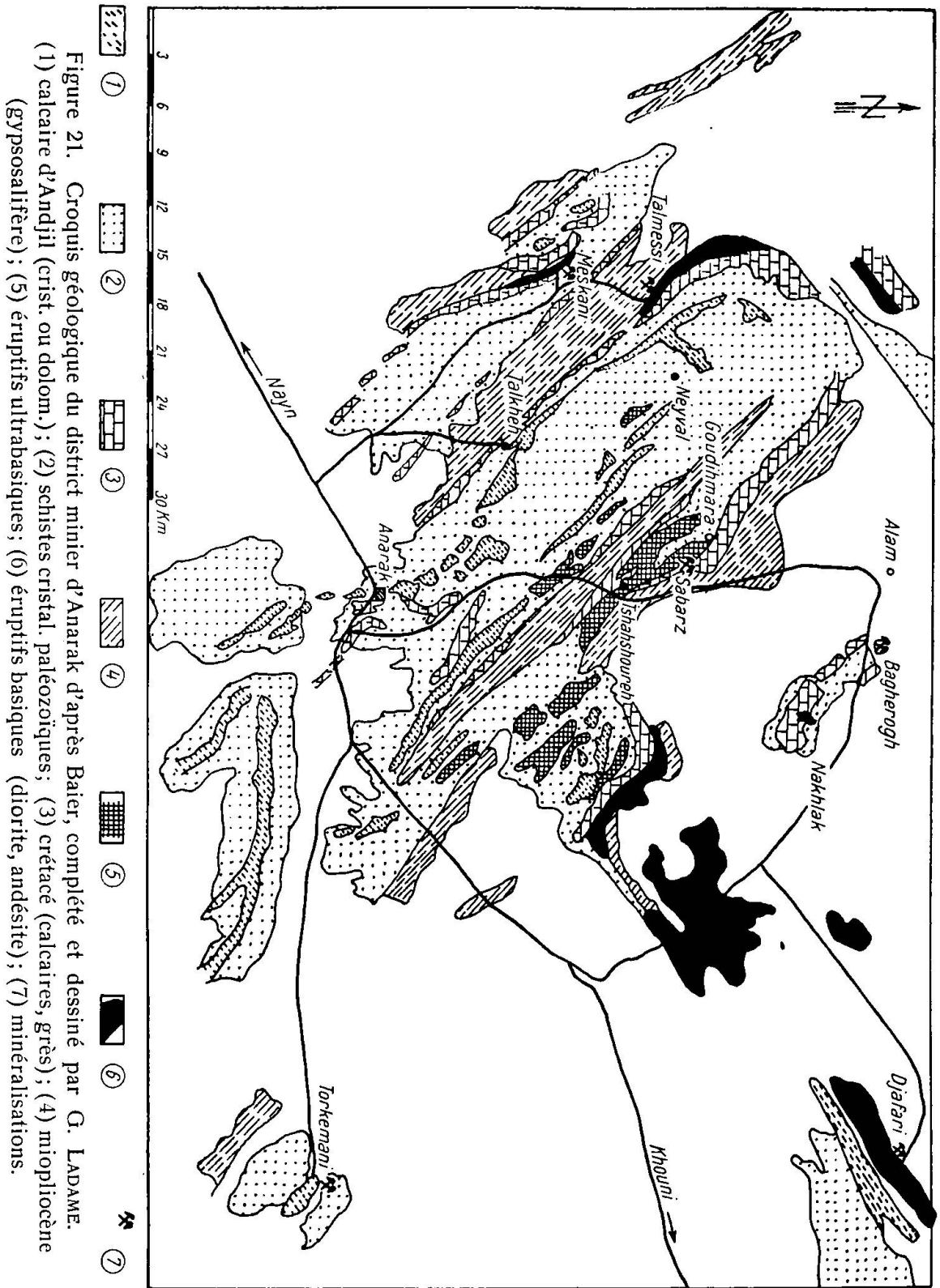
### *Situation géologique* (v. figure 21)

Il y a 3 chaînes principales orientées NW-SE et séparées par des dépressions synclinales pliomocènes très évassées.

J'y ai distingué dans l'ensemble les formations suivantes:

Une série métamorphique ancienne très hétérogène avec des micaschistes variés, tels que chloritoschistes, phyllites, calc-schistes, schistes graphiteux, etc. On y observe également des calcaires dolomitiques et des calcaires cristallins.

Une partie de ces «schistes lustrés», les phyllites, les schistes graphiteux, etc. ont été considérés par BAIER (122) comme liasiques. Je n'ai personnellement pas trouvé de fossiles pour confirmer cette hypothèse. DE BÖCKH et ses collaborateurs estiment au contraire qu'il s'agit de formations très anciennes.



Un calcaire ancien, non fossilifère, dit « calcaire d'Andjil » donne aux montagnes d'Anarak un relief prononcé, aussi caractéristique que pittoresque. Ces puissantes assises calcaires jaunâtres non litées, parfois dolomitiques, sont fortement disloquées et garnies de larges brèches de friction. Des écailles du « calcaire d'Andjil » se voient à Meskani, à Talkheh, etc., coincées dans les micaschistes (v. carte et profil géologiques, figures 22 et 23).

Le Crétacé est représenté par un conglomérat bréchoïde à éléments calcaires et débris de quartz, par des grès à orbitolines et par un calcaire jaunâtre à rudistes. Le Crétacé est transgressif sur les séries précédentes.

La série gypsosalifère débute par un puissant conglomérat de base à éléments dioritiques et andésitiques (transgression aquitanienne). Il est surmonté de grès rouges, verdâtres ou grisâtres, ainsi que de marnes qui sont toutes gypsifères. Ces dépôts miopliocènes peuvent dépasser 2000 m d'épaisseur. Ils se sont développés in situ dans les cuvettes synclinales actuelles. Les puissants plissements pliocènes les ont ondulés et faillés sur la périphérie.

Les roches éruptives sont représentées par des roches ultrabasiques (gabbros et serpentines), des roches intermédiaires (diorites et andésites) et des roches acides (granites, syénites).

La position des roches vertes en bordure, voire même à l'intérieur de la série métamorphique avec laquelle elles ont été solidairement plissées, permet de considérer ces éruptifs comme mésozoïques et antérieurs à la transgression du Crétacé supérieur.

Les porphyres dioritiques sont fréquemment interstratifiés entre les grès à orbitolines et le conglomérat néogène, sur le pourtour des cuvettes gypsosalifères. Cela les situe au Paléogène.

Les épanchements andésitiques sont néogènes. Les granites et syénites de Tshahséfid et des montagnes de Khouni sont des intrusions dans la série métamorphique que je n'ai pas réussi à dater. Elles paraissent être mésozoïques (14).

Il se trouve des galets cuprifères dans le conglomérat de base du Miopliocène. Les manifestations métallogéniques les plus importantes de ce district sont antérieures à l'Aquitaniens; elles sont paléogènes. C'est une observation qui concorde avec les constatations faites dans les régions d'Abbasabad et de Sabzéwar (v. page 226). On connaît cependant à Anarak des affleurements aussi bien mésozoïques que néogènes.

Talmessi et Meskani (53/33), altitude 1350 m. Les deux gisements ont été le point de départ en 1936 de recherches minières qui se sont rapidement étendues à toute la région. Ces 2 mines de cuivre ont bénéficié d'emblée d'une organisation industrielle. Relevons à ce sujet que les dispositions prises à Anarak à cette époque se sont inspirées du désir de créer une industrie minière et de produire du cuivre et du nickel coûte que coûte.

La situation générale et géologique de Talmessi et de Meskani ressort du plan et du profil ci-joints (v. figure 22, 23):

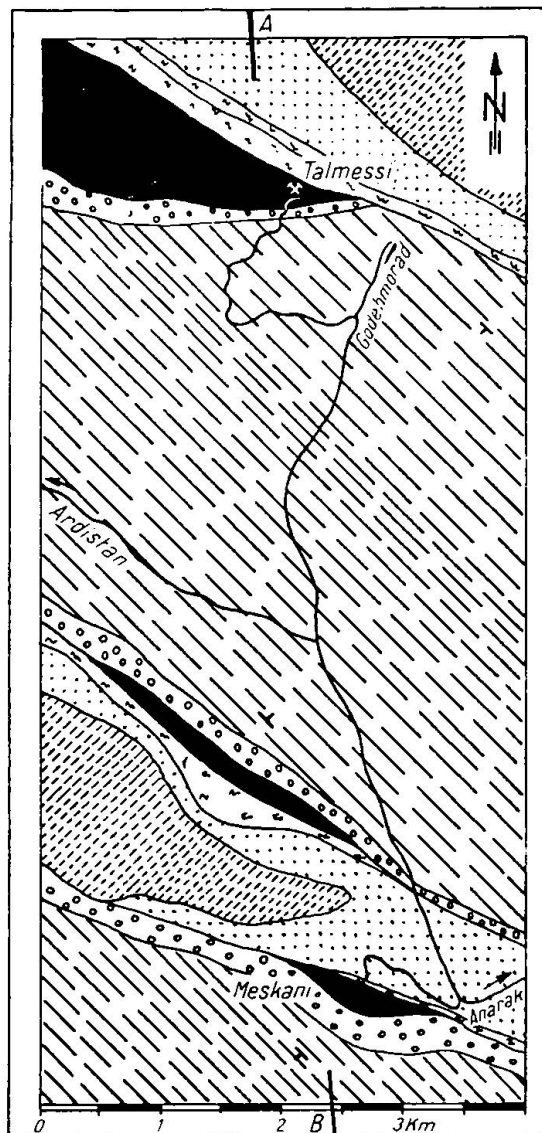


Figure 22. Situation géologique des gîtes de cuivre de Meskani et de Talmessi, par G. LADAME.

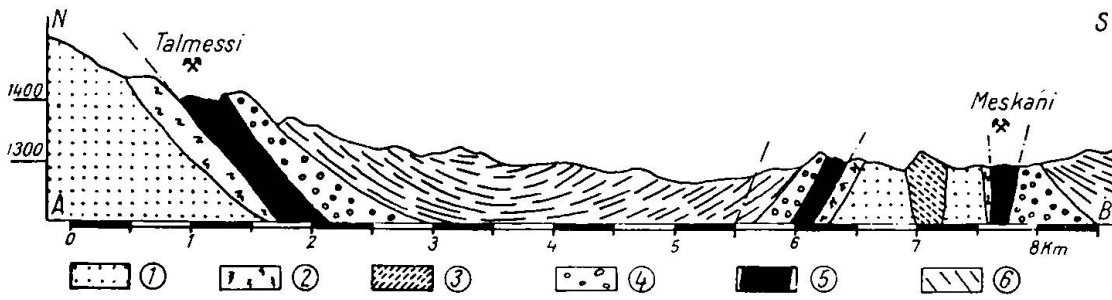


Figure 23. Coupe géologique Nord-Sud des gîtes de Meskani et de Talmessi, par G. LADAME. — (1) micaschistes, pyllites; (2) conglomérat crétaé (orbitolina disc.); (3) calcaire cristal. dolomitique; (4) conglomérat de base du néogène; (5) porphyre dioritique minéralisé; (6) série gypsosalifère miopliocène.

L'examen pétrographique de la roche éruptive montre qu'il s'agit d'un porphyre dioritique. Il est fortement altéré, très ferrugineux, à pâte microlithique. On ne parvient que difficilement à déterminer les plagioclases (oligoclase-andésine). Les plages de biotite, et accessoirement de pyroxène, sont relativement intactes. Dans les craquelures des phénocristaux se trouve un remplissage de quartz et de calcite secondaires, un apport hydrothermal probablement et, en partie, un produit d'altération de la roche.

La minéralisation s'est effectuée exclusivement dans l'éruptif, à savoir dans la partie centrale du massif, jamais à proximité des contacts sédimentaires. Tout un réseau de cassures a contribué à canaliser les venues hydrothermales. Il s'agit, à Talmessi comme à Meskani, d'une imprégnation généralisée et de faible densité des porphyres dioritiques. En dehors de nombreux minéraux cuprifères usuels, parmi lesquels prédominent la chalcosine et le cuivre natif, on trouve dans ces 2 gisements des arséniures cobaltifères et nickéli-fères (v. chapitre IV et X).

Tableau no. 8

*Composition minéralogique du minerai de Meskani*

minéraux métallifères		gangue
<i>chalcosine</i>	pyrite, tr.	feldspath
<i>cuivre natif</i>	sphalérite, tr.	séricite
bornite	galène, tr.	quartz
cuprite	smaltine	calcite
chalcopyrite	nickéline	biotite
safflorite	domeykite	
cobaltine		

Ces deux mines ont donc produit du nickel et du cobalt.

Il existait à Talmessi un pilier de minerai à cuivre natif avec des accumulations de métal pesant plus de 500 kg. L'examen général d'un échantillon moyen de Meskani, fait au cours d'essais de concentration, a permis d'y distinguer une quantité de minéraux.

Le cuivre natif existe communément dans ce minerai en éléments macroscopiques de plus de 1 mm; mais les 80 % de la chalcosine et tous les autres minéraux métalliques sont minuscules (10 et 30 microns). Une imprégnation de ce genre est réfractaire aux procédés de concentration par gravité et seule la flottation est susceptible de donner des résultats satisfaisants.

L'échantillon moyen du tout-venant de Meskani titre:

2,27 % Cu  
0,06 % Ni  
0,09 % Co  
0,3 g/t Au  
24,0 g/t Ag

Ce minerai pourrait être éventuellement traité en combinant le jigging et la flottation. Le premier procédé étant uniquement destiné à récupérer les particules les plus grossières de cuivre natif. Un broyage à mort (95 % à — 350 mesh) est exigé pour la concentration convenable des autres composants métallifères. Le concentré final obtenu en 1940 par l'American Cyanamid Cy. Ltd. titrait:

33 à 35 % Cu  
0,06 % Ni  
0,09 % Co  
4,11 g/t Au  
120,69 g/t Ag

La minéralisation décrite ci-dessus est limitée à Talmessi à l'étage — 30 m, et à Meskani à l'étage — 50 m. Les recherches entreprises 30 m plus bas n'ont donné que des résultats négatifs.

L'exploitation s'est cantonnée, à Talmessi comme à Meskani, dans les piliers de minerai accessible au triage à la main. On cherche à produire un minerai titrant à peu près 5 % Cu et à le transformer sur place en matre de cuivre dont le raffinage se fait à Ghaniabad (Téhéran).

J'ai fait, au début de 1940, une évaluation des tonnages de ces exploitations et noté aussi quelques renseignements techniques que je récapitule ci-dessous:

Tableau no. 9

*Situation technique des mines de Meskani et de Talmessi*

	Meskani	Talmessi
Surfaces minéralisées	1450 m <sup>2</sup>	2300 m <sup>2</sup>
Minerai de cuivre natif exploitable séparément	néant	100 m <sup>2</sup>
Production de minerai trié (4,5 % Cu en 1939)	2000 t	1500 t
Réserves probables (cuivre)	3000 t	1800 t
Travaux préparatoires ayant déterminé une minéralisation de très faible densité, inexploitable	au niveau - 80 m	au niveau - 60 m

Meskani et Talmessi sont des gisements où le minerai de cuivre s'est passablement enrichi par cémentation.

Des observations chalcographiques seront nécessaires pour préciser l'origine primaire ou secondaire du cuivre natif et de la chalcosine, et pour résoudre la question touchant la formation synchronique ou non des minéraux cobaltifères et nickélifères.

A Talmessi, la nickéline s'est fréquemment localisée dans les fissures du massif éruptif. A Meskani, j'ai eu, en revanche, l'impression que toute cette métallisation complexe ne saurait être scindée en phases distinctes.

Les solutions minéralisantes se rattachent au régime mésothermal (nickéline, cobaltine, etc.). Il est d'autre part incontestable que ce polymétallisme accuse une cristallisation accélérée, avec chute rapide de température, comme cela se réalise à faible profondeur.

L'âge paléogène de Meskani et de Talmessi est précisé par la situation de ces deux gîtes dans un porphyre dioritique néocrétacique ou éocène.

Bagherogh (53/33), altitude 1250 m, 45 km au Nord d'Anarak.

Tout autant qu'à Talmessi, on a observé à Bagherogh des recherches anciennes jusqu'à 50 m de profondeur. Cette exploitation a été pourvue de la perforation mécanique et même d'un petit water-jacket pour l'obtention sur place de matte de cuivre.

Le gisement se trouve dans une brèche calcaire crétacique (NW 290°) renfermant de nombreux éléments de quartzites. La minéralisation s'est effectuée en partie le long de craquelures et de fissures plus ou moins parallèles de la roche, en partie par substitution du calcaire. Elle se compose d'une gangue de barytine et des minéraux de cuivre usuels, subsidiairement d'un peu de galène. L'oxydation est intervenue énergiquement à Bagherogh. On n'extrait donc de cette mine que des minerais à malachite, à cuprite et à chalcosine.

Les amas cuprifères sont disposés en colonnes lenticulaires, très redressées. On en fait l'extraction à «Arab» et à «Abadi», 2 chantiers disposés à 300 m l'un de l'autre.

L'organisation d'aires de triage à Bagherogh permet de produire un minerai arsénifère titrant de 5 à 12 % Cu, à partir d'un tout-venant à 3 % Cu. Cette opération ne se réalise qu'au prix de pertes considérables dans les fines et les déchets du triage.

L'extraction annuelle (1000 tonnes de trié) est soumise à de grandes fluctuations mensuelles par le fait que la mine ne travaille que sur des réserves dérisoires. La petite production de Bagherogh est entièrement fondue dans le water-jacket que l'on maintient en activité au prix d'énormes sacrifices. La matte de cuivre est toujours fortement arsénifère.

Ce gisement, probablement paléogène, est de formation mésothermale; des phénomènes d'oxydation l'ont entièrement remanié.

Sébarz (53/33), altitude 1470 m, à 41 km d'Anarak.

Les recherches minières ont débuté sur ce petit gîte de cuivre vers 1936. Ces travaux se poursuivirent, non sans interruption, jusqu'en 1942.

J'ai figuré la situation géologique dans la coupe schématique ci-contre (v. figure 24).

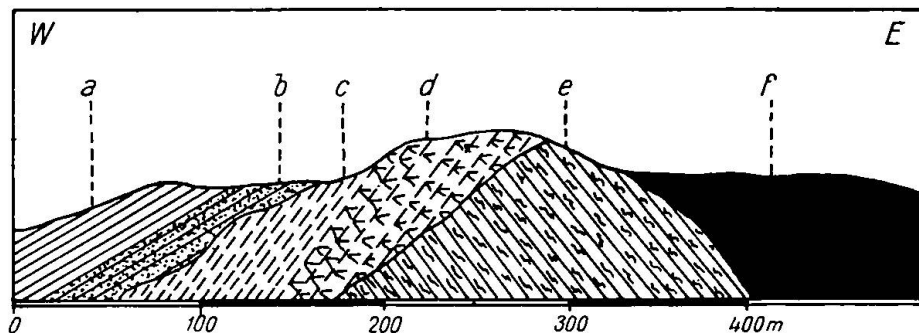


Figure 24. Coupe géologique des montagnes de Sébarz, par G. LADAME.

#### L é g e n d e

- a) marnes et grès du gypsosalifère, pl. W 30°, or. NE 20°;
- b) conglomérat de base, miopliocène, pl. W 30°, or. NE 20°;
- c) grès ferrugineux, crétacé, pl. W 55°, or. NE 10°;
- d) brèche polygénique, crétacée, composée d'éléments de serpentine et de chloritoschiste; c'est dans cette brèche que se trouvent les veins minéralisés qui constituent le gîte polymétallique de Sébarz;
- e) chloritoschistes paléozoïques, pl. NE 50°, or. NW 40°;
- f) intrusion ultrabasique (serpentes), mésozoïque.

Une vingtaine de fissures minéralisées, parallèles les unes aux autres et larges de 2 à 5 cm, sont réparties dans une brèche crétaïque polygénique, composée en grande partie de fragments de serpentine.

Le minerai massif de Sébarz se trie facilement et l'exploitation a été maintenue en activité sans souci du prix de revient du cuivre produit. Ce minerai à gangue de quartz se compose de chalcosine, de chalcopryrite et de pyrite, accessoirement de nickéline, de galène et de blende, sans compter différents minéraux d'oxydation, l'annabergite entre autres.

Tableau no. 10

*Echantillons du minerai de Sébarz*

	% Cu	% Ni	% Pb	% Zn
Minerai d'imprégnation niveau 1	0,23	0,82	3,5	0,25
Minerai d'imprégnation niveau 3	1,1	0,7	5,8	n. d.
Rejets de triage	1,6	0,6	4,6	n. d.
Minerai trié	14,5	1,7	6,5	1,8

Les réserves de Sébarz n'ont jamais dépassé 300 tonnes de cuivre, au total.

Ce gîte entre dans le groupe des minéralisations paléogènes polymétalliques à régime mésothermal du district d'Anarak.

Talkheh (53/33), altitude 1380 m, 22 km à l'Ouest d'Anarak. Cette exploitation a contribué dès 1940 à la production du district.

Les 6 filons de barytine imprégnée de malachite du gîte de Talkheh se trouvent dans un lambeau de calcaire ancien marmorisé (calcaire d'Andjil), orienté NW 290° et plongeant au Sud de 60°. Les cassures minéralisées sont disposées NE 40° à 50°. Elles affleurent sur plus de 400 m et sont réparties sur une largeur de 120 m.

L'analogie entre les minéralisations de Bagherogh et de Talkheh est frappante. Elles ont une origine mésothermale toutes les deux, et sont paléogènes (?).

Ce minerai oxydé titre en moyenne 3,5% Cu; il est toujours arsénifère. Il se compose de malachite, accessoirement de chalcosine et contient un peu d'argent (40 g/t Ag).

Les réserves probables en sont évaluées à 400 tonnes de cuivre.

Konmess (53/33), altitude 1480 m, à l'Ouest de Goudeh-morat (indices nickélifères).

Une faille orientée NW  $310^{\circ}$  a mis en contact des quartzites d'âge indéterminé et des grès miocènes.

L'imprégnation chalcopyréuse des quartzites s'est réalisée le long d'un système de fissures, aux épontes de la faille. Elle est tertiaire, plus exactement néogène, et superficielle (subvolcanique). C'est un produit de solutions tempérées.

La densité de cette minéralisation est faible, sans importance pratique aucune.

Rassour (53/33), altitude 1300 m, une vingtaine de km au Nord d'Anarak, sur la piste de Bagherogh.

Les monts Tshahshoureh sont le siège de métallisations nickélifères, tandis qu'elles sont cuprifères à Rassour. Des eaux minéralisantes ont circulé dans les fissures des serpentines. Un espace de 200 m<sup>2</sup> a été ainsi pourvu d'un peu de chalcosine à Rassour.

Kopahalvay (53/33), altitude 1250 m, 84 km au NW d'Anarak, une trentaine de km au delà de Tshahséfid, où l'on a d'ailleurs également observé des traces de minéralisations cuprifères dans les fissures du minerai d'hématite.

Les anciens mineurs d'Anarak ont déjà exploré les 3 ou 4 filons de barytine affleurant à Kopahalvay, entre les dunes de sables.

Le remplissage de ces cassures orientées NE  $70^{\circ}$ , dans un conglomérat pliocène subhorizontal et mal consolidé, est composé en majeure partie de barytine, accessoirement de différents minéraux cuprifères (malachite, chalcosine, cuprite, cuivre natif).

On a affaire à Kopahalvay à une métallisation de faible profondeur, d'origine épithermale et de toute évidence très récente. Le fait que l'on retrouve ici la même paragenèse (barytine et minéraux oxydés de cuivre) qu'à Bagherogh et Talkheh mérite d'être relevé.

Tshahpalengh (54/33), altitude 1340 m, plus de 45 km au SE d'Anarak.

On estime, à tort ou à raison, que les 3 chantiers de Kouh-i-Tshou, Tshah-i-Djadid et Koufeh sont les vestiges miniers les plus anciens du district d'Anarak.

L'exploitation s'est faite à partir de puits verticaux de 1 m de diamètre, profonds de 25 à 40 m, reliés entre eux par des galeries d'aération et d'exploitation.

Aucun affleurement ne permet de s'orienter; tout est recouvert de sable. Dans les travaux anciens, j'ai constaté que la minéralisation s'est concentrée dans quelques fissures parallèles aux plans de schistosité d'un schiste argilo-gréseux, d'âge indéterminé. Cette formation est orientée NW  $330^{\circ}$  et plonge à l'Est de  $70^{\circ}$  à  $80^{\circ}$ .

L'exploitation ancienne ne s'est intéressée qu'au minerai d'oxydation à malachite, cuprite et chalcosine; j'ai vu apparaître des mouchetages de chalcopyrite en profondeur.

La minéralisation pyriteuse de Tshahpalengh est mésothermale; il n'y a point de critère pour en fixer l'âge et elle n'a pas d'analogie avec les autres affleurements du district d'Anarak.

Les échantillons prélevés dans les piliers minéralisés ont des teneurs de 8 à 10% Cu.

Les monts Djafari (54/33), près de 70 km à l'Est d'Anarak.

Les indices cuprifères mineurs y sont abondants, tertiaires, pour autant qu'il s'agit d'imprégnations dans les gabbro-porphyrites. Les minéralisations complexes (Cu, Pb, Zn, Mo, Au) de Khouni et Kalékafi sont par contre mésozoïques (v. chapitre IX, XI, XII).

Djafari, altitude 1450 m, montre une imprégnation de chalcosine dans un agglomérat gabbrodioritique. Cette roche éruptive à gros cristaux de plagioclase est analogue à celle d'Abbasabad. J'ai considéré ce gîte comme paléogène et épithermal.

La teneur moyenne du minerai est très faible (0,4% Cu), mais l'on trouve dans les fissures des échantillons titrant de 8 à 10% Cu.

Do-Tshah-Hou, altitude 1450 m. Un filon de quartz interstratifié dans les schistes graphiteux (orientés NW 340°) est pourvu de chalcopyrite renfermant des traces de métaux précieux.

Les monts Djandak (54/34), dans la prolongation orientale des monts Djafari, ont la réputation, d'ailleurs mal contrôlée, de receler des indices cuprifères aux environs des localités suivantes: Ostakhan-Rounah, Goush-Berindj, etc.; elles sont largement dispersées dans un périmètre de plus de 50 km.

Les monts Biabanak (55/34), à 50 km au Nord de Khour, dans le Desht-i-Kévir central, ont également quelques affleurements cuprifères. Il s'y trouve même des vestiges d'anciennes exploitations à Dahaneh-Maden, 8 km au SW d'Aroussan. A Koudjeh-nowtoroud et à Badaman, il est question de filons d'une certaine continuité, mais pauvrement minéralisés, dont on ne connaît aucun détail.

### Le district de Yezd

Sur la piste transkéviriennne de Tabas à Meshed se trouve Kharanak, 85 km au NE de Yezd. Des affleurements cuprifères, connus depuis longtemps, y ont été examinés d'une façon approfondie, en 1942.

Kharanak (54/32), altitude 1790 m.

Le terrain est constitué par des marnes noires (Lias?) fortement disloquées, très redressées et orientées NW 330°. On y a découvert 4 à 5 filons interstratifiés à gangue de barytine, rarement de quartz, contenant des mouchetages de chalcopryrite et de chalcosine. L'obtention d'un minerai de triage titrant plus de 12% Cu est réalisable. La situation générale du gîte est mauvaise, sans amont-pendage, et le niveau hydrostatique à quelque 15 m de profondeur. Cette métallisation cryptobatholithique est vraisemblablement d'origine alpine et de caractère épithermal.

Mazreyeh-Hadji-Hassan (54/32), altitude 2100 m, 24 km au NE de Kharanak.

Les schistes quartzitiques (paléozoïques?) sont les roches prédominantes dans les montagnes de la région. L'orientation en est NW 320° et le plongement Est de 70°. On a découvert successivement, au cours de prospections régionales, un grand nombre de filons de quartz parallèles à la direction générale, et d'autres, moins nombreux, qui lui sont perpendiculaires. Leurs puissances varient de 0,5 m à 1,5 m. De la chalcopryrite se trouve disséminée dans ce quartz de façon très capricieuse et sporadique.

Les filons sont continus sur 500 à 800 m, et leurs amont-pendages dépassent 300 m. Les échantillons de quartz minéralisé ont tous des teneurs inférieures à 2% Cu, généralement entre 0,5 et 1% Cu.

L'origine des filons de Hadji-Hassan est alpine. Le caractère de ce quartz, pratiquement stérile, est épithermal, plutôt que mésothermal.

Mazreyeh-Mirha (54/32), altitude 1875 m, une vingtaine de km au NW de Hadji-Hassan.

La région est constituée par les mêmes quartzites plissées et écrasées.

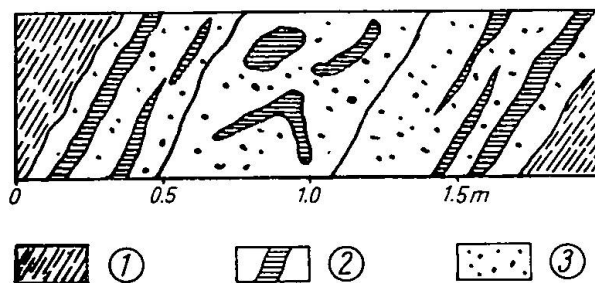


Figure 25. Coupe du filon de Mazreyeh-Mirha, par G. LADAME. — (1) quartzites paléozoïques, or. NW 325° pl. SW 45°; (2) veines de chalcopryrite et de pyrite dans la barytine; (3) gangue de barytine avec mouchetages de sulfures.

Ce filon de barytine est large de 1,2 à 2,0 m, orienté NW 325° et plonge de 45° à l'Ouest. Une descenderie, datant de 1905 et due à l'initiative des mineurs d'Anarak, m'a permis d'examiner la minéralisation, qui n'apparaît pas à l'affleurement, et de noter sa disposition (v. figure 25).

La disposition rubanée de cette minéralisation filonienne, du même type que les précédentes, comprend une gangue de barytine, avec de la chalcoppyrite, de la chalcosine et de la pyrite.

#### 7. LE KIRMAN

On ne connaît dans tout l'Iran sud-oriental qu'un nombre limité d'indices cuprifères.

**B a h r a s m a n** (57/29), altitude 1800 m, près de 150 km au Sud de Kirman, est une région montagneuse, où abondent les formations éruptives à caractère andésitique. Les laves et les tufs sont prédominants et néocrétaciques. Ces roches ont été recoupées par de nombreux dikes de porphyrite qui ont été tectonisés puis recimentés par du quartz minéralisé. Certaines de ces brèches filoniennes sont cuprifères et sont parvenues, à la suite de phénomènes d'enrichissement secondaire, à des teneurs dépassant 5% Cu. La plupart des minerais de malachite et de chalcosine ont été rigoureusement exploités dans les temps passés par les habitants de Kirman.

Il résulte des recherches faites de 1940 à 1941 qu'aucune des brèches quartziques du Bahrasman n'est assez riche en minerai pour mériter d'être exploitée. De nombreux puits de prospection ont été foncés pour préciser la profondeur de la zone de cémentation à minerai de chalcosine (3 à 4% Cu) : Elle s'arrête à quelques mètres, dans la règle, et passe à des mouchetages clairesemés de chalcoppyrite et de galène dans le quartz. On a pu vérifier que les dikes de porphyrite sont surmontés par des calcaires éocènes (14). Cette métalisation de faibles profondeurs, à tendance polymétallique, a été produite à température modérée (caractère mésothermal). Elle est liée à des brèches tectoniques qui coïncident, dans la règle, avec les dikes de porphyrite. On peut la considérer comme tertiaire et probablement paléogène.

**T a f m o r a d** (57/33), 17 km au Sud de Douhouk. Cette imprégnation cuprifère s'étend sur un espace évalué à 0,5 km<sup>2</sup>.

**D a h a n e h - B i s h e y g h i** (57/34), une douzaine de km au Nord de Naghineh. De très nombreux petits indices cuprifères (malachite) sont disséminés le long d'une zone de 7 km.

Kouh-Sarbanghi (57/34), moins de 5 km au Sud de Ghalateh-Yakob. Des roches éruptives acides présentent une zone de fissures silicifiées et sporadiquement cuprifères. Le même phénomène se retrouve à Tsheshmeh-Mahad-Ghassim, au Nord de Ghalateh-Yakob.

Darmian (59/32), et Lotfabad, deux localités des environs de Birdjand. On y a observé de minces veines pyriteuses et chalcopyruteuses, au contact de schistes et de calcaires. Des gîtes du même genre existent à Madjon et à Rikat.

Kalehzari (59/31), 200 km au Sud de Birdjand. Une région où abondent les épanchements basaltiques paléogènes. De très nombreux indices cuprifères y ont été relevés. Ils sont liés parfois à de véritables systèmes filoniens. A Maden-i-Rouгани, par exemple, les affleurements minéralisés et parallèles sont découverts sur près de 1 km. Le remplissage est composé d'une gangue de quartz et d'un mouchetage de chalcopyrute, accessoirement de galène. Mon impression est qu'il s'agit dans tous ces cas de minéralisations tertiaires produites à température modérée. Nos informations sont insuffisantes pour affirmer qu'elles sont subvolcaniques.

Béloutshistan (56/27 et 57/27). Des missions itinérantes l'ont parcouru en 1938 et 1941. Ce territoire ne semble pas receler de ressources minérales. Des indices cuprifères isolés et mineurs apparaissent en quelques localités de l'arrière pays de Minab, soit à Siahgaragoun, à Dashtou, et dans le district de Kouhshandar.

#### Chapitre VI. Le fer (ocre) <sup>1)</sup>

L'artisanat indigène persan a toujours donné la préférence au cuivre. Cela ne signifie nullement que les gisements de fer manquent ou soient seulement rares dans ce pays.

Le Mazandéran, en bordure de la Caspienne, est, à ma connaissance, la seule région où l'on ait trouvé des scories provenant de la fusion de minerais de fer. Cette opération métallurgique est pratiquée par intermittence depuis longtemps par les habitants mêmes de la contrée.

Le Gouvernement Iranien décida, dès 1937—1938, la construction de hauts-fourneaux à Kéredj pour pourvoir aux besoins du pays en produits sidérurgiques; il voulait réduire ainsi le chiffre des importations, qui était considérable à une époque où l'on organisait tous les transports et l'industrie du pays.

<sup>1)</sup> Consulter BOEHNE (15, 16), SPIES (96), STAHL (100, 111), TIETZE (115).

La capacité de l'usine de Kéredj avait été fixée à 150 tonnes de fonte par jour. La guerre est venue bouleverser sa construction et sa mise en marche, qui avait été prévue pour 1942, n'a jamais eu lieu.

La décision de créer en Iran une industrie sidérurgique autonome impliquait l'étude de gisements de fer et le développement de charbonnages susceptibles de produire du coke métallurgique en qualité et en quantité convenables.

On a examiné successivement des gisements de fer de petites et de moyennes importances aux environs de Téhéran, dans le Sud de Nikhbeh, aux environs de Semnan et dans la région de Bafk.

Signalons aussi, pour y revenir plus tard, les curieux gisements d'oligiste du Golfe Persique, liés à la série de Hormouz, dont on a espéré à un moment donné, pouvoir exporter le minerai.

#### 1. LE SUD DE NIKHBEH

L'accès à la région des gîtes de fer, une quarantaine de km au SW de Nikhbeh, est loin d'être aisé.

##### *Situation géologique*

Ce territoire comprend un soubassement granitique et sa couverture métamorphique. Ce granite mésozoïque (?) est pauvre en quartz, riche en mica blanc. Il apparaît sous forme de microgranite et plus fréquemment comme granite-porphyre. Les amas de minerai de fer sont logés dans les calcaires cristallins et dolomitiques paléozoïques qui surmontent le granite. Ils constituent une zone ferrugineuse discontinue, longue de près de 20 km, orientée NW-SE, parallèle à la direction générale des crêtes de ces montagnes.

Il se trouve dans cette même région de petits indices de charbon liasique. D'aucuns ont fait l'objet de recherches minières; à Ghaltshbolagh, p. ex., on a même préparé du coke destiné au water-jacket de Baytshebagh.

##### *Métallogénie*

La formation des gisements de fer de la région de Nikhbeh doit être considérée d'une façon collective, car ils ont beaucoup d'analogie les uns avec les autres: Ces amas d'origine hydrothermale sont postérieurs à la mise en place du granite. Ils se sont généralement formés dans les calcaires dolomitiques antémésozoïques de la couverture d'un massif intrusif mésozoïque (?), soit par substitution, soit par rem-

plissage de cassures, dans certaines zones disloquées. C'est le cas du Khangaradash, où la largeur des amas varie de 5 à 15 m et leurs longueurs dépassent 100 m. Les échantillonnages réalisés ont montré le passage brusque du calcaire dolomitique au minéral (v. figure 26, 27) qui était ici primitivement de la sidérose. Un minéral résiduel,

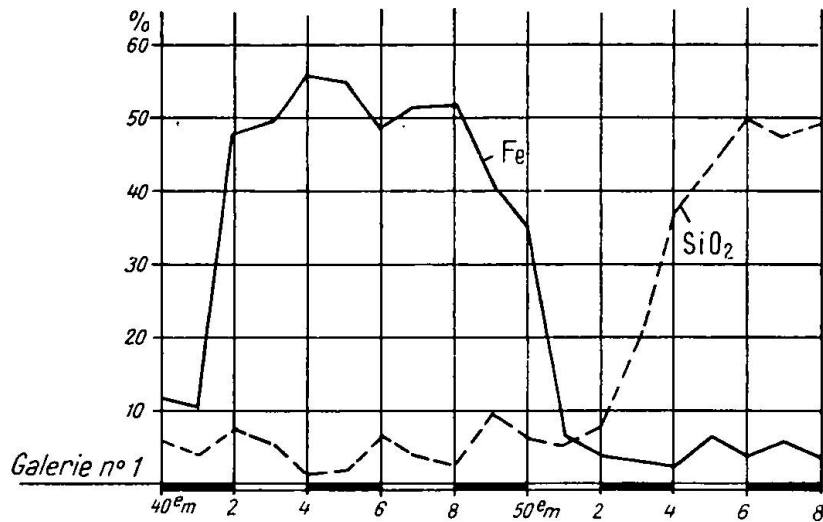


Figure 26. Gisement de fer du Khangaradash.

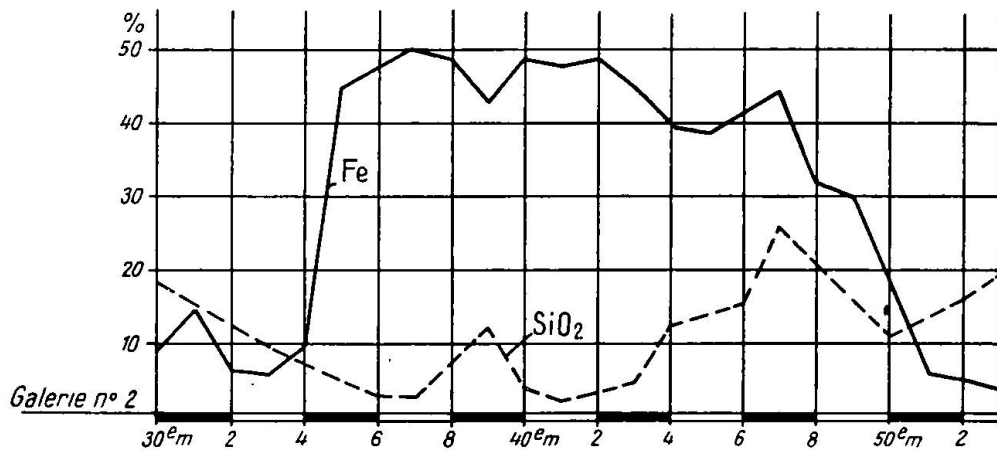


Figure 27. Gisement de fer du Khangaradash.

Les figures 26 et 27 représentent les courbes des teneurs en fer et en silice résultant de l'échantillonnage des galeries de recherches no. 1 et 2; elles font ressortir le passage sans transition de l'amas de minéral au calcaire dolomitique plus ou moins silicifié.

plus ou moins caverneux, s'est formé par décalcification et oxydation superficielles, en tous cas jusqu'à 45 m de profondeur, au Khangaradash, à Afsharabad et à Torpakhlou. On a, en revanche,

affaire à des filons d'hématite à Goldjouk, à Darbenduzeh, etc.; ils sont parfois fortement pyriteux. Leur caractère hydrothermal est indéniable.

La formation des gîtes de fer dans le Sud de Nikhbeh est l'œuvre du magma qui a donné naissance au massif granitique mésozoïque, affleurant au Khangaradash, à Goldjouk et à Ghalitshebolagh.

Khangaradash (47/36), altitude 2550 m, 18 km au Sud de Ghalitshebolagh.

C'est approximativement la terminaison SE de la zone ferrugineuse et en même temps l'accumulation la plus importante de minerai de fer de toute la région. Des recherches systématiques y ont été organisées de 1940 à 1941.

La situation géologique est esquissée dans le profil de la figure 28.

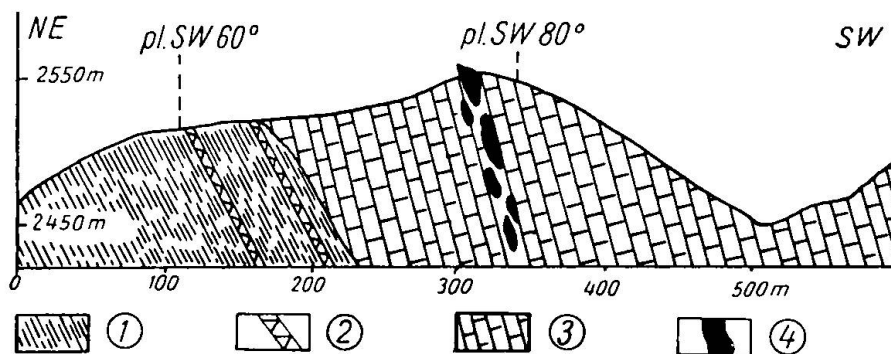


Figure 28. Profil géologique du gisement de fer du Khangaradash, par G. LADAME. — (1) phyllites paléozoïques; (2) diques aplitiques; (3) calcaires dolomitiques paléozoïques; (4) amas de minerai de fer.

L'orientation des couches est NW  $300^{\circ}$ , avec un pendage SW de  $70^{\circ}$ . La série métamorphique paléozoïque envahie par un microgranite, comprend ici des phyllites et des chloritoquartzites surmontées de calcaires dolomitiques. Des amas de minerai limonitique sont alignés dans ces calcaires. Les apophyses aplitiques provenant du granite sous-jacent n'ont été observées que dans les micaschistes.

L'âge des calcaires n'a pas été précisé: Ils sont probablement paléozoïques. On a reconnu le Rhétien charbonnifère à 450 m au toit des amas de limonite et plus haut, dans ce même profil, des grès à orbitolines et les couches à *Pecten burdigalensis*.

Les travaux de prospection exécutés au Khangaradash ont montré que ce minerai de fer résiduel est une limonite caverneuse, de bonne qualité, à l'exception de certains massifs, où l'on a trouvé de la barytine trop abondante dans les fissures du minerai. Il s'agit



Il apparaît localement avec des structures microgrenues ou porphyriques.

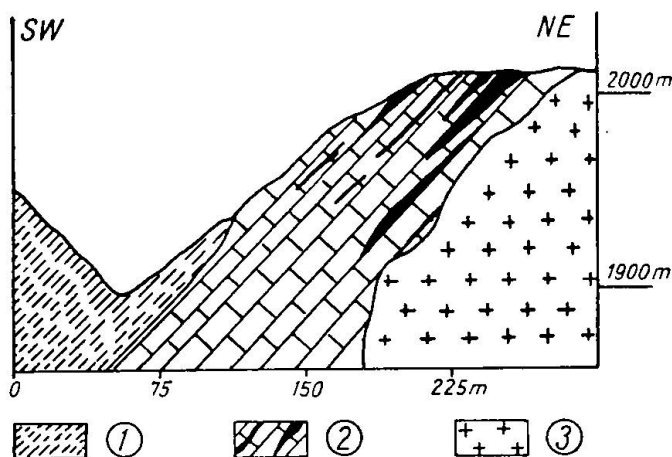


Figure 29. Coupe géologique schématique des amas d'oligiste de Ghalitshebolagh, par G. LADAME. — (1) schistes psammitiques paléozoïques, or. NW 320°, pl. SW 50°; (2) calcaires dolomitiques silicifiés avec amas d'oligiste interstratifiés; (3) microgranite à biotite, mésozoïque (?).

Les calcaires ne sont nulle part transformés en skarns.

Les amas de minerai de fer varient entre 5 000 et 10 000 tonnes; ils parviennent parfois à 25 000 tonnes. Dans l'ensemble, il ne semble pas y avoir plus de 150 000 tonnes de minerai sur ce territoire de près de 5 km de long sur 0,5 km de large.

Tableau no. 13

*Analyses de minerais d'oligiste de la région Ghalitshebolagh-Darbanduzeh*

	Ghalitshebolagh (20 000 t)	Ghazikandi (80 000 t)	
Fe	53 à 56 %	48 à 53 %	47 à 60 %
Ins.	17 à 22 %	15 à 18 %	6 à 21 %
S tot.	n.d.	tr. à 0,2 %	tr. à 0,2 %
	Senghabin (5 000 t)	Husseyinabad (20 000 t)	Uzeh (25 000 t)
Fe	49 à 58 %	48 à 58 %	46 à 60 %
Ins.	5 à 19 %	5 à 16 %	4 à 27 %
S tot.	tr. à 0,2 %	0,5 à 2 %	tr. à 3 %
CaO	0,5 à 7 %	1 à 6 %	tr. à 8 %

Goldjouk (48/36), altitude 2200 m, près de 10 km à l'Est du Khangaradash.

Le même phénomène géologique régional se répète ici. La disposition des formations a été figurée dans un profil que j'ai relevé en 1939, versant Nord du Dortotashtshay, 0,7 km au SW du hameau de Goldjouk (v. figure 30).

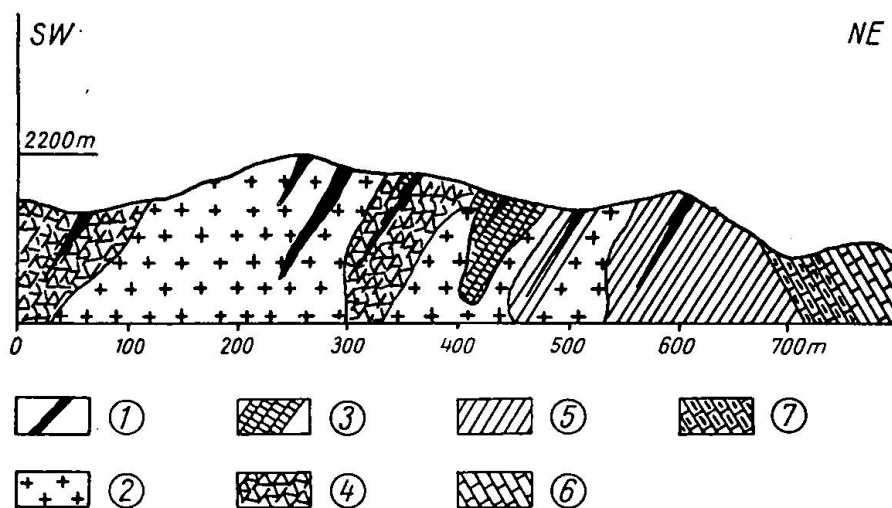


Figure 30. Coupe géologique schématique du gisement de fer de Goldjouk, par G. LADAME. — (1) amas d'hématite; (2) granite mésozoïque; (3) calcaires dolomitiques non métamorphiques; (4) schistes psammitiques et calcaires dolomitiques silicifiés, probablement paléozoïques; (5) schistes calcaires non métamorphiques; (6) calcaires à silex (crétacé?); (7) calcaires à nummulites.

Certains de ces amas d'hématite sont interstratifiés et orientés NW  $320^{\circ}$ , pendage SW, d'autres sont des filons logés entièrement dans le granite. Cette roche, fortement diaclasée, est du même type que celle du Khangaradash; elle est pauvre en quartz et en éléments noirs, et composée principalement d'orthose et d'oligoclase qui sont toujours profondément altérés. Il y a eu localement silicification du calcaire. J'ai dénombré une douzaine d'amas différents, dont un seul important, que j'ai évalué à 350 000 tonnes. Il est dans le granite.

Dans l'ensemble, Goldjouk est un gisement de 650 000 tonnes de minerai de fer dont les teneurs varient entre 40 et 50% Fe.

## 2. LA REGION SAVEH-KAZVIN-TEHERAN

On y signale un certain nombre de petits gisements sédimentaires ou hydrothermaux, qui ont été parfois l'objet de recherches, à l'époque où l'on était en quête de minerai de fer pour la future fonderie de Kéredj. On ne sait pratiquement rien au sujet de leur position géologique.

Massouleh (48/37), altitude 900 m, 6 km au SWS de Mas-

souleh. Au lieu dit Ghiledesh, existent des calcaires à sidérose renfermant aussi de l'hématite, au contact de micaschistes. Les calcaires à sidérose contiennent 20—30% Fe et le minerai d'hématite 45—60% Fe. L'un de ces amas affleure sur 200 m par 100 m, et le second sur 100 m par 70 m. Il existe de nombreux autres affleurements mineurs d'origine sédimentaire dans la même région.

Siahwaroud (48/37), altitude 1600 m, au cœur du Tarom.

Des calcaires siliceux et ferrugineux, renfermant en proportion variable de la sidérose (20% Fe), se rattachent tous au même niveau paléozoïque. On n'a rencontré qu'exceptionnellement, dans cette région, de l'hématite siliceuse à 45—50% Fe.

Bashkal (49/36), altitude 1400 m, 60 km au SW de Kazvin, en suivant la chaussée de Zendjan jusqu'à Gharabagh.

Quelques amas filoniens interstratifiés d'hématite sont groupés aux environs de Kouh-i-Aghdal. Ils paraissent être en relation avec un granite mésozoïque (?). Le minerai titre de 35 à 55% Fe et s'est révélé fortement siliceux.

Meskerabad (51/35), altitude 1150 m, 10 km à l'Est de Téhéran, à proximité de l'ancienne route de Meshed.

Des amas lenticulaires de minerai hématitique mésozoïque, évalués à 60 000 tonnes, ont fait l'objet en 1936 de quelques travaux. Ils sont logés dans un calcaire et d'origine pyrométasomatique, en relation probable avec le granite mésozoïque de Doshantepéh (90).

Tableau no. 14

*Analyse moyenne du minerai de Meskerabad*

44	à	67	%	Fe
3	à	4	%	Mn
3	à	9	%	SiO <sub>2</sub>
2	à	3	%	CaO
1	à	2	%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Amol (52/36), altitude 600 m, en vue de la mer Caspienne, dans le Mazandéran. Ce minerai limonitique d'origine sédimentaire est fort répandu partout où l'on a rencontré le Lias avec du charbon. On le trouve en rognons dans une couche (0,5 à 1 m) d'argile ferrugineuse très régulière. Les habitants l'exploitent par intermittence et fondent ce minerai sur place suivant une technique primitive. La faible puissance de la couche interdit d'en envisager l'exploitation sur une échelle industrielle, malgré la proximité du charbon, qui n'est d'ailleurs que rarement cokéifiable. Ce minerai limonitique titre de 30 à 40% Fe.

## 3. LE KHORASSAN

Semnan (53/35), altitude 1100 m, desservi par route et par rail, est situé sur la ligne de Meshed, environ 160 km à l'Est de Téhéran.

Le gisement de fer se trouve à moins de 10 km au Nord de la station du chemin de fer auquel il est d'ailleurs raccordé depuis 1939/40. Il a été examiné systématiquement de 1938 à 1942. C'est cette mine qui fournira le minerai aux hauts-fourneaux de Kéredj.

Semnan est un gisement de contact, pour autant qu'il s'agit des amas tabulaires de magnétite accompagnés de grenatites et d'idocrasites. Ce pyrométamorphisme a été provoqué par une intrusion granitique mésozoïque. On suppose que les amas d'hématite qui coexistent à Semnan avec la magnétite ont la même origine.

Les réserves bloquées sont évaluées à 2—3 millions de tonnes d'un minerai titrant de 50 à 60 % Fe.

Tableau no. 15

*Analyses du minerai de fer de Semnan*

Fe	48,3 %	41,8 %	44,0 %	68,4 %	41,4 %
Mn	1,4	3,0	0,6	n. d.	n. d.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,1	5,2	0,9	0,2	n. d.
SiO <sub>2</sub>	6,9	13,9	2,9	0,8	24,2
TiO <sub>2</sub>	néant	néant	néant	0,11	néant
CaO	3,9	2,6	11,7	0,9	0,7
MgO	2,0	2,5	1,4	0,6	0,2
S tot.	0,14	0,8	tr.	1,0	0,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	tr	0,04	0,03	0,05	0,1
BaSO <sub>4</sub>	néant	néant	néant	néant	2,2
p. a. f.	12,9	11,8	19,5	n. d.	n. d.

Darvar (53/35), altitude 1200 m, à mi-chemin entre Damghan et Semnan.

Des calcaires carbonifères, selon BOEHNE (12), chevauchent sur le Lias et renferment une couche de chamosite puissante de 2 m en moyenne. Les teneurs se maintiennent entre 25 et 35 % Fe.

Touyeh (53/35), altitude 1300 m, dans la vallée de Touyeh-Darvar.

BOEHNE y a observé un monticule dont le sommet est composé de magnétite. Le gisement est évalué à 200 000 tonnes. Il est entièrement situé dans un calcaire foncé d'âge dévonien. On signale, à proximité, une intrusion syénitique, mais point de skarns. Il doit s'agir d'un gîte mésozoïque (?), d'origine pyrométasomatique.

Bivehdjan (59/36), altitude 1000 m, 30 km au Sud de Meshed, sur la route de Shérifabad.

La région est riche en roches cristallophylliennes, dans lesquelles sont logés un bon nombre d'amas interstratifiés d'hématite d'origine non déterminée. Ce gisement a été évalué à 400 000 tonnes de minerai de fer calcaire titrant 47 à 54 % Fe et renfermant près de 2 % Mn.

#### 4. LA REGION DE KASHAN-YEZD-BAFK

Les environs de Bafk recèlent d'importants gisements de magnétite, dont l'existence est connue depuis longtemps. Leur importance a été confirmée en 1940 et 1941 par le service de prospection de Yezd dont les informations à ce sujet n'ont, d'ailleurs, rien de définitif.

Il existe par ailleurs quelques indices mineurs dans les provinces d'Isfahan et de Yezd.

Garghin (50/32), altitude 1550 m, à l'Ouest d'Isfahan, au centre du Féridan. Certains renseignements mentionnent simplement des affleurements étendus de minerai d'hématite titrant de 55 à 60 % Fe.

Kohroud (51/33), altitude 1750 m, au Sud de Kashan.

On a trouvé au contact des calcaires et du massif granitique régional quelques filons d'hématite dans lesquels on aperçoit fréquemment des traces de malachite. Ces manifestations hydrothermales sont mésozoïques (?).

Khemsar (51/33), altitude 1830 m, 35 km au SW de Kashan, une localité dont il a été question au chapitre IV, page 196. La présence de filons d'hématite, orientés NW  $340^{\circ}$  a été signalée à ce moment, l'un d'eux étant pourvu de minéraux cobaltifères. Les affleurements, découverts sur une centaine de mètres, sont situés à proximité d'un granite.

L'origine hydrothermale de cette minéralisation est évidente; son âge, probablement mésozoïque, reste douteux.

Sohel (53/33), altitude 1450 m, 44 km au NE de Nayn.

On y signale l'existence d'un filon-couche d'hématite au contact d'un massif granitique se trouvant dans la vallée du Podardashit. Son origine paraît être pyrométasomatique.

Tshahséfid (53/33), altitude 1300 m, 54 km au Nord d'Anarak.

C'est le siège d'une exploitation de minerai de fer d'intérêt

local, car il sert uniquement de charge pour la fusion des minerais de cuivre à Bagherogh.

On observe à Tshahsefid des quartzites micacés et des calcaires paléozoïques cristallins envahis par des éruptifs basiques et des quartzporphyres. Des amas hématitiques tabulaires, d'origine non définie, se sont constitués dans les quartzites.

Le minerai titre environ 50 % Fe. Il est fortement siliceux et renferme un peu de cuivre, ce qui n'est pas un inconvénient pour l'usage qui en est fait.

Baghtshin (53/31), altitude 1650 m, dans le territoire de Taft, à proximité d'Aliabad.

Un alignement d'amas lenticulaires de magnétite et d'hématite a été découvert dans les calcaires marmorisés, au contact du granite. On admet une origine pyrométasomatique.

Les réserves ne dépassent guère 100 000 tonnes de minerai, titrant près de 45 % Fe et 1,5 % Mn.

Kharanak (54/32), altitude 1770 m, sur la piste de Tabas, au NW de Yezd.

On peut voir, à 2 km au NW du village, 5 à 6 bancs ferrugineux intercalés dans les quartzites. Ils sont orientés NW 270° et plongent de 50° au Nord. L'altération a produit superficiellement du fer limonitique qui passe en profondeur aux quartzites ferrugineux.

Saghend (55/32), altitude 1700 m, au delà de Kharanak.

Cet important gisement de magnétite, découvert en 1941, est situé à 48 km au Sud de la dite localité, en marge du Desht-i-Kévir.

Le fait que des roches vertes métamorphiques sont signalées à proximité du gîte de fer et que l'on connaît, d'autre part, la présence dans la région d'un grand massif granitique intrusif permet de considérer Saghend comme un gisement de contact, mésozoïque comme les magnétites de Bafk. Les réserves en sont évaluées à 11 millions de tonnes; le minerai y est d'excellente qualité:

Tableau no. 16

*Analyses du minerai de Saghend*

Fe	61,9 %	60,1 %	61,8 %
Mn	2,5	0,4	1,2
SiO <sub>2</sub>	4,5	11,1	4,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,3	0,4	1,2
CaO	3,2	1,5	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2	1,5	0,7
S tot.	tr.	0,1	tr.

## Le district de Bafk-Narigan

On dispose grâce aux observations de BOEHNE (122) d'une description géologique de cette région.

Les séries liasiques et crétaciques de tout ce territoire ont été envahies par de nombreuses intrusions mésozoïques granitiques et syénitiques. C'est à ces phénomènes que se rattache la formation de masses de magnétite et d'hématite logées dans les calcaires du Crétacé supérieur. Le Lias était alors également métamorphosé et transformé en quartzites, cornéennes et localement en roches grenatifères (skarns). Les amas de magnétite et d'hématite sont toujours groupés à proximité du contact éruptif. Ils passent latéralement à des calcaires à sidérose, qui sont d'ailleurs superficiellement limonitisés. Tous ces minerais sont manganifères.

Le granite intrusif dans le Lias est plutôt leucocrate, à gros grains. Au Nord de la vallée de Koushk, de même que dans le cours inférieur du val de Narigan, c'est-à-dire, dans la périphérie du massif granitique, se trouvent des éruptifs d'un autre type, tels que syénites microgrenues et diorites à hornblende.

Ce sont plus particulièrement les horizons inférieurs du Crétacé supérieur qui sont riches en amas de magnétite. Ce niveau à schistes marneux verdâtres, alternant avec des calcaires noirs, est fortement disloqué. Les calcaires transgressifs à hippurites qui le surmontent ont conservé leur caractère normal. Ils sont subhorizontaux et se sont déposés après la fin du métamorphisme régional, après la mise en place des différents éruptifs granitiques. L'âge mésozoïque, voire même crétacique, de ces gisements pyrométamorphiques de fer est établi de façon sûre.

*Description de quelques gisements du district de Bafk.*

Narigan (55/31), altitude 1700 m, 40 km au NE de Bafk.

Le minerai de fer affleure sous forme de 2 filons-couches. L'un est long de 1000 m environ et large de 9 m; l'autre est découvert sur 470 m et puissant de 2 m seulement. Ils sont séparés l'un de l'autre par un sill de porphyrite. On estime que c'est à la mise en place de cette roche que remonte le métamorphisme des sédiments calcaires crétaciques qui ont été transformés ici en magnétite, partiellement aussi en hématite et en sidérose.

Des amas de moindre volume existent dans les environs immédiats. Les réserves totales se chiffrent par 1 200 000 tonnes de minerai à 45 % Fe en moyenne.

Tableau no. 17

*Analyses du minerai de Narigan*

Fe	34,0 %	64,8 %
CaO	9,0	?
MgO	6,4	?
Ins.	8,1	3,2
S tot.	tr.	tr.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2	0,1

Lak-i-Siah (55/31), altitude 1800 m, 8 km au NW de Narigan.

Le sommet d'un monticule se compose d'une couronne circulaire de magnétite. L'épaisseur de la couche de minerai est d'une vingtaine de m. La couche affleure sur 300 m, entre le calcaire et l'éruptif. On a noté la présence au pied du monticule de quartzites, de marbres et de skarns. Une intrusion syénitique a pénétré dans ces formations. Dès le contact apparaissent différents amas mineurs de minerai de fer de qualité siliceuse. On a observé, en un point, de gros cristaux d'apatite.

Les réserves globales sont estimées ici à 2,5 millions de tonnes de minerai à 50—60% Fe.

Tableau no. 18

*Analyses du minerai de Lak-i-Siah*

Fe	68,1 %	58,8 %
Mn	1,3	2,4
CaO	0,8	2,7
MgO	—	1,1
SiO <sub>2</sub>	3,4	5,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	2,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	tr.	0,4
S tot.	tr.	0,1

Bafk (55/31), altitude 1700 m, à 15 km du village, en direction de Bahabab.

L'amas principal de minerai, le Tshohart, est un monticule, s'élevant de 150 m au-dessus de la plaine alluvionnaire. Il est composé entièrement de magnétite. La roche éruptive est visible sur le versant Ouest de cette colline: Il s'agit d'une syénite passablement écrasée et enrobée dans un skarn à épidote. Sur le versant Est, l'amas de magnétite plonge sous les quartzites et les calcaires.

Nombre d'intrusions filoniennes basiques recoupent toute cette série métamorphique, y compris l'amas de magnétite.

On a estimé le tonnage de ce gisement à 13 millions de tonnes de minerai à 60 % Fe.

Tableau no. 19

*Analyses moyennes du minerai de Bafk*

Fe	66,1 %	60,6 %
Ins.	1,9	4,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,53
S	tr.	tr.

Zarikan (55/31), altitude 1700 m, au Nord du district. Le gisement est situé à 12 km du village qui lui a donné son nom.

La constitution géologique de Zarikan rappelle celle de Bafk. On y retrouve des phénomènes de contact et de métamorphisme dans les calcaires liés à une intrusion granitique suivie de venues filoniennes basiques. On a également signalé la présence d'amas de magnétite dans le granite même.

Les réserves dépassent 2 millions de tonnes de minerai à 50% Fe.

Tableau no. 20

*Analyses du minerai de Zarikan*

Fe	63,4 %	56,4 %	33,1 %
Mn	0,2	0,2	0,4
CaO	1,9	1,9	3,0
MgO	0,4	0,7	0,6
SiO <sub>2</sub>	3,5	10,4	22,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3	0,9	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3	0,3	0,5
S tot.	tr.	0,2	0,2

## 5. LE KHORASSAN SUD-ORIENTAL

On n'y connaît que des indices mineurs et les informations géologiques à leur égard sont fort concises.

Kouh-i-Bagheh (58/33), dans la région de Ferdows, 6 km à l'Est du gîte d'antimoine de Shourab. Quelques amas d'hématite manganifère sont éparpillés sur un espace de 400 m.

Kouh-i-Hemgan (58/34), 40 km au SE de Gonabad.

On a aperçu 2 couches d'hématite interstratifiées dans les calcaires. Les affleurements sont découverts sur 300 m, orientés E-W et inclinés vers le Nord de 60°.

Bedjertan (58/34), dans la région de Gonabad, est mentionné à cause d'une exploitation d'ocre de fer qui est concédée par le Gouvernement à une entreprise privée.

6. LE GOLFE PERSIQUE<sup>1)</sup>

On a recherché en vain des ressources minérales, autres que le pétrole, dans ces territoires désolés en bordure du Golfe Persique.

Les indices de minerai de fer y sont rares et d'importance très limitée. Le fait qu'ils présentent un intérêt scientifique, de par leur position géologique assez particulière, m'incite cependant à donner quelques détails à leur sujet.

*Situation géologique*

Le fer oligiste est solidaire au Golfe Persique des dômes de sel de la série de Hormouz. Les intrusions de sel antécambrien dans les formations crétaciques et tertiaires sont fréquentes dans tout le Laristan, ainsi que dans les territoires situés entre Shiraz, au Nord, et Bender-Boushir, au Sud. Sur les îles du Golfe Persique, le cœur des anticlinaux est souvent représenté par un massif intrusif de sel gemme.

La mise en place de ces intrusions, échelonnées du Crétacé au Miopliocène, s'est faite en entraînant sur son passage les débris hétérogènes de formations anciennes, dont sans ce phénomène on ne connaîtrait nullement l'existence.

La découverte de trilobites dans certains calcaires foncés dolomitiques a permis de les rattacher au Cambrien (14). Ces mêmes calcaires peuvent être associés à du fer oligiste par le fait qu'ils ont participé à un phénomène de substitution hydrothermale dont on ignore tout des circonstances.

Rappelons en bref le profil de la série de Hormouz, en adoptant la terminologie de RICHARDSON:

La série résiduelle ancienne ou série de Pusht-Tumba.

Cette formation est représentée dans tous les dômes de sel. Elle repose directement sur le sel, sous les sédiments tertiaires. Il s'agit de dépôts détritiques hétérogènes fortement ocrés, qui sont le résultat du remaniement in situ des éléments de la série de Hormouz et des roches éruptives intrusives qui y ont pénétré à diverses époques antérieures à la série de Pusht-Tumba. On y trouve donc des fragments de roches hétérogènes, y compris de l'oligiste. Une matière argileuse, ocreuse et gypsifère les cimente tant bien que mal. Aucune stratification n'est apparente. Ce sédiment s'est formé

---

<sup>1)</sup> Consulter DE BÖCKH (14), FULDA (30, 31), HARRISSON (41, 42), LEES (61), PILORIM (79, 80), RICHARDSON (83, 84).

sur la nappe de sel, au fur et à mesure que le sel était lessivé par les eaux.

La série éruptive comprend des laves, des agglomérats et des tufs rhyolitiques, exceptionnellement des microgranites ou des diorites quartzifères. On la considère couramment comme anté-crétacique.



Figure 31. Pyramide de sel cambrien, région de Shembeh, dans le Deshti.  
Photo LADAME.

La série sédimentaire ancienne est composée de calcaires dolomitiques à trilobites (Cambrien moyen ou supérieur), de schistes noirs, fétides, parfois jaunâtres, et rarement de quartzites. On y voit de temps en temps quelques blocs d'oligiste.

Le sel gemme constitue la base du profil de la série de Hormouz. Les bancs de sel grisâtre, toujours bien zonés, sont d'épaisseur variable et séparés par des lits très minces d'argile ferrugineuse. Les montées de sel se sont faites à partir du Crétacé supérieur (calcaires à hippurites), dans les anticlinaux, exceptionnellement dans

les zones de fractures profondes. Tel un glacier, le sel s'est déversé sur le flanc de la montagne, poussant une moraine frontale devant lui et encadré de moraines latérales (v. figure 31).

La série résiduelle récente est un dépôt détritique argilo-gypseux, fortement ocré et chargé de paillettes d'oligiste. Elle est en voie de formation à la surface du sel. Ses éléments hétérogènes sont empruntés à l'ensemble de la série de Hormouz, ainsi qu'à la formation résiduelle ancienne. Les débris d'oligiste ont pu y être remaniés et concentrés au point de constituer localement de petits gîtes de fer.

#### *Description de gisements*

L a r a k (56/26), une île située près de 40 km au S de Bender-Abbas. Ses dimensions sont de 12 km sur 7 km.

Le centre de l'îlot (altitude = 140 m) est formé par un dôme de sel. On y a reconnu les formations suivantes:

Des dépôts quaternaires fluviatiles et marins avec des concentrations restreintes de paillettes d'oligiste.

Des sédiments pliocènes, tels que calcaires à lamelli-branches, à Pecten et à Clypeaster, à la base desquels se rencontre parfois un conglomérat composé de blocs de tuf rhyolitique et de fragments d'oligiste.

C'est une série subhorizontale, sauf les cas nombreux où les sédiments pliocènes se sont déposés sur le sel. Ils ont alors participé à la désagrégation de la nappe de sel sous-jacente et pris des orientations extraordinaires.

Le Fars supérieur est représenté par des calcaires très fossilifères, entrelardés de marnes verdâtres. On peut observer une substitution des calcaires de la base du Fars supérieur, au contact des blocs d'oligiste de la série résiduelle ancienne ou Pusht-Tumba.

C'est ainsi qu'il a pu se former dans le Fars supérieur de petits gîtes d'hématite secondaires aux dépens des calcaires.

Pratiquement, la valeur économique de ces gîtes de fer du Golfe Persique est donc toujours fonction de phénomènes d'enrichissement par sédimentation, qui se sont réalisés aussi bien dans les conglomérats de la base du Pliocène, que dans les dépôts de la formation résiduelle ancienne et présentement dans les alluvions marines (v. figure 32).

Il faut néanmoins mentionner les gîtes dont l'origine doit être recherchée dans un phénomène de substitution des calcaires du Fars supérieur.

On rencontre côte à côte ces différents types de gîtes. A Larak, par exemple, ce sont les gîtes de substitution et les concentrations d'oligiste dans le Pusht-Tumba qui ont le plus d'importance.

Les réserves en ont été évaluées à 5 millions de tonnes de minerai dont la qualité n'est pas bonne et fortement siliceuse.

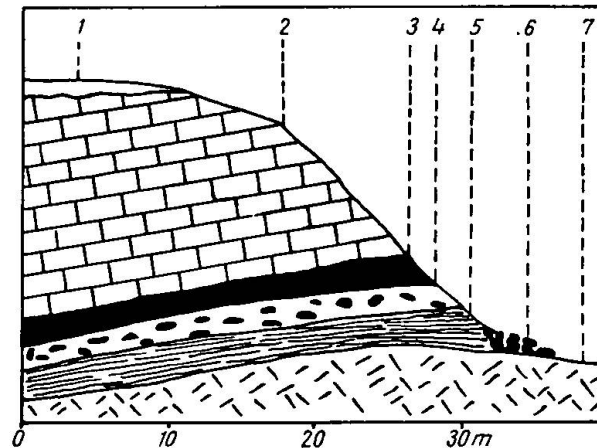


Figure 32. Profil schématique des gîtes d'hématite du Golfe Persique, par G. LADAME.

- 1) dépôts quaternaires;
- 2) calcaires du Fars supérieur (miocène sup.);
- 3) hématite de substitution dans ces calcaires;
- 4) série de Pusht-Tumba, blocs d'hématite;
- 5) série de Pusht-Tumba, gypse et argile ferrugineuse;
- 6) dépôts quaternaires, placers et éboulis d'hématite;
- 7) série de Hormouz, gypse et sel.

Hormouz (56/27), 15 km au Sud de Bender-Abbas, est une île circulaire. Son diamètre ne dépasse guère une dizaine de km.

C'est le siège d'une exploitation d'ocre de fer qui se fait d'une façon primitive pour le compte du Gouvernement. Les amas paraissent appartenir à la formation résiduelle ancienne. Ils proviennent du remaniement et de l'altération de minerai d'oligiste. Ils sont recouverts de sables et de galets cimentés par du gypse et du sel. Ces dépôts horizontaux récents ont une épaisseur de 20 à 30 m.

L'exploitation du minerai d'ocre est réalisée à ciel ouvert (figure 33).

En 1937, on avait évalué les réserves à 350 000 tonnes de minerai titrant 65—84 %  $Fe_2O_3$ .

Cette ocre brute est une marchandise d'exportation appréciée, dont l'écoulement a toujours été assuré.

De 1935 à 1938, les expéditions annuelles ont été de 5000 à

6000 tonnes. De 1939 à 1941 les expéditions ont passé progressivement à 15 000 et 20 000 tonnes.

**F a r o u r** (54/26). Cet îlot est situé 35 km au Sud de Ras-i-Bostaneh, à l'Ouest de Bender-Lengueh. Il est de forme ovale et mesure 7,5 km sur 5 km.



Figure 33. Ile de Hormouz, vue de l'exploitation d'ocre de fer, cliché LADAME.

Le minerai de fer s'y rencontre:

en galets d'oligiste roulés dans les alluvions récentes;

en hématite de substitution dans les calcaires;

en concentrés d'oligiste dont les couches atteignent 1,5 m d'épaisseur, dans la série résiduelle récente;

en galets et concentrés d'oligiste dans le Pusht-Tumba, à la base du Fars supérieur.

Les évaluations des réserves faites en 1940 sont parvenues à 0,5 million de tonnes de minerai à 55 % Fe.

**D e h n o w** (54/26), altitude 80 m, sur le flanc Nord du Tshah-i-Varsangh. On y voit des imprégnations d'oligiste dans les quartzites de la série de Hormouz. Le remaniement et l'érosion de ces roches a provoqué un certain enrichissement de l'oligiste dans les alluvions.

#### 7. LE BELOUTSHISTAN OCCIDENTAL

Les missions itinérantes de prospection qui ont circulé dans le Béloutshistan en 1938, puis en 1941, n'ont signalé que des indices de minerai de fer dénués d'importance pratique. Les informations géologiques à leur sujet sont pratiquement nulles.

Je me contenterai d'en citer quelques uns:

Kanna (57/26), de même qu'Ispirhindj, Kelingheh, Feghte h, etc., à une soixantaine de km du littoral, sont des localités qui possèdent de petits amas d'hématite alignés en chapelet.

Kouh-i-Koushada (57/26), à 70 km du littoral. Un affleurement d'hématite lié au contact de serpentines et de roches argilo-gréseuses y a été incidemment observé.

Skomahari (57/26), 40 km au NE de Kaydi: C'est une région de contact entre éruptifs basiques et calcaires, avec des affleurements d'hématite et de sidérose.

### Chapitre VII. Le manganèse <sup>1)</sup>

La description des gisements de fer et les nombreuses analyses que j'y ai jointes pour préciser le caractère chimique des minerais de Semnan, Khangaradash, Bafk, etc., ont démontré que ces minerais sont tous manganifères, à raison de 1 à 3 % Mn.

Il n'existe par ailleurs en Iran qu'un seul gîte de pyrolusite, à part un indice mineur:

Robatkarim (51/35), altitude 1650 m, au SW de Téhéran.

Un filon éparpillé de pyrolusite affleure à l'Ouest de cette localité, dans les andésites tertiaires. Il est orienté NW-SE et plonge de 60° au NE.

Les travaux miniers que l'on y a faits depuis 1939 ont permis d'évaluer la puissance du filon à 8 m, en moyenne, et sa longueur à 120 m. Le tonnage de minerai est estimé à 15 000 tonnes.

Le filon se coince aussi bien en direction qu'en profondeur et l'on a perdu l'espoir de déceler des réserves plus étendues.

Tableau no. 21

#### *Analyses du minerai manganifère de Robatkarim*

Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
44,5 %	4,8 %	2,1 %	4,3 %	7,0 %	8,7 %
46,1	3,7	1,6	5,5	6,4	10,3
46,5	12,6	3,9	4,7	1,8	8,4

Ce gisement est d'origine épithermale. Son orientation et sa position dans un massif andésitique tertiaire permettent de le considérer comme alpin.

Sargas (57/28), altitude 1800 m, dans le Sud des monts Bahrasman.

<sup>1)</sup> Consulter STAHL (111).

On a découvert en 1940 une couche de minerai manganifère de 1 à 2 m de largeur, orientée NW 325° et plongeant de 25° à l'Ouest. Un échantillon prélevé à l'affleurement a donné 35,6 % Mn et 5,8 % Fe.

### Chapitre VIII. Le mercure <sup>1)</sup>

Les indices de mercure de la région de Zarehshouran sont signalés dans la littérature. La rencontre occasionnelle de cinabre dans le minerai d'orpiment qu'on y exploite est un fait dont l'exactitude a été reconnue.

Yarazis (47/36), altitude 1800 m, 4 km au Sud de Zarehshouran, a fourni une centaine de g de mercure qui s'était accumulé goutte à goutte dans les fissures de grès miopliocènes. En 1940, une enquête approfondie sur ce gisement est restée sans succès.

Il s'agit apparemment d'un cas d'imprégnation isolé, étroitement limité.

On m'a signalé à 10 km au Sud de Yarazis, aux environs de Shirmard, un cas identique, dans les basaltes.

L'origine néogène et épithermale de ce mercure est évidente.

### Chapitre IX. Le molybdène

J'ai mentionné précédemment, au chapitre V, page 208, le gisement de molybdène du Goulantshay, qui est pour l'instant le plus important que l'on connaisse en Iran. Il en existe quelques autres dont l'intérêt est strictement documentaire.

Goulan (46/38), altitude 1200 m, à 7 km de la frontière russe, dans le Karadag septentrional.

Quelques filons de quartz sont disposés dans un massif granitique antétertiaire. La minéralisation est essentiellement cuprifère. Les teneurs en molybdène déterminées sur une trentaine d'échantillons différents varient entre 0,2 et 0,8 % Mo.

Goulan est doté d'une paragenèse d'origine mésothermale comprenant la pyrite, la chalcopirite aurifère et la molybdénite. C'est une association qui est fréquemment signalée en Transcaucasie russe.

Ce gîte est oligomiocène.

Kalékafi (54/33), altitude 1300 m, 50 km à l'Est d'Anarak, dans les monts Djafari et Khouni.

Le granite dans lequel sont logés les filons de Kalékafi est leucocrate, à grain fin et probablement mésozoïque. Il a été forte-

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), STAHL (111), TIETZE (115).

ment diaclasé. Ces fissures sont orientées NW 325°. Un bon nombre d'entre elles sont remplies de quartz. Ces petits filons ont une largeur de quelques cm. Le principal atteint 20 à 30 cm et affleure sur 320 m.

On y a trouvé en affleurement de beaux échantillons de wulfénite. La plupart des échantillons contenaient du molybdène (0,3 à 5,6 % Mo).

La paragénèse du gîte de Kalékafi se compose de chalcopryrite aurifère, de pyrite, de molybdénite et de galène. Cette métallisation, accomplie à température relativement élevée, paraît être mésozoïque.

Zarika n (55/31), altitude 1700 m, sur le territoire de Bafk (v. chapitre VI, page 261).

On a découvert un peu de wulfénite et de galène dans une gangue de quartz constituant ensemble le remplissage de quelques fissures du granite qui a provoqué des phénomènes de pyrométamorphisme dans la région.

L'origine de cette minéralisation est-elle pegmatitique ou simplement le fait de solutions hydrothermales chaudes? Les renseignements disponibles ne permettent pas d'en décider. On peut la considérer comme mésozoïque.

Lahgrighineh (51/33), altitude 2250 m, 3 km au Nord de Natanz, à proximité du hameau d'Oudeh.

J'ai recueilli en 1941 quelques échantillons de quartz semé de grosses paillettes de molybdénite dans certaines diaclases minéralisées d'un granite à biotite. L'orientation de ces fissures était NE 30°. Leur remplissage est d'origine pegmatitique (quartz, chalcopryrite et molybdénite) et vraisemblablement mésozoïque.

Ramon (57/29), altitude 1800 m, dans les montagnes du Sud-Bahrasman, en aval de Dohoun.

Le massif granitique fortement diaclasé comprend de nombreuses cassures filoniennes, orientées NW 280°, à remplissage de quartz pegmatitique généralement stérile. L'un de ces filons, large de 40 cm, est pourvu, par exception, de mouchetages de molybdénite.

## Chapitre X. Le nickel <sup>1)</sup>

### Le district d'Anarak

Les indices nickélifères sont limités aux monts Tshahshoureh et aux gisements polymétallifères de Meskani, Sébarz et Talmessi (v. à ce sujet le chapitre IV, page 196, et le chapitre V, page 238).

<sup>1)</sup> Consulter SPIES (96), STAHL (111), TIETZE (115).

Ces métallisations sont paléogènes. Elles paraissent liées aux serpentines, en ce sens que les fissures de ces roches ont subi parfois un remplissage nickélique d'origine mésothermale. La nickéline et la chloanthite sont associées à une gangue de barytine; on les trouve également sans gangue aucune dans les veines mineures. Quelques minéraux cuprifères et cobaltifères apparaissent généralement sur ces affleurements, sous forme de malachite et d'érythrine, qui s'ajoutent localement aux efflorescences d'annabergite.

Mes k a n i (53/33), altitude 1350 m, 31 km à l'Ouest d'Anarak.

L'exploitation de certains massifs privilégiés a fourni annuellement, de 1939 à 1940, une vingtaine de tonnes de nickel, sous forme de minerais complexes cobaltifères et nickélicifères.

Tableau no. 22

*Analyses des minerais nickélicifères de Meskani*

	minerai choisi	échantillons du stock	
Ni	2,80 %	13,8 %	4,9 %
Co	14,94	2,0	17,7
Cu	35,60	n. déterm.	n. déterm.
As	34,71	"	"
Fe	1,09	1,1	"
S	2,10	1,7	"

L'examen du minerai de Meskani en vue de sa concentration a démontré que l'accumulation de Ni et Co dans les concentrés de cuivre était si minime qu'il ne fallait pas songer à en faire la séparation.

T a l m e s s i (53/33), altitude 1420 m, 35 km à l'Ouest d'Anarak.

De 1937 à 1941, il y a eu une petite production de matte de nickel provenant du traitement de certains minerais qui étaient alors fondus sur place dans un four à réverbère.

Le triage donnait à l'époque 3 catégories de minerais nickélicifères: un premier choix à 10% Ni, un deuxième et un troisième choix relativement cuprifères.

Talmessi est parvenu à livrer annuellement environ 1000 tonnes de minerai à 10% Ni. Rappelons ici que l'ensemble de l'extraction de ce gisement titre en moyenne 0,07% Ni et 0,5% Cu. Seul le minerai provenant des fissures, avec un remplissage de nickéline massive, était accessible au triage et propre à constituer un stock de minerai de cette qualité.

S é b a r z (53/33), altitude 1470 m, 41 km au Nord d'Anarak.

Le minerai de ce petit gîte filonien est une association étroite

de chalcosine, de nickéline, de pyrite et de galène titrant en moyenne 0,6 à 0,8 % Ni. Il ne saurait être soumis à un triage à la main.

Tableau no. 23

*Analyses du minerai de Sébarz*

Minerai choisi	13,4 % Ni	22 g/t Ag	
„ „	20,3	18	
„ pyriteux	0,4	6	1 g/t Au

Goudeh morat (53/33), altitude 1650 m, 54 km au NW d'Anarak.

Cette localité est située dans le même complexe géologique que Sébarz, une dizaine de km à l'Ouest de ce gîte.

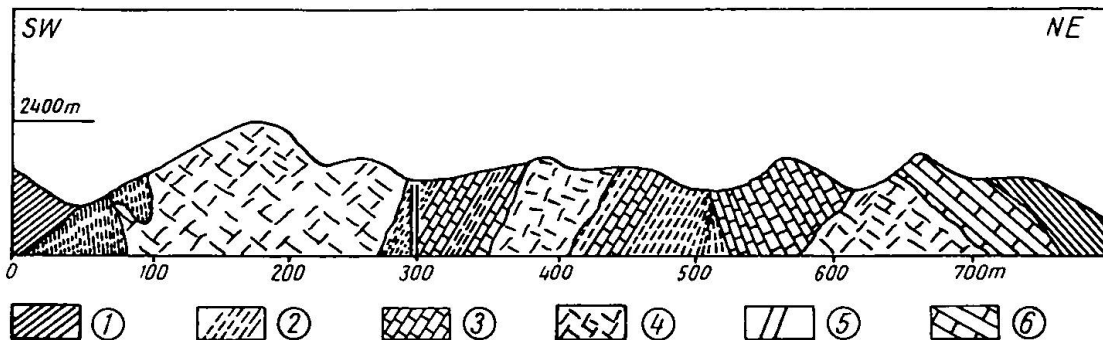


Figure 34. Coupe géologique de l'anticlinal de Goudeh morat, district d'Anarak, par G. LADAME. — (1) série gypsosalifère; (2) micaschistes paléozoïques; (3) calcaires cristallins paléozoïques; (4) intrusions ultrabasiques (serpentes); (5) dikes de diabase; (6) calcaires à hippurites.

J'ai noté dans un profil (v. figure 34) la situation géologique de cette chaîne de montagne.

On observe de gros paquets de serpentine dans les chloritoschistes et les calcaires cristallins anciens qui constituent le noyau d'un anticlinal tertiaire.

L'orientation de ces formations est NW 310°. Elles sont en contact tectonique les unes avec les autres et ont été manifestement sollicitées à diverses époques par des mouvements orogéniques.

Des indices nickélicifères existent dans les zones mylonitisées, au contact des calcaires et des micaschistes, sous forme d'efflorescences d'annabergite. Le minerai frais se compose de nickéline et de chloanthite.

Tsheshmehabishour (53/33), altitude 1600 m, dans la prolongation des indices de Goudeh morat.

J'ai relevé en différents points (v. figures 35, 36, 37), éparpillés sur plus de 2 km, la disposition particulière de ces minéralisa-

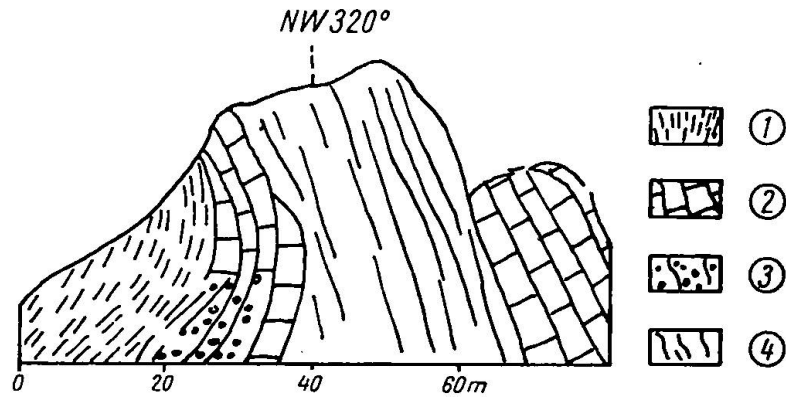


Figure 35. Gîte nickélique de Tsheshmehabishour, district d'Anarak, croquis géologique par G. LADAME. — (1) chloritoschistes; (2) calcaires cristallins; (3) minerai nickélique; (4) calcaires disloqués.

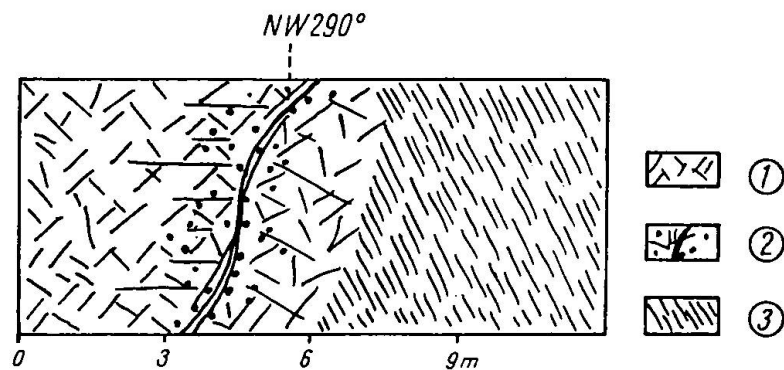


Figure 36. Gîte nickélique de Tsheshmehabishour, district d'Anarak, croquis par G. LADAME. — (1) serpentines broyées et minéralisées; (2) minerai nickélique; (3) phyllites paléozoïques.

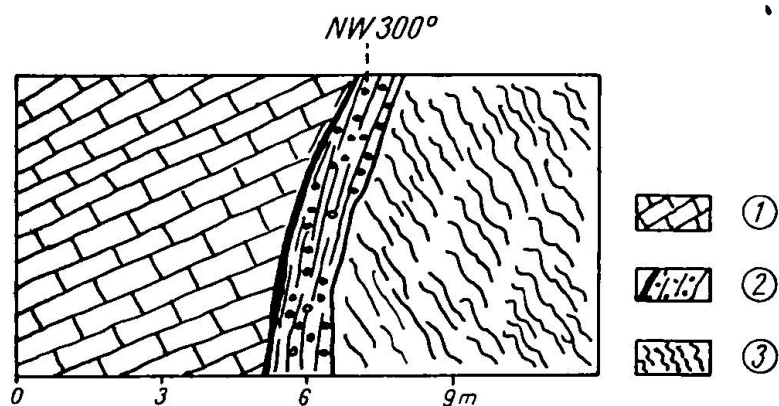


Figure 37. Gîte nickélique de Tsheshmehabishour, district d'Anarak, croquis par G. LADAME. — (1) calcaires cristallins; (2) minerai nickélique; (3) schistes graphitiques.

tions nickélifères qui avaient fait l'objet de recherches superficielles assez étendues en 1938. Les résultats en ont été décevants.

Dans la galerie 3, par exemple, la minéralisation nickélifère est visible sur les premiers 50 mètres. La puissance de la veine est de 6 à 8 cm. Elle passe exceptionnellement à 25 cm. Les derniers 10 m de la galerie sont absolument stériles.

Tableau no. 24

*Analyses du minerai nickélifère de Tsheshmehabishour*

minerai trié	7 à 20 % Ni	0,3 à 1,4 % Co
fines sur haldes	4,9 % Ni	0,2 % Co
éponte du filon 2	0,9 % Ni	
serpentine, au toit du filon 2	0,07% Ni	
échantillon moyen du filon 2	1,2 % Ni	

Tsheshmekarim (53/33), altitude 1640 m, au SE de Goudehmarat.

La minéralisation nickélifère particulièrement discontinue s'est localisée dans un contact mylonitisé, orienté NE 70°, plongeant de 50° à l'Ouest, entre les serpentines et les chloritoschistes.

Tableau no. 25

*Analyses du minerai nickélifère de Tsheshmekarim*

échantillon moyen, galerie 4 =	1,13 % Ni	1,17 % Cu
serpentine, au mur du filon =	0,07 % Ni	0,07 % Cu

A Tsheshmehsendjid, un contact tectonique entre schistes psammitiques et serpentine est également pourvu d'efflorescences nickélifères.

Neyval (53/33), altitude 1650 m, 12 km à l'Est de la mine de Talmessi.

On se trouve, comme auparavant, dans un massif ancien, composé ici de schistes psammitiques. Leur orientation est NW 320°, avec un pendage Sud de 45°. Une fracture filonienne, disposée NE 60°, est pourvue d'un remplissage de quartz avec incidemment un peu de nickéline.

**Chapitre XI. L'or <sup>1)</sup>**

Il existe en Iran de nombreux et importants gisements de pyrite, dépourvus pour le moment de toute importance économique; on y a recherché de l'or en vain.

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), SPIES (96), STAHL (111), TIETZE (115).

Ce métal précieux est en revanche présent dans la chalcopryrite. J'ai reproduit, au chapitre V, de nombreuses analyses de minerai de cuivre et relevé à maintes reprises des teneurs en or. Elles sont de l'ordre de 1 à 2 g/t Au dans les minerais chalcopryriteux à 3% Cu.

Des missions pour l'étude des régions pourvues d'alluvions aurifères ont été organisées officiellement de 1935 à 1942. Les conclusions en ont été négatives dans l'ensemble.

Zarehshouran (47/36), altitude 2300 m, dans l'Afshar.

On a mentionné la présence d'alluvions aurifères en aval du village. J'y ai moi-même observé des amoncellements de graviers sur les deux rives, qui sont considérés comme des résidus de lavage d'or, pratiqué à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par une entreprise anglaise. La question n'a, en définitive, jamais été vérifiée et l'on ne sait pas à quoi s'en tenir.

Ke vend (48/36), altitude 1500 m, 35 km au SWS de Zendjan, est en réalité un gîte de pyrite et d'hématite partiellement limonitisé. Ce minerai réputé aurifère ne renferme que des traces de métaux précieux.

Kouh-i-Zaar (54/35), altitude 1200 m, une vaste plaine alluvionnaire, 80 km au SE de Damghan.

Des placers aurifères y ont été exploités à une époque lointaine, où l'on était parvenu à amener sur place l'eau indispensable à cette industrie.

Le Kouh-i-Zaar est une région désertique et inhabitée: Rien n'y favorise actuellement la reprise de cette ancienne exploitation d'or. Les échantillonnages de 1930, réalisés par une mission officielle, ont donné de 0,2 à 0,3 g Au au mètre cube.

On signale des filons aurifères dans ce même territoire, au Sud de Bahon.

Djiroft (57/28), altitude 1700 m, un plateau alluvionnaire, au Sud des monts Bahrasman. L'examen de sables dans la rivière qui se dirige vers Sargaz et Narab a décelé la présence de paillettes d'or dans certains pans.

#### Le district d'Hamadan

Elwend (48/34), altitude 1800 m, aux environs de Hamadan.

On a là un massif granitique important, considéré (14) comme mésozoïque. Il existe entre Hamadan et Nadjefabad, dans sa couverture cristalline, de nombreux filons de quartz faiblement aurifères.

Des évaluations erronées, tenant sans doute à un échantillonnage défectueux, avaient fait croire jadis à des teneurs en or de 5 à 9 g/t; mais on en est venu, à la suite de nouvelles investigations, datant de 1941, à la conclusion que ni les placers, ni les filons n'ont des teneurs suffisantes pour en justifier l'exploitation.

A s t a n e h (49/33), altitude 1700 m, 27 km au SW d'Arakh.

Au point de vue tectonique la région est comprise dans la zone des «nappes à paléozoïque métamorphique».

Deux gros filons de quartz aurifère, avec des traces de malachite, ainsi que les alluvions de la plaine d'Astaneh, ont été soumis en 1941 à une prospection systématique. Les résultats en sont considérés comme favorables. Aucune évaluation du gisement n'a été faite à ce jour.

#### Le district d'Anarak

K h o u n i (54/33), altitude 1250 m, 55 km à l'Est d'Anarak (v. situation générale du district, p. 235).

Des calcaires métamorphiques dolomitiques, orientés NW 310° et surmontant des schistes psammitiques, sont lardés de filons éruptifs acides. Les calcaires ont été minéralisés d'une façon complexe par imprégnation et substitution. Il s'y est formé plus tard, à la suite de phénomènes d'oxydation et d'enrichissement secondaire, des accumulations de minerai limonitique aurifère. On a trouvé des minerais renfermant à la fois de la cérusite, de la malachite et de l'or, jusqu'à plus de 50 m de profondeur. Ils ont été exploités depuis fort longtemps par les indigènes, soit pour le plomb argentifère, soit pour le cuivre ou l'or. Les investigations récentes n'ont pas décelé des réserves suffisantes pour justifier une extraction rentable. Les teneurs en or varient de 2 à 7 g/t.

K a l e k a f i (54/33), altitude 1200 m, 7 km au Sud de l'ancienne mine de Khouni (v. la description p. 268).

On s'y trouve en présence d'un granite leucocrate à grain fin coupé par un système de diaclases NW 320°, plongeant NE de 70°. Cette dislocation a été suivie d'une métallisation complexe hypothermale, liée à une gangue de quartz. Les fissures filoniennes se coincent rapidement, aussi bien en direction, qu'en profondeur. Un seul filon fait exception par sa longueur de 320 m et sa largeur qui atteint 20 à 30 cm.

Les échantillons prélevés systématiquement ont été analysés avant tout pour l'or, accessoirement pour leurs teneurs en cuivre, plomb et molybdène. Les résultats obtenus sont de 2 à 58 g/t Au et de 3 à 147 g/t Ag.

## Tableau no. 26

*Analyses du minerai complexe de Kalekafi*

1,5 % Cu; 8,7 % Pb; 2,3 % Mo; 4 g/t Au; 95 g/t Ag  
 1,9 % Cu; 8,1 % Pb; 1,7 % Mo; 20 g/t Au; 249 g/t Ag

Badjah-Ghazimi (54/33), de même que Djimini, Tshaft, etc., sont autant de localités dans le district d'Anarak où l'on a signalé des minerais limonitiques aurifères, provenant de l'altération de petits gisements polymétalliques.

**Chapitre XII. Le plomb (argent) et le zinc <sup>1)</sup>**

Le plomb est avec le cuivre le métal recherché et travaillé en Iran depuis l'antiquité. Les minerais de plomb étant fréquemment argentifères, on les a fort souvent exploités dans l'unique intention d'en retirer l'argent.

On observe donc, en de nombreux gisements plombifères, des vestiges miniers étendus provenant des siècles passés.

## 1. L'AZERBEIDJAN

Gumushkaneh (46/38), altitude 2000 m, dans le Karadag méridional (v. la description générale, p. 199).

Un filon de quartz, large de 1 à 3 m, orienté NE 45°, affleure sur près de 70 m dans les micaschistes, à proximité du contact du granite, au pied du Sheyvardagh.

Ce minerai de galène et de blende contient accessoirement un peu de pyrite et de chalcopryrite. Son origine est mésothermale et tertiaire.

Gheptshagh (47/37), altitude 1870 m, 84 km à l'Est de Tabris, sur la route de Mianeh.

La région se compose de roches métamorphiques, envahies par une intrusion dioritique. Plusieurs gros filons de quartz, de 1 à 3 m, orientés N-S et sporadiquement minéralisés, affleurement sur 300 à 500 m, au NE du village.

L'éruptif altéré, apparemment par un phénomène d'endomorphisme, a été partiellement pyritisé.

Ces filons de quartz massif ont été examinés dans l'espoir d'y trouver de l'or. On y a constaté à cette occasion la présence de galène (1 à 3 % Pb) et de blende, incidemment d'un peu de chalcopryrite et, dans un cas, de stibine et de réalgar.

<sup>1)</sup> Consulter BOEHNE (16), DE LAUNAY (66), SCHARIZER (92), SPIES (96), STAHL (102, 111), TIETZE (115), UNTERHÖSSEL (117).

Les filons sont en grande partie stériles. Je les considère comme alpins. La paragenèse indiquée ci-dessus a un caractère épithermal et peu profond.

Djebel Arghoun (47/36), altitude 2400 m, au NE de Tokab, dans l'Afshar, recèle de nombreux indices plombifères.

## 2. LA REGION DE MIANEH-ZENDJAN

Sendjédeh (48/37), altitude 950 m, dans la vallée du Kiziluzen, à 45 km au NE de Mianeh. Cette localité est relativement accessible, à partir de Djahamabad, à l'Est du Kaflankouh, en prenant la piste de Karabolagh.

### *Situation géologique*

On a découvert à Sendjédeh (v. croquis de situation, figure 38), au cours de prospections qui y ont été organisées de 1940 à 1941, 6 filons sur la rive droite de la vallée, et un septième sur la rive gauche. Tous ces filons parallèles, affleurant sur 400 m à 800 m, sont orientés NW 330° et pratiquement verticaux. Les remplissages se composent d'une gangue de quartz imprégnée (par ordre d'importance décroissante) de blende ou de galène, de pyrite et de chalcoppyrite.

Le tout est encaissé dans une roche cinéritique gris-verdâtre, rappelant les «couches vertes» oligocènes de l'Elbourz. Cette formation est orientée Est-Ouest, avec pendage Nord. Elle est recoupée de nombreuses failles transversales, sans rejet appréciable.

Le caractère subvolcanique du gîte de Sendjédeh est masqué par des symptômes de nuance mésothermale, tels, p. ex. le rapport entre la puissance réduite du minerai et sa gangue, qui est de 0,1 à 0,3, ou encore la régularité des fractures filoniennes (800 à 1000 m), chose exceptionnelle en Iran.

La métallisation polymétallique se départage en zones verticales, la galène et la blende s'accumulant aux affleurements, tandis que la chalcoppyrite devient abondante à partir de 100 m de profondeur.

L'âge des filons de Sendjédeh est paléogène; leur minéralisation s'est faite sous des températures modérées.

### *Description des filons*

Le filon no. 1, altitude 895 m, a été reconnu en galerie sur une centaine de mètres. Sa largeur varie entre 0,3 et 0,8 m, tandis que sa puissance réduite ne dépasse pas 10 cm. Le minerai massif titre 10,3% Pb, 6,7% Zn et 8,6% Cu, en moyenne. Le long de l'affleure-

ment, qui se prolonge sur près de 1000 m, les puits de prospection ont mis à découvert, 80 à 100 m au-dessus de la galerie de base, des minerais blendeux et faiblement cuprifères, du type 5,8 % Pb, 18,6 % Zn, 1,8 % Cu.

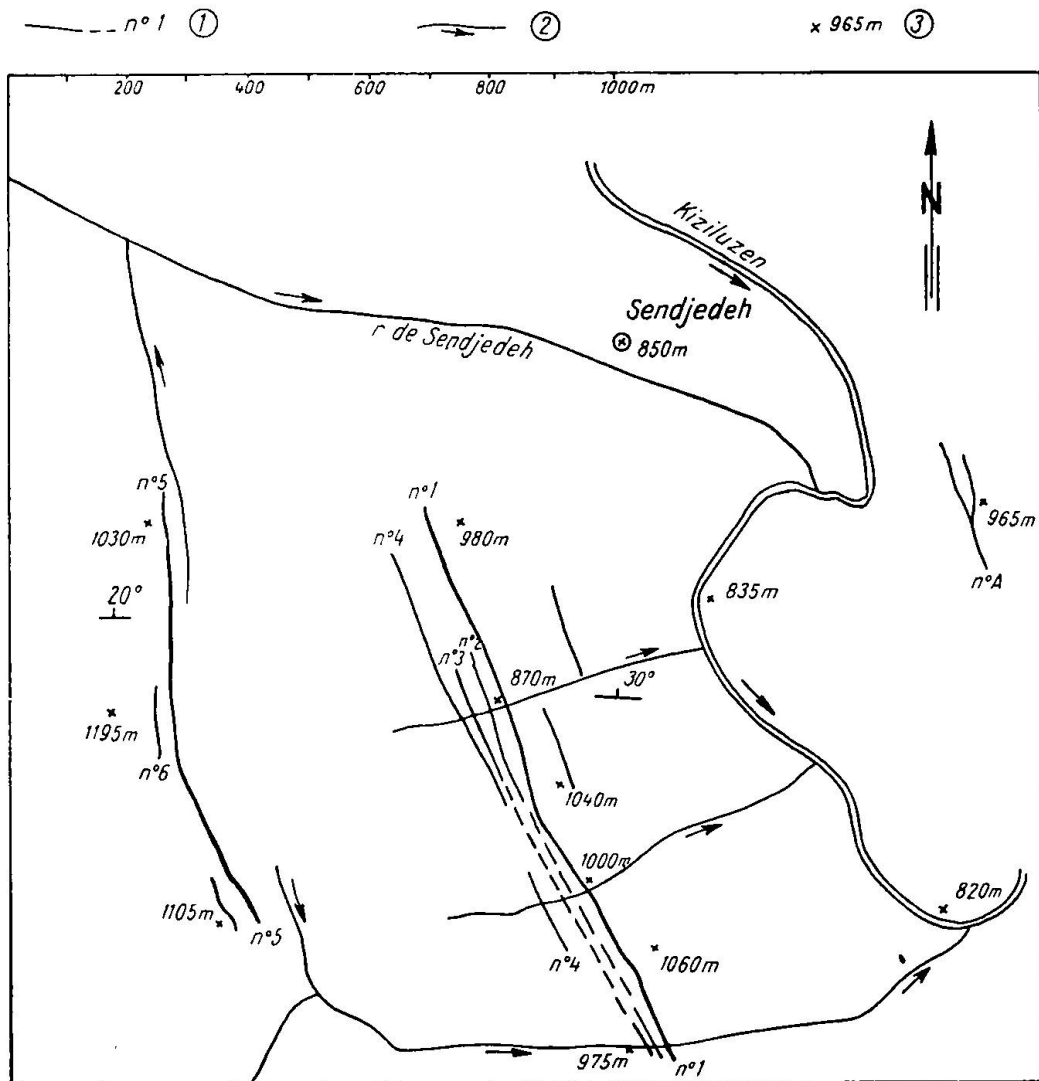


Figure 38. Croquis de situation de Sendjedeh, par G. LADAME. — (1) affleurements et numéros des filons; (2) cours d'eaux et thalwegs; (3) cotes d'altitude.

Le filon no. 2, altitude 1045 m, 48 m à l'Ouest du no. 1. L'examen n'a été effectué que sur quelques m de galerie. Voici les analyses de 3 échantillons:

9,7 % Pb;	7,5 % Cu
2,0 % Pb;	3,8 % Cu
4,6 % Pb;	1,8 % Cu

Le filon no. 5, altitude 1050 m, large de 1 à 2 m, est caractérisé par un minerai essentiellement plombifère.

Sendjédeh a des réserves probables évaluées à 5000 tonnes de plomb et à 3000 tonnes de cuivre. On peut s'attendre à une amélioration des teneurs en cuivre en profondeur.

Uzundareh (48/37), altitude 1230 m, une trentaine de km à l'Ouest de Sendjédeh, 7 km au NW de Karabolagh.

Un certain nombre de filons sont encaissés dans un porphyre dioritique fortement diaclaté en «jeux d'orgues». On y a dénombré 6 affleurements parallèles, sur un espace de 110 m, au fond du cañon de l'Uzundareh, dont les parois forment un à-pic dépassant 200 m de hauteur. L'orientation des veines est Nord-Sud, avec un plongement Ouest de 80°.

Les considérations génétiques sont les mêmes que pour Sendjédeh.

#### *Description des filons*

Le filon no. 1, rive gauche, orienté NW 340°, large de 30 à 40 cm, comprend un remplissage de quartz blanc, avec une minéralisation rubanée de galène, blende, pyrite et chalcopryrite. La roche encaissante est pyritisée. L'échantillonnage a donné 7,2% Pb, 1,2% Cu, Zn non dosé.

Le filon no. 2, rive droite, orienté NE 10°, large de 40 à 60 cm, a une gangue de quartz blanc et une minéralisation rubanée, avec au centre de la blende et de part et d'autre de la galène (4,8% Pb, n. d. Zn, 0,8% Cu).

Le filon no. 3, rive gauche, orienté NW 350°, plongement Est, se présente sous forme de cassures quartzifères ramifiées, imprégnées de sulfures métalliques. Le prolongement Sud (rive droite) en est décalé de 8 à 10 m à l'Ouest par une faille située dans l'axe du ruisseau. La roche encaissante est fortement pyritisée (33,4% Pb, 2,0% Cu, Zn non dosé).

Le filon no. 4, orienté NE 10°, large de 120 cm, se poursuit sans interruption d'un versant à l'autre de la gorge. La minéralisation, liée à une gangue de quartz, est massive, nettement plombifère (22,8% Pb, 1,7% Cu, Zn non dosé).

Le filon no. 5, rive gauche, orienté NE 10°, large de 110 cm, est situé à quelques mètres du filon no. 4. La minéralisation rubanée a le même caractère que dans celui-là. L'échantillonnage a donné 5,3% Pb, 9,7% Zn, 0,6% Cu.

Il n'est pas possible d'articuler de chiffres pour les réserves en plomb et en cuivre d'Uzundareh.

Lavin (48/36), altitude 1900 m, dans le Tarom, 2 km au Sud de Lobanzardeh. Quelques veines parallèles, à minéralisation complexe, y sont signalées. On ne leur a accordé aucune importance économique.

Tableau no. 27

*Teneurs moyennes du minerai de Lavin*

2 à 10	% Pb
1 à 8	% Zn
40 à 130	g/t Ag
tr. à 2	g/t Au

3. LA REGION DE SAVEH-KAZVIN-TEHERAN

Ghataraghatsh (49/34), altitude 1800 m, entre Arak et Sarouk, 9 km à l'Est de cette dernière localité.

On nous a indiqué quelques gros filons de quartz, faiblement minéralisés, dans un calcaire foncé crétacique (?).

Ce gîte paraît être d'origine épithermale et tertiaire.

Aliabad (49/36), altitude 1700 m, au Sud de Roudbar.

L'ensemble de ce territoire est constitué par des porphyres andésitiques plus ou moins vacuolaires. On y a vu un certain nombre de veines plombifères, à gangue de calcite, avec accessoirement un peu de chalcopyrite.

Balakouh (49/37), altitude 2100 m, dans le Haut-Guilan, en amont de Massouleh.

J'ai effectivement remarqué des traces de minéralisation plombifère dans un calcaire dolomitique brunâtre mésozoïque. Ce phénomène épithermal est subordonné à quelques cassures, orientées NE 40°.

Un échantillon choisi a donné 24 % Pb, 9 % Zn et 240 g/t Ag.

Kalak (51/35), altitude 1650 m, dans l'Elbourz, au Nord de Keredj.

Deux filons à gangue de barytine, légèrement plombifères, affleurent dans les andésites paléogènes. Ils ont été observés sur environ 2 km.

Il s'agit d'une minéralisation épithermale, probablement subvolcanique et paléogène.

Mikhsas (51/36), altitude 1880 m, dans l'Elbourz central, au Sud de Pol-i-Zogal.

Les affleurements de fluorine violacée, légèrement plombifère,

que l'on m'a montrés à Mikhsas, apparaissent sous forme de petits amas de substitution, dans un calcaire foncé carbonifère. Ils sont liés à un système de cassures mal défini. La minéralisation est hétérogène: J'y ai observé, outre la fluorine, de la calcite, du quartz, de la sidérose et quelques sulfures métalliques, de la galène en particulier.

J'ai considéré cette minéralisation comme épithermale et tertiaire (?).

Tableau no. 28  
*Analyses de la fluorine de Mikhsas*

Ca F <sub>2</sub>	19,0 %	14,7 %	46,6 %
SiO <sub>2</sub>	39,2 %	13,3 %	13,4 %
CaCO <sub>3</sub>	24,7 %	55,7 %	2,2 %
PbS	présent	présent	présent

P a s k a l e h (51/35), altitude 1600 m, au Nord de Téhéran, dans la montagne de Shimran.

Les andésites paléogènes sont pyritisées sur un large espace. Ce phénomène doit être subvolcanique et le fait de solutions hydrothermales de température modérée.

On y a découvert, il y a bien des années, un amas de minerai massif et complexe, dont la composition répond approximativement à l'analyse suivante:

18,3 % Pb, 26,4 % Zn, 2,1 % Cu, 750 g/t Ag et 6 g/t Au.

Les réserves sont trop limitées pour que l'on songe à l'exploitation de ce gisement.

S h a h a b d u l a z i m (51/35), altitude 1300 m, une dizaine de km au SE de Téhéran, dans l'Anti-Elbourz de Rivière (90).

Les métallisations de ces collines sont aussi connues sous le nom de B i b i s h a r b a n o u, qui est celui du sanctuaire établi sur le flanc méridional. Elles ne présentent qu'un intérêt scientifique.

Des fractures se sont formées au contact anormal du Trias et de l'Anthracolithique: Certaines d'entre elles sont pourvues d'un remplissage de quartz ferrugineux et plombifères, accompagné ou non de barytine et de chalcopryrite.

C'est au granite mésozoïque de Doshantapeh que l'on rapporte cette minéralisation mésothermale.

#### 4. LE KHORASSAN

Les indices plombifères sont incontestablement nombreux dans toute cette province. Certains sont en exploitation, d'autres sont délaissés depuis longtemps pour des motifs mal connus. On ne pos-

sède pratiquement aucune information technique circonstanciée sur toutes ces affaires, de sorte que je dois me borner à en faire une énumération dépourvue de commentaires.

A r s a k (54/36), altitude 1250 m, dans la vallée de Touyeh, entre Semnan et Damghan, est le siège d'une mine en exploitation. Les minerais carbonatés sont fondus primitivement sur place au charbon de bois.

A k h l o u m e d (58/36), sur la route Meshed-Kalateh.

Il s'agit d'un filon de galène, orienté NW 270°, encaissé dans les calcaires jurassiques.

Ce petit gîte est également en exploitation primitive depuis fort longtemps.

T a b b a s (57/34), altitude 1100 m, dans le Desht-i-Kévir central.

Des indices plombifères, relativement étendus, sont groupés sur ce territoire. Ils ont été explorés depuis des siècles par les habitants et exploités par intermittence.

On signale, p. ex., 2 filons-couches puissants de 1,5 m à M a d e n - i - G h a l e h. Ils affleurent sur environ 150 m, dans un calcaire d'âge indéterminé. Le minerai se compose de galène et de blende.

Des gîtes de substitution dans les calcaires du même type se trouvent à D a h a n e h - B i s h e g u i, ainsi qu'à T e u k a l h a r e t i et à U s b e h k o u h.

##### 5. LA REGION D'ISFAHAN-KASHAN

Il existe un bon nombre de substitutions plombifères dans les calcaires des environs de l'ancienne capitale de la Perse.

Ces minéralisations sont toujours d'une densité très faible. Elles comprennent de la galène, de la blende, accessoirement de la pyrite et de la chalcopyrite. Leur caractère est épithermal et cryptobato-litique.

Des fissures datant de l'orogénèse alpine paléogène ont servi de voies d'accès à des solutions hydrothermales, dont l'action a été trop dispersée pour offrir aujourd'hui un intérêt pratique.

Faisant suite à de petits grattages exécutés dans les temps passés, une campagne de prospection datant de 1942 a fourni de nombreuses précisions sur les indices métallifères de toute cette région.

B e l m e t s h e h (51/32), altitude 1620 m, 14 km au NW de Nadjefabad, à l'Ouest d'Isfahan.

Ce sont les calcaires nummulitiques du Kouh-i-Sormeh qui ont subi une substitution plombifère; elle s'étend sur un espace de 180 m de long sur 15 m de large.

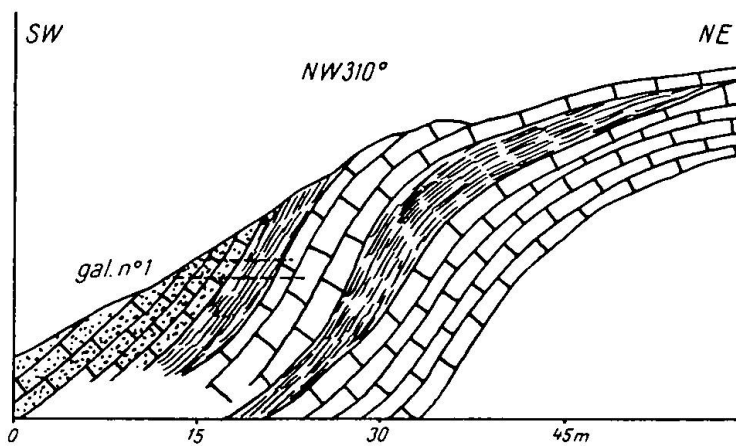


Figure 39. Croquis géologique du gîte de galène et de blende de Belmetsheh, par G. LADAME.

La situation géologique a été esquissée dans un profil (v. figure 39). On voit l'existence de 2 systèmes de fractures superficielles, orientés respectivement NW 310° et NW 270°. Les cassures ont été jointées par de la calcite, accompagnée d'un peu de galène et de blende. La substitution du calcaire s'est faite à partir de ces veines de calcite: Elle est de faible concentration (v. figure 40).

Les réserves de Belmetsheh sont évaluées à 60 000 t de minerai à 4,5 % Pb et 3,4 % Zn.

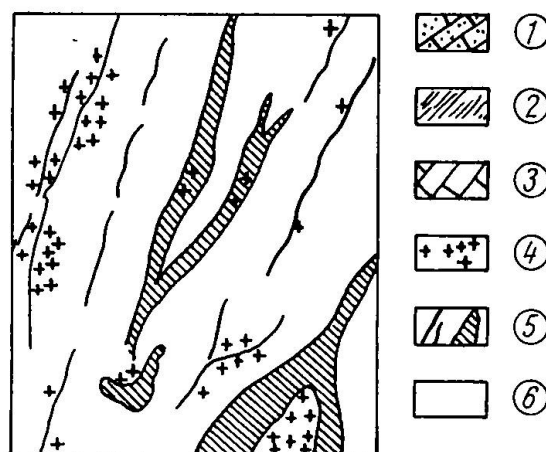


Figure 40. Disposition de la minéralisation de Belmetsheh, par G. LADAME. (1) calcaires à nummulites; (2) zones calcaires mylonitisées; (3) calcaires foncés albo-aptiens; (4) nodules de galène et de blende; (5) remplissages de calcite; (6) roche encaissante.

Kouh-i-Sorkh (51/32), altitude 1640 m, 6 km à l'Est de Belmetsheh.

C'est la répétition du même phénomène de substitution qui s'est fait ici dans un calcaire albo-aptien.

Les réserves sont de 25 000 t de minerai à 4% Pb.

Kouh-i-Vadjil (51/32), altitude 1630 m, 9 km au NW de Belmetsheh, dans la même série géologique et la même chaîne de montagnes.

Des calcaires albo-aptiens à veinules de calcite renferment un grand nombre d'amas de substitution plombifères et zincifères, répartis sur 2500 m carrés.

W. BIRCHER (122) a déterminé dans ces calcaires *Pectunculus sublaevis* Sow. et différentes orbitolines.

Bagh-i-Abishem (51/32), altitude 1550 m, 23 km au Sud d'Isfahan.

Les indices plombifères sont signalés dans ces montagnes sur une étendue dépassant 10 km, à l'Est de Gardaneh Ab-i-Nil. La situation géologique (v. figure 41) est exprimée dans une coupe transversale de ces collines.

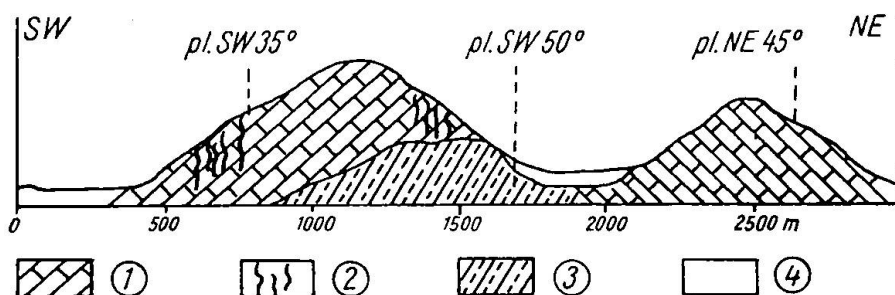


Figure 41. Coupe géologique des collines de Bagh-i-Abishem et situation des gîtes plombifères, par G. LADAME. — (1) calcaires foncés albo-aptiens; (2) minéralisations; (3) phyllites paléozoïques; (4) dépôts quaternaires.

Des venues hydrothermales ont silicifié les calcaires albo-aptiens et provoqué localement la formation de petits amas plombifères de substitution.

Les grattages de prospection, répartis sur 2 km, ont montré clairement que cette métallisation n'a aucune continuité: On saute d'un amas minéralisé (diamètre 8—10 m) au calcaire stérile.

Une galerie tracée en un point favorable n'a recoupé sur 30 m que 3 m de minerai à 4% Pb.

Ce même phénomène s'est produit à Tshahabinil, à Haft-djehi, etc.

Darehamri (51/33), altitude 2700 m, au Sud de Kohroud, dans la région de Kashan.

On y a rencontré quelques indices de galène dans les calcaires. Les analyses de ce minerai ont donné de 11 à 60 % Pb et 30 à 90 g/t Ag.

Kouh-i-Konsek (51/33), altitude 2345 m, 2 km au Sud du village de Komshetsheh, dans les montagnes s'élevant à l'Est de Targh.

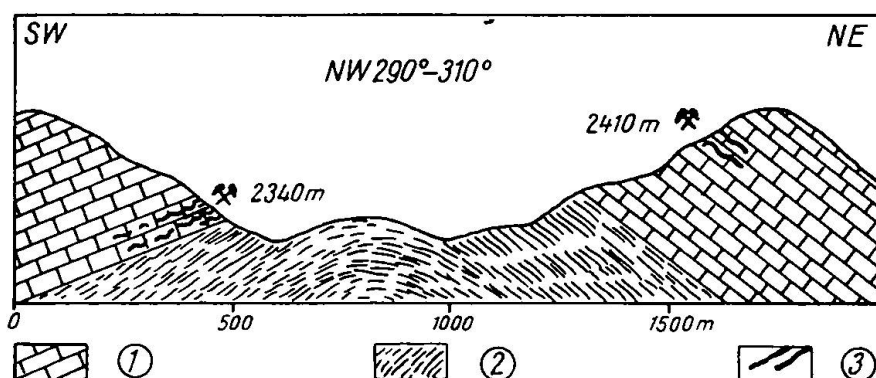


Figure 42. Coupe géologique du Kouh-i-Konsek, par G. LADAME. — (1) calcaires foncés albo-aptiens à veinules de calcite; (2) schistes gréseux liasiques; (3) minéralisations plombifères.

J'ai figuré la situation géologique dans un profil (v. figure 42).

Les calcaires albo-aptiens à veinules de calcite sont riches en orbitolines. W. BIRCHER (122) y a reconnu *Orbitolina subconca* et *Orbitolina discoidea*.

Cette formation surmonte des grès et des marnes liasiques.

Les calcaires sont largement silicifiés et dolomités. Ces mêmes venues hydrothermales y ont déposé de la fluorine, de la barytine et du quartz, auxquels viennent s'ajouter quelques sulfures métalliques, entre autres de la galène.

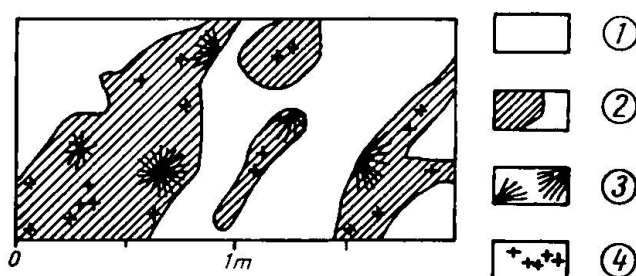


Figure 43. Disposition des affleurements plombifères du Kouh-i-Konsek, par G. LADAME. — (1) calcaire dolomitisé et silicifié; (2) amas lenticulaire de fluorine; (3) barytine blanche; (4) mouchetages de galène.

La substitution du minerai au calcaire s'est produite plus particulièrement sur le flanc occidental de l'anticlinal, à proximité d'un jeu de fissures parallèles à la stratification.

Une quinzaine d'amas circulaires, isolés les uns des autres par le calcaire stérile, ont été découverts en 1942, dans le Kouh-i-Konsek.

La fluorine incolore (v. figure 43) enrobe curieusement la barytine. C'est une minéralisation de caractère épithermal ne comprenant pratiquement que de la fluorine.

#### 6. LA REGION D'ANARAK-YEZD

Cette province est abondamment pourvue de gîtes plombifères de substitution dans les calcaires crétaciques. Je les considère comme paléogènes. Quant aux filons polymétallifères à caractère hypothermal, j'estime qu'ils sont d'âge mésozoïque.

Notons que nos informations sur ces minéralisations sont singulièrement clairsemées. Dans ces districts, comme dans le reste du pays, les recherches ont été orientées vers le cuivre, à l'exclusion, pour ainsi dire, des autres ressources métallifères.

*F e i z a b a d* (52/32), altitude 1430 m, 12 km au NW de Nayn. Un filon de cérusite, large de 40 cm, a été l'objet de travaux assez étendus, dont on peut voir les vestiges. On y constate des cavités de 30 m de profondeur.

*K h a r d j a n e h* (52/32), altitude 1380 m, à 14 km de Nayn. Un filon de galène cérusitisée, large de 80 cm, affleure sur près de 200 m. Il est exploité par intermittence.

*B o u l a z o u n* (52/33), altitude 1250 m, une centaine de km au NW d'Anarak, en suivant la piste du Kévir conduisant à Varamin et à Téhéran.

Les calcaires crétaciques des monts Darandjil et Arshin ont été envahis par des éruptifs paléogènes et néogènes.

Des gisements étendus de galène et de calamine sont signalés dans cette région.

*N a g h l a k* (54/33), altitude 1300 m, 60 km au NE d'Anarak, siège d'une mine fort ancienne, dont l'exploitation par les mêmes moyens primitifs se poursuit de nos jours.

Voici la situation géologique, telle qu'elle ressort d'un rapport de BOEHNE (122) :

Une brèche calcaire crétacique (?) est récoupée par quelques dikes de porphyres syénitiques, orientés NW-SE.

La minéralisation d'origine mésothermale s'est localisée sur le

flanc oriental des monts Naghlak, en quelque sorte dans le prolongement des collines de Bagherogh (cuivre).

La zone minéralisée est puissante de 1 à 5 m. Le minerai est entièrement carbonaté.

Il me semble que le porphyre syénitique signalé par BOEHNE pourrait être une émanation du magma acide profond responsable des minéralisations hydrothermales paléogènes du district d'Anarak.

La mine de Naghlak extrait un minerai cérositique, titrant 10 à 15 % Pb, de chantiers situés à plus de 100 m de profondeur.

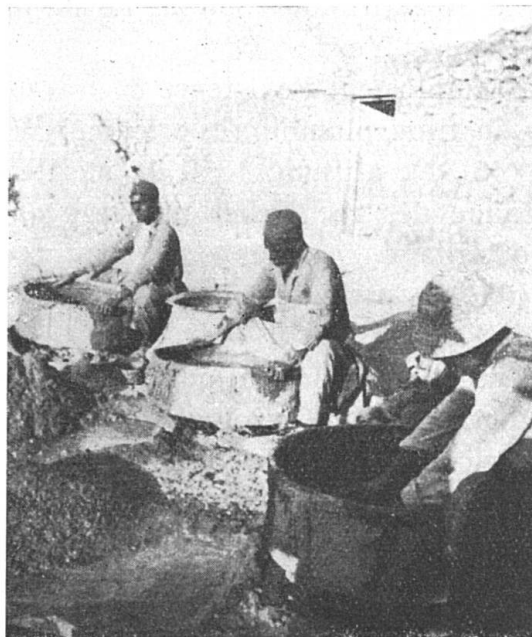


Figure 44. Mine de plomb argentifère de Naghlak; la concentration des minerais au moyen de battées. Photo LADAME.

Le minerai est concassé à la main, puis lavé à l'eau dans une suspension argileuse, au moyen de grandes battées de 1 m de diamètre (v. figure 44). Les concentrés à 75 % Pb sont fondus sur place au charbon de bois.

On n'a aucune idée de l'importance des réserves de ce gisement, qui ne paraît pas près de son épuisement.

Kalekafi (54/33), altitude 1250 m, 60 km à l'Est d'Anarak.

La description de ce gîte filonien aurifère, dont le minerai renferme du molybdène (wulfénite), est faite page 268 et page 275.

Roudehnarak (54/33), altitude 1400 m, dans les monts Djandak.

Le gîte s'est constitué par substitution de minerai plombifère aux calcaires du Crétacé. Une petite exploitation minière, abandonnée depuis longtemps, a opéré sur ces lieux.

Tableau no. 29

*Analyses du minerai plombifère de Roudehnaarak*

Pb	—	12,4 ‰	7,9 ‰	36,7 ‰
Zn	0,8 ‰	15,5 ‰	n. d.	13,8 ‰
Cu	3,7 ‰	1,0 ‰	2,7 ‰	0,3 ‰
Ag	tr.	70 g/t	35 g/t	100 g/t

Tsharik (53/32), altitude 1350 m, 12 km au Sud d'Aghda, à mi-chemin entre Nayn et Yezd.

On remarque simplement l'existence de travaux miniers qui ont été exécutés sur un filon plombifère, orienté NW 310°.

Bashkan (55/31), altitude 1350 m, mérite d'être mentionné à cause de l'étendue des recherches minières que l'on peut voir, 12 km à l'Ouest du village.

Zarikan (55/31), altitude 1500 m, dans la région de Bafk, 50 km au Nord de Koushk.

L'origine de ce minerai limonitique, riche en cérusite, est probablement mésothermale et mésozoïque. Des rejets de lavage, provenant de son exploitation par les indigènes, titrent parfois 10 ‰ Pb et 180 g/t Ag. Quelques échantillons prélevés en 1941 ont donné de 4 à 13 ‰ Pb.

On signale également des vestiges miniers du même type à Zirehtaneh.

Koushk (55/31), altitude 1350 m.

Des amas de substitution et des nodules de galène et de blende se trouvent sur le versant NW de la vallée, dans les marnes calcaires

Tableau no. 30

*Analyses du minerai plombifère de Koushk*

Pb	26,9 ‰	66,9 ‰
Zn	32,3	12,1
S	21,5	16,4
As	—	tr.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,7	0,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,3	—
SiO <sub>2</sub>	7,9	2,2
CaO	3,2	1,8
MgO	1,2	0,1
Ag	n. déterm.	729 g/t

mésozoïques. Ce minerai d'origine mésothermale est exploité par des moyens primitifs, en dépit des difficultés locales.

Godar-i-Siah (55/32), altitude 1300 m, 35 km au SW de Pusht-i-Badam, dans le Desht-i-Kévir.

On m'a signalé un filon de galène dans les calcaires crétacés, à proximité d'une intrusion dioritique.

#### 7. LE KIRMAN

Neyband (57/32), altitude 1600 m, en bordure du Kévir-i-Lout.

Une mine de plomb est en exploitation dans les monts Ispandiar. Elle est concédée à une petite entreprise privée.

Darbend (57/31), altitude 1600 m, à 75 km au Nord de Ravar, en bordure du Kévir-i-Lout, dans une situation peu accessible.

On y a observé, au cours de prospections réalisées en 1942, l'existence d'une série d'amas de fluorine blanche, avec des traces de galène. Le gîte de spath-fluor a été évalué à environ 100 000 tonnes. Les échantillons analysés ont donné de 85 % à 97 %  $\text{CaF}_2$ .

Mouraspaneh (59/29), altitude 1750 m, 24 km au NE de Pariz, sur la route de Goudiahmed.

On y a découvert incidemment un filon à gangue de quartz avec nodules de galène dans une roche éruptive basique.

### Chapitre XIII. Soufre (pyrite) <sup>1)</sup>

On connaît en Iran aussi bien des gisements de soufre natif que des gisements de pyrite. Ces derniers sont parfois importants. Ils n'ont jamais fait l'objet de recherches minières, car ces pyrites sont stériles et leurs situations géographiques défavorables.

#### 1. L'AZERBEIDJAN

Djahanamdarih (44/38), altitude 1450 m, 38 km au NW de Khoy, dans la vallée de l'Alend.

Des basaltes et des tufs éruptifs ont subi une imprégnation sulfifère, provoquée par la circulation d'eaux thermales sulfureuses. Le phénomène est tout à fait récent et de caractère volcanique.

Ce minerai de soufre, qui s'étend sur environ 15 000 m carrés de superficie, est exploité sur une petite échelle par les habitants de la région.

<sup>1)</sup> Consulter DE LAUNAY (66), PILGRIM (78), STAHL (108, 111), TIETZE (115).

Tshemtal (45/38), altitude 1400 m, dans le Karadag septentrional, 40 km à l'Est de Djoulfa (v. la description générale de la région, page 199).

Les affleurements pyriteux sont nombreux et importants dans tout le Tshemtal. Ces imprégnations sont d'origine hydrothermale et tertiaire. Elles se sont réalisées dans les schistes métamorphiques et les calcaires paléozoïques du noyau cristallin de ces montagnes.

Les pyrites titrent de 30 à 40 % S et renferment de 0,1 à 0,4 g/t Au; l'or est associé aux traces de chalcopirite qui se trouvent dans ce minerai.

Astamal (46/38), altitude 1480 m, dans le Karadag central (v. la description régionale, page 199).

Une forte minéralisation pyriteuse apparaît 2½ km en aval du village, sur les deux rives du Goysandareh. Les affleurements sont fortement limonitisés et pourvus par ci par là d'un peu de malachite.

On se trouve devant un massif granodioritique oligomiocène intrusif dans les chloritoschistes, les quartzites et les calcaires paléozoïques. On n'aperçoit pas de skarns au contact du granite, ni de magnétite, sauf à Pataylidareh, 2 à 3 km à l'Est du Goysandareh. En revanche, la silicification et la pyritisation de l'ensemble des formations en présence est considérable. Ce phénomène atteint également le granite.

La minéralisation me paraît être le fait de solutions hydrothermales profondes, relativement chaudes, mais postérieures au pyrométamorphisme, exactement comme à Sungun.

Les pyritisations du Tshemtal, d'Astamal et de Sungun offrent tant de ressemblances qu'il nous faut les considérer comme un symptôme métallogénique d'importance régionale.

Tableau no. 31

*Analyses des minerais d'Astamal*

Minerai massif	46 % S	traces Cu	traces Au
Quartzite	38 % S	0,2 % Cu	0,1 g/t Au
Quartzite	42 % S	traces Cu	néant Au
Calcaire limonitique	8 % S	traces Cu	néant Au

Sungun (46/38), altitude 1950 m, dans le Karadag central (v. la description détaillée de ce gisement, page 203).

Gugurtshu (47/36), altitude 2040 m, dans l'Afshar, au NW de Tokab.

Des grès calcaires miocènes sont imprégnés de soufre sur plu-

sieurs mètres d'épaisseur. Ils sont exploités depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle.

Ce minerai de soufre a peut-être une origine volcanique. On observe dans le massif du Takhteh-i-Soleiman quantité de sources thermales sulfureuses qui imprègnent encore de nos jours les travertins de la région.

Le soufre de Gugurtshu est extrait par sublimation du minerai, dans des cornues en terre disposées côte à côte, au nombre de huit, sur un foyer chauffé au bois. Ce mode opératoire est remarquable du point de vue qualitatif, mais d'un très mauvais rendement. La proportion de soufre d'imbibition qui est retenue dans les porosités de la roche est importante. C'est pourquoi l'on compte devoir traiter 240 tonnes de minerai à 40 % S pour assurer la production annuelle de 30 à 35 tonnes de soufre sublimé.

On connaît aux environs de Tokab au moins deux autres indices solfifères, Yourghounaghatsch et Goudjour, l'un comme l'autre sans intérêt pratique. On voit sur place couler des sources saturées d'hydrogène sulfuré. Ces eaux ont évidemment provoqué l'imprégnation superficielle de grès miocènes, sur 800 à 1000 m carrés.

Les échantillons prélevés titrent de 20 à 40 % S.

## 2. LA REGION DE MIANEH

Tarkht (47/37), altitude 1600 m, 25 km au N de Mianeh. Une importante imprégnation pyriteuse est signalée dans une formation de schistes métamorphiques.

Ghapaktapeh (47/37), altitude 1650 m, 30 km à l'Ouest de Mianeh, sur la piste de Maragheh.

Des schistes métamorphiques anciens — orientés NE 50° — sont fortement silicifiés et imprégnés de pyrite qui s'est concentrée dans les plans de la schistosité.

Le gisement est découvert sur plus de 3 km, le long du Gharisdareh. Sa largeur atteint 800 m. Il est d'origine mésothermale. Je n'ai aucune idée précise sur l'âge de sa formation.

Le minerai titre de 20 à 30 % S. Il est pratiquement exempt de cuivre et de métaux précieux.

## 3. LA REGION DE SAVEH-KAZVIN-TEHERAN

Karafs (49/35), dans la région de Saveh, une localité mal définie.

On y signale un gros gisement de pyrite, sans traces de métaux précieux.

P a s k a l e h (51/35), altitude 1600 m, à Shimran, au Nord de Téhéran (v. la description faite page 217).

L'imprégnation pyriteuse paléogène du massif andésitique est assez étendue. Elle n'a jamais donné lieu à une évaluation quelconque. Son caractère subvolcanique est remarquable.

D a m a v e n d (51/33), altitude 5000 m, vers le sommet du cône volcanique. Le soufre de cet ancien volcan est une simple curiosité minéralogique.

#### 4. LE KHORASSAN

D e h l a z i a n (53/35), altitude 1200 m, au Nord du Desht-i-Kévir, 30 km au SE de Semnan.

Cet important gisement de soufre natif est en exploitation depuis nombre d'années. Son origine paraît être sédimentaire. Des formations gréseuses, se rattachant au Gypsosalifère, sont imprégnées de soufre sur plus de 500 m. Le minerai titre de 30 à 45 % S.

L'extraction du soufre se fait par sublimation du minerai dans un jeu de cornues en terre. Une tentative d'opérer au four Gill semble avoir échoué.

T s h o u n t (57/35), altitude 1620 m, 75 km au Sud de Sabzéwar, dans la prolongation occidentale du Kouh-i-Mish (v. la description faite page 231).

B o r d j a k (57/35), altitude 1330 m, une vingtaine de km au Nord d'Amabad, dans le Sud-Sabzéwar (v. la description faite page 231).

D a r m i a n (59/32), altitude 1600 m, aux environs de Birdjand.

On signale la présence d'une imprégnation pyriteuse dans les calcschistes; elle a produit par décomposition des efflorescences de soufre.

#### 5. LA REGION DE YEZD

Les affleurements solfifères d'origine sédimentaire sont fréquents dans ce territoire et associés aux formations gypsosalifères du Desht-i-Kévir et du Kouh-i-Gugurd.

K o u h - i - S o r k h (54/32), altitude 1650 m, près de 40 km au Nord de Kharanak.

Les indices se trouvent dans une série gypso-marneuse miocène. L'imprégnation solfifère a une épaisseur de 50 m, mais elle n'est pas concentrée (20 % S).

On cite un gîte du même type à M a z r a y e h - M o f i d i, 60 km au Nord de Kharanak.

Les habitants exploitent le soufre d'une façon primitive pour satisfaire aux besoins locaux.

T a l e h z a r d (53/32), altitude 1550 m, 40 km au SW de Maz-rayeh-Now, entre Yezd et Nayn.

Ce gîte peu étendu est lié au Gypsosalifère. Quelques travaux y ont été faits; c'est pour cette raison que la localité est mentionnée, alors que de fort nombreux autres affleurements sont encore ignorés.

## 6. LE GOLFE PERSIQUE

On a observé dans le Fars gypsifère, aussi bien que dans la série de Hormouz, des indices mineurs de soufre natif, qui sont exploités de temps à autre par les indigènes.

B o s t a n e h (54/26), altitude 25 m, à l'Ouest de Bender-Lengheh. C'est là que se situe le gisement le plus important.

Les affleurements solfifères s'étendent sur 1,5 km, dans les calcaires du Fars, au contact de roches de la série de Hormouz et d'éruptifs rhyolitiques. L'imprégnation d'origine sédimentaire (?) est de l'ordre de 10 à 20 % S. Elle atteint localement 50 m de puissance.

K h a m i r (55/26), altitude 50 m, à l'Ouest de Bender-Abbas, est le siège de travaux éphémères.

La zone solfifère se prolonge sur 6 à 7 km, avec de nombreuses discontinuités. Sa puissance est de 3 m. La teneur moyenne du gisement est de l'ordre de 10 % S.

Un tuf rhyolitique a subi une imprégnation qui est probablement d'origine volcanique.

N a m a k d a n (55/26), altitude 20 m, sur l'île de Qishm. Ici se trouve le gisement de sel gemme le plus important du Golfe Persique (réserves visibles = 50 millions t).

On y a également exploité d'une façon primitive un minerai de soufre titrant en moyenne 10 % S. Il est d'origine volcanique (?). Ce gisement s'est constitué dans la série de Hormouz. L'imprégnation solfifère couvre un espace circulaire.

Le tonnage a été estimé à 50 000 tonnes de minerai.

## Documentation bibliographique

J'ai réuni dans cette liste les principaux ouvrages traitant de la géologie de l'Iran, à l'exception de ce qui se rapporte trop exclusivement aux questions d'ordre paléontologique et séismologique (v. 14, 85). Je me suis efforcé de citer tout ce qui concerne les ressources minérales, à un titre quelconque.

Il est tenu compte dans la mesure du possible des publications des années 1943 et 1944. En ces temps de guerre, bien des sources d'informations bibliographiques ne sont plus accessibles, ou si elles le restent, c'est avec de gros retards, de sorte qu'on ne peut plus prétendre à en tenir une liste à jour.

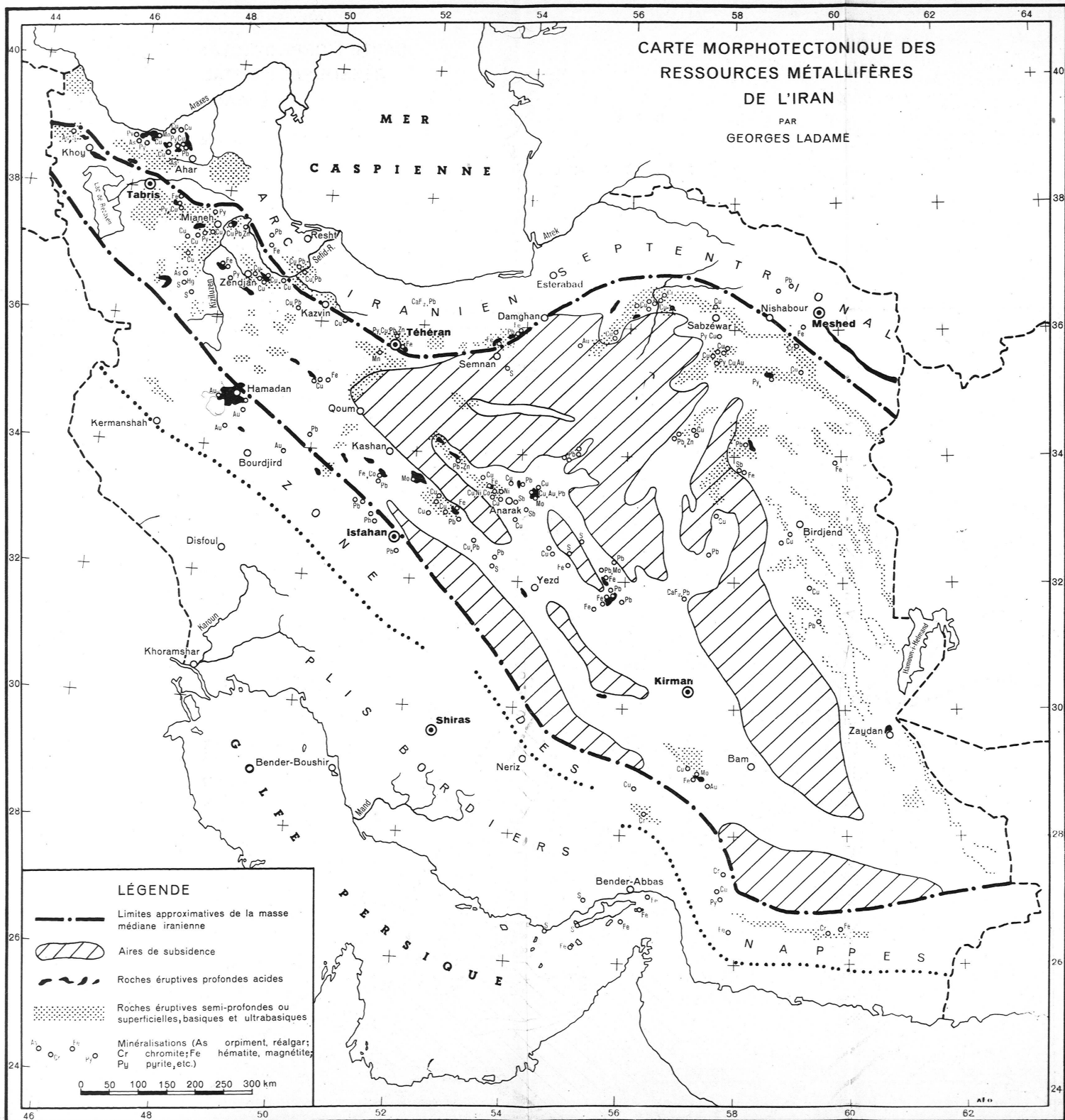
1. ABICH, H., Vergleichende chemische Untersuchungen der Wasser des caspischen Meeres, Urmia- und Van-Sees. Mém. Ac. Imp. Sc. de St.-Pétersbourg, VI<sup>e</sup> série, t. VII, p. 1—58, 1859.
2. — Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus wie der armenischen und nordpersischen Gebirge. Ibidem, p. 359—534, 1859.
3. AGABABOFF, J., Données sur les richesses minérales du Nord de la Perse, Karadagh. Revue combustibles liquides, no. 50, p. 475/6, Paris 1927.
4. — Les zones pétrolifères de la Perse. Revue pétrol. no. 381, p. 993, Paris 1930.
5. — La grande région pétrolifère du Caucase et de la Perse orientale. Revue pétrol., p. 897, Paris 1938.
6. ANDRUSOF, X., Beiträge zur Kenntnis d. kaspischen Neogens. Mém. com. géol. St.-Petersbourg, t. XV, 1902.
7. ANONYME, Geology of the Persian Oil-fields. Nature, vol. CII, 1918.
8. — Gah-i-Quaraghuli oilfield, Petr. Times, 38, p. 365, 1937.
9. — Die Bodenschätze Irans. D. M. M. du 15. 10. 1944, d'après Z. f. prakt. Geol., p. 121, Halle 1943.
10. ARGAND, E., La tectonique de l'Asie. C. R. congr. intern. XIII<sup>e</sup> session, 1922, p. 171—372, Liège 1924.
11. ARNI, P., Tektonische Grundzüge Ostanatoliens und benachbarter Gebiete. Meteae, Seri B, no. 4, Ankara 1939.
12. — Relations entre la structure régionale et les gisements minéraux et pétrolifères de l'Anatolie. M. T. A. E. Bul. trimestr. fasc. 2, p. 29—36, Ankara 1939.
13. BEDFORD, A. C., The world oil situation. Foreign affairs, Amer. Quart. Revue, 1923.
14. BÖCKH, H. DE, LEES, G. M., RICHARDSON, F., Contribution to the stratigraphy and tectonics of the iranian ranges. Dans: The structure of Asia, de GREGORY, p. 58—176, London 1929.
15. BOEHNE, E., Die Eisenindustrie Mazanderans. Stahl u. Eisen, p. 1577/80, 1928.
16. — Überblick über die Erzlagerstätten Persiens und den derzeitigen Stand v. Gewinnung u. Verhüttung. Metall u. Erz, p. 57/61, Halle 1929.
17. — Die Steinkohlenvorkommen Persiens. Z. f. prakt. Geologie, p. 113—119 et p. 132—141, Halle 1932.
18. — Die wirtschaftliche Bedeutung und Erschliessung der Steinkohlenvorkommen Persiens. Z. f. prakt. Geologie, p. 145—148, Halle 1932.
19. BUSK, H. G., et MAYO, H. T., Some notes on the geology of the Persian oilfields. J. Inst. Petr. Techn., vol. V, 1918.
20. — The oilfield belt of southwest Iran and Iraq. Geol. Magazine 77, p. 413, 1940.

21. CIZANCOURT, H. DE, Remarques sur la structure de l'Hindoukoush. *Bul. soc. géol. France*, t. VII, p. 400, Paris 1937.
22. CLAPP, F. G., *Geology of Eastern Iran*. *Bul. geol. Soc. Am.*, vol. 51, p. 1—102, 1940.
23. CORNU, F., *Mineralogische Notizen*, 2 Mineralvorkommen der Insel Ormuz. *Tschermak's Min. u. Petr. Mitt.*, vol. XXVI, p. 341, 1907.
24. CURZON, G. N., *Persia and the Persian Question*. 2 volumes, London 1892.
25. DOUVILLÉ, H., *Les explorations de M. de Morgan en Perse*. *Bul. soc. géol. France*, sér. 4, vol. IV, p. 539—553, Paris 1904.
26. FATEH, F., *The economic position of Persia*. London 1926.
27. FETZER, F., *Grossbritannien und das Erdöl in Persien*. *Petrol*, no. 48, 1933.
28. FISCHER, E., *Zur Stratigraphie d. Mesozoikums in Persien*. *Z. d. geol. Ges.*, t. LXVI, p. 36—46, Halle 1914.
29. FRASER, J. B., *Travels and adventures in the Persian provinces on the southern banks of the Caspian Sea*. 1826.
30. FULDA, E., *Die Salzstöcke am Persischen Golf*. *Kali*, vol. 25, p. 1—5, 1931.
31. — *Über die sog. Salzgletscher in Persien*. *Kali*, vol. 25, p. 120, 1931.
32. — *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine*. III. Bd., Stuttgart 1938.
33. FURON, R., *Premiers résultats d'une exploration géologique du grand désert iranien*. *C. R. acad. Sc.*, t. CCIII, p. 494—497, Paris 1936.
34. — *Sur l'existence d'un arc ouralien déterminant la structure de Plateau iranien*. *C. R. acad. Sc.*, t. CCIII, p. 516/7, Paris 1936.
35. — *La géologie du plateau iranien*. *Rev. génér. sc.*, t. XLVIII, p. 36, Paris 1937.
36. — *La Perse*. Ed. Payot, Paris 1938.
37. GREGORY, J. W., *The structure of Asia*. Ed. Methuen, London 1929.
38. GROUSHEVOY, V., *A brief outline of the metallogenesis of Transcaucasia* (*Probl. of the Soviet Geol.* 10, Moscow 1935, 922—950, rus., rés. angl.). *N. J. f. M.*, Ref. II, p. 370—372, Stuttgart 1937.
39. GYSIN, M. et KOVALIV, P., *Un minerai rare de cuivre et de cobalt provenant du gisement de Meskani, Iran*. *C. R. soc. phys. et hist. nat. Genève*, t. 57, p. 126—130, Genève 1940.
40. HARRISSON, J. V., *The gypsum deposits of southwestern Persia*. *Econ. Geol.*, vol. XIX, p. 259—274, 1924.
41. — (and VERNON, J.), *The geology of some salt plugs in Laristan (south Persia)*. *Quart. J. Geol. Soc.*, no. 344, p. 452—463, London 1930.
42. — *Salzstöcke und Tektonik in Süd-Persien*. *Petroleum*, p. 721, Wien 1932.
43. HEDIN, SVEN, *Zu Land nach Indien*. 2 vol., Leipzig 1910.
44. HELMACKER, R., *Die nutzbaren Lagerstätten Persiens*. *Z. f. prakt. Geol.*, vol. VI, p. 430, Halle 1898.
45. HENNECKE, L., *Die Bodenschätze Persiens*. *Preuss. Z. Berg- u. Hüttenwesen*, v. XLVII, 1898.
46. HESSE, F., *Persien* (*weltpolitische Bücherei*, no. 26), 1932.
47. HÖFER, H., *Die Erdölvorkommen in Mesopotamien und Persien*. *Petroleum*, no. 22, Berlin 1906.
48. HOUTUM-SCHINDLER, A., *Neue Angaben über die Mineralreichtümer Persiens und Notizen über die Gegend westlich von Zendjan*. *J. k. k. geol. Reichsanst.*, vol. XXXI, p. 169—190, Wien 1881.

49. HOUTUM-SCHINDLER, A., Reisen im n.-w. Persien (1880—1882). Zeitschr. Ges. f. Erdk., vol. XVIII, p. 320—344, Berlin 1883.
50. — The turquoise mine of Nishapur. London 1884.
51. — Die Gegend zwischen Sabzewar und Meshed in Persien. J. k. k. geol. Reichsanst., Wien 1886.
52. HUNTER, C. M., Oilfields of Persia. Trans. am. Inst. min. met. Eng., vol. LXV, 1921.
53. JENKINS, G., On sulphur mines of Cummir in the Persian Gulf. Trans. Bombay geogr. Soc., p. 284—286, Bombay 1837.
54. JACKSON, J. W., Persia, Past and Present, A book of travel and research. New-York 1906.
55. KOBER, L., Die Orogentheorie. Berlin 1933.
56. KREJCI, K., Zur Geologie des persischen Golfes. Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal. B, p. 287—294, Berlin 1927.
57. LADAME, G., Le gisement potassifère de Mamane, Iran. Bul. suisse minér. et pétr., t. XXII, p. 242—247, Zurich 1942.
58. — La mine de cuivre d'Abbasabad, Iran. Bul. suisse minér. et pétr., t. XXII, p. 233—241, Zurich 1942.
59. — La mise en valeur des ressources minérales de l'Iran. Bul. no. 31 du V. S. P., Berne 1943.
60. LANDENGERBER, W., Beitrag zur Geologie von Persien. 1926.
61. LEES, G. M., Salzgletscher in Persien. Mit. geol. Ges., t. XX, p. 29—34, Wien 1927/29.
62. — Reservoir rocks of Persia's oilfields. A. A. P. G. Bul. 17, 1933.
63. — and RICHARDSON, F. D. G., The geology of the oilfield belt of SW Iran and Iraq. Geol. Mag., 77, p. 227, 1940.
64. LOCKHERT, L., Iranian petroleum in ancient and medieval times. J. Inst. Petr. Techn., p. 1—18, 1939.
65. LODOCHNIKOW, W., Etude microscopique des roches de la Perse du Nord. Acad. sc. U. R. S. S., Bul. comité géol., vol. XLV, no. 8, p. 883—921, Moscou 1927.
66. LAUNAY, L. DE, La géologie et les richesses minérales de l'Asie, p. 816, Paris 1911.
67. MACLEAR, J., Some notes on Persian mining and metallurgy. Trans. Inst. min. and met., vol. III, p. 2—39, 1895.
68. MATVAER, A. K., The mineral coals of Iran. Gornyi Zhurnal 112, p. 51—55, 1936.
- 68bis MACOVEI, G., Les gisements de pétrole, p. 342, Paris 1938.
69. MAUNSELL, S. R., The Mesopotamian petroleum field. Geogr. J., vol. IX, p. 528—536, London 1897.
70. MORGAN, J. DE, Notes sur les gîtes de naphte de Kend-e-Chirin. Annales mines, sér. 9, vol. I, p. 227—238, Paris 1892.
71. — Missions scientifiques en Perse. 5 tomes, 10 vol., Paris 1894—1905.
72. — Note sur la géologie de la Perse et sur les travaux paléontologiques de H. DOUVILLÉ sur cette région. Bul. S. géol. France, 4<sup>e</sup> sér., t. V, p. 170—189, Paris 1905.
73. NATTERER, K., Salt deposits in Persia and their relation to the sea (abstract). Geogr. J., vol. VI, p. 472—473, London 1895.

74. NICOLESCO, C. P., Gisements pétrolifères de la Perse. La revue pétrolière, no. 277/88, Paris 1928.
75. NOTHING, W., Versuche mit Antimon-Gewinnung in Anarak, Iran. Metall u. Erz, p. 106, Halle 1940.
76. OSWALD, F., Geology of Armenia. Nottingham 1907.
77. PETUNNIKOV, Gr., Der Kohlenreichtum des Iran. Mont. Rundschau, p. 1—6, Wien 1938.
78. PILGRIM, G. E., The sulphur deposits of southern Persia. Rec. geol. surv. India, vol. LIII, p. 343—358, Bombay 1922.
79. — The geology of the Persian Gulf and the adjoining portions of Persia and Arabia. Mem. geol. surv. India, vol. XXXIV, p. 1—177, Bombay 1908.
80. — The geology of the Persian provinces of Fars, Kirman and Laristan. Mem. geol. surv. India, vol. XLVIII, p. 1—116, Bombay 1925.
81. POWERS, S., Masdjid-i-Solaiman oilfields, Persia. A. A. P. G. bul., p. 685—687, 1929.
82. RANGE, P., Geologie und Mineralvorkommen von Persien. Z. f. prakt. Geol., t. 34, p. 49—53, Halle 1926.
83. RICHARDSON, R. K., Die Geologie und Salzdome im südwestlichen Teile des Persischen Golfes. Heidelberg 1926.
84. — Weitere Bemerkungen zu der Geologie und den Salzaufbrüchen am Persischen Golf. Centralbl. Min. Geol. u. Pal., B, p. 43—49, 1928.
85. RIEBEN, H., Contribution à la géologie de l'Azerbeïdjan persan. Bul. soc. neuch. sc. nat. (thèse), 144 p., Neuchâtel 1935.
86. — Notes sur la géologie du Nord de l'Iran. 17 p., Sangmelima, Caméroun 1942.
87. RIVIÈRE, A., Tectonique de la bordure Nord du bassin tertiaire intérieur de l'Elbourz central, de la vallée du Djerdjeroud à Roudéhen. C. R. som. Soc. géol. France, p. 91—92, Paris 1931.
88. — Contribution à l'étude géologique de l'Elbourz (Perse). Rev. géogr. phys. et géologie dynamique, vol. VII, p. 1—190, Paris 1934.
89. — Observations nouvelles sur la structure des montagnes de Shah-Abdul-Azim. C. R. som. géol. France, p. 60, Paris 1935.
90. — Contribution à l'étude géologique de l'Anti-Elbourz. Bul. soc. géol. France, p. 277, Paris 1936.
91. SEDLACEK, A. M., Petr. Beobachtungen an den v. A. GABRIEL gesammelten Gesteinen aus Persien. Min. u. petr. Mitt., p. 261, 1. Teil, Berlin 1939.
92. SCHARIZER, R., Über persische Bleierze. Verh. k. k. geol. Reichsanst., p. 173/74, Wien 1888.
93. SCHWEER, W., Die türkisch-persischen Erdölvorkommen. 247 p., Hamburg 1919.
94. SHUSTER, M. W., The strangling of Persia. 2 vol., New-York 1912.
95. SPIEKER, E. M., Petroleum in Persia and the Near East. Eng. a. Mining J., vol. CX, New-York 1920.
96. SPIES, H., Der derzeitige Stand des iranischen Erzbergbaus. Met. u. Erz, p. 170—173, Halle 1938.
97. STAMP, D. L., Asia, an economical and regional geography. p. 146—165, London 1931.

98. STAHL, A. F., Das Petroleum v. Persien. Chem. Ztg., vol. XVII, no. 77, p. 1409—1410, 1893.
99. — Die Steinkohlen Persiens. Ibidem, p. 1596, 1893.
100. — Die Eisenerze Persiens. Ibidem, p. 1910—1911, 1893.
101. — Die Kupfererze Persiens. Ibid., vol. XVIII, p. 3—4, 1894.
102. — Die Bleierze Persiens. Ibid., vol. XVIII, p. 364, 1894.
103. — Verschiedene Erze und Mineralien Persiens. Ibid., vol. XVIII, p. 487—488 et 882—883, 1894.
104. — Reisen in Nord- und Zentralpersien. Pet. geogr. Mit. Erg., vol. XXV, 39 p., 1896.
105. — Zur Geologie von Persien. Ibid., Heft 122, 72 p., 1897.
106. — Petroleum in Persia. Petroleum, vol. III, p. 623, 1903.
107. — Die orographischen und geologischen Verhältnisse des Karadag in Persien. Pet. geogr. Mit., vol. L, p. 227—235, 1904.
108. — Die Erze des Karadag in Persien. Chem. Ztg., vol. XVIII, p. 58 et p. 85—86, 1904.
109. — Geologische Beobachtungen in Zentral- und NW-Persien. Pet. geogr. Mit., vol. LIII, p. 169—177 et p. 205—214, 1907.
110. — Geologische Beobachtungen im nordwestlichen Persien. Ibid., vol. LV, p. 1—10, 1909.
111. — Persien, Handb. d. region. Geologie, vol. V, 46 p. Heidelberg 1911.
112. — Bemerkungen zur Geologie der Salzhorsten und der Erdölvorkommen. Petroleum, p. 14—16, 1932.
113. SUSS, Ed., La face de la terre (das Antlitz der Erde), trad. EM. DE MARGERIE, 3 tomes, Paris 1897—1918.
114. TIETZE, E., Geol. Mitteilungen aus Persien. Verh. k. k. geol. Reichsanst., p. 25—30, Wien 1875, ibid. p. 129—133.
115. — Die Mineralreichtümer Persiens. Jb. k. k. geol. Reichsanst., vol. XXIX, p. 565—658, Wien 1879.
116. TIPPER, G. H., The geology and mineral resources of Eastern Persia. Rec. geol. surv. India, vol. LIII, p. 51—80, Bombay 1921.
117. UNTERHÖSSEL, F., Die wichtigeren Erzvorkommen des persischen Karadag-Gebirges. Met. u. Erz, p. 237—242, Halle 1934.
118. WINKLEHNER, H., Schürfungen in Persien. Öster. Zeit. Berg. u. H., vol. XLVII, p. 629—633 et 645—649.
119. WHEALLER, J. E. A., A résumé of the A. P. O. C. Geology of Persia, 84 p., 1923.
120. WILSON, SIR A. T., The Persiann Gulf. 327 p., 1928.
121. ZANGENEH, A., Le pétrole en Perse. Paris 1933.
122. Archives du département général des mines, Téhéran (rapports manuscrits).



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Index général

Les noms de localités sont pourvus d'un index géographique ( ) dont la signification est donnée dans l'introduction.

## A

Abbasabad (46/38, cuivre, 174, 210  
Abbasabad (56/36), Khorassan, cuivre, 179, 219; arsenic, 219, 224  
Abbasabad-Sabzéwar, région de, 179, 217  
Arc iranien septentrional, 170  
Afshar, arsenic, 181, 193; soufre, 182, 290  
Afsharabad (47/36), fer, 252  
Aghbolagh (46/38), voir sous Gümusholan, cuivre, 174, 211  
Aïnelou (46/38), voir sous Barghézar, cuivre, 210  
Akhloumed (58/36) plomb, 172, 282  
Aliabad (49/36), plomb, zinc, 280  
Amirabad (48/36), cuivre, 216; or, 216  
Amol (52/36), fer, 255  
Anarak (53/33), antimoine, 181; arsenic, 239; cobalt, 180, 196; cuivre, 179, 235; description géologique, 235; fer, 257; molybdène, 268; nickel, 180, 269; or, 275; plomb, 286  
Andjert (46/38), cuivre, 174, 209  
Annabergite, 270  
Anti-Elbourz, 172, 281  
**Antimoine**, 189; Anarak, 189; Ferdows, 191  
Arsak (54/36), plomb, 172, 282  
**Arsenic**, 191; Anarak, 239; Azerheidjan, 192; Abbasabad, 219, 224  
Asbolane, 196  
Astaneh (49/33), or, 184, 275  
Astamal (46/38), cuivre, 174, 211; pyrite, 174, 290  
Azerbeïdjan, arsenic, 192; plomb, 276; soufre, 289; Az. septentrional, 172, 199

## B

Badaman (55/34), cuivre, 245  
Badjah-Ghazimi (54/33), or, 276  
Bafk (55/31), fer, 177, 260  
Bafk-Narigan, district de, 177, 259  
Baghalou (55/36), cuivre, 226  
Bagherogh (53/33), cuivre, 179, 241  
Bagh-i-Abisheim (51/32), plomb, zinc, 284  
Baghtshin (53/31), fer, 258  
Baharistan (52/33), cuivre, 235  
Bahrasman (57/29), cuivre, 178, 247  
Bahon (54/35), or, 274  
Balakouh (49/37), plomb, zinc, 172, 280

Baradjeh (48/36), cuivre, 216; or, 216  
Bardestan (54/31), cuivre, 178  
Barghézar, voir Barzagar  
Barzagar (46/38), cuivre, 174, 210  
Bashkan (55/31), plomb, zinc, 181, 288  
Bashkal (49/36), cuivre, 178, 216; fer, 182, 255; or, 178, 216; plomb, zinc, 178, 216  
Bato (57/35), cuivre, 229  
Baytshebagh (47/36), cuivre, 178, 213  
Bedjertan (58/34), fer, 261  
Belmetshéh (51/32), plomb, zinc, 184, 282  
Beloutshistan, chrome, 184, 195; cuivre, 248; fer, 266  
Biabanak (55/34), cuivre, 179, 245  
Bibisharbanou (51/35), plomb, zinc, 281  
Bivehdjan (59/36), fer, 182, 257  
Bivarzin (49/36), cuivre, 172, 216; plomb, zinc, 172, 216  
Bjardjoumand (55/35), cuivre, 179, 226  
Bordjak (57/35), cuivre, 178, 231; or, 178, 231; pyrite, 178, 292  
Bormulkh (46/38), cuivre, 174, 210  
Bostaneh (54/26), soufre, 185, 293  
Boulazoun (52/33), plomb, zinc, 181, 286  
Buyukyer (46/38), cuivre, 210

## C

Chloanthite, 270  
**Chrome**, 194; Khorassan, 194; Le Sud de l'Iran, 195  
Cinabre, 181  
Cobalt, 195; Anarak, 196, 239; Kasan, 196  
Cobaltine, 196  
**Cuivre**, 197; Abbasabad, 219; carte de situation de la région Abbasabad-Sabzéwar, 218; Anarak, 235; carte de situation d'Anarak, 236; disseminated copper ores, 179, 217; imprégnations dans gabbrodiorites, 217, 226; indices pyriteux, 230; Karadag, 199; Khorassan, 217; Kirman, 245; Koupayeh, 179, 234; Koupayeh-Anarak-Yezd, région de, 179, 233; Mianeh, région de, 212; Nord-Sabzéwar, 179, 232; Saveh-Téhéran, région de, 217; Sud-Sabzéwar, 226; Tarom, 215; Yezd, région de, 245

## D

Dahaneh-Bisheyghi (57/34), cuivre, 247; plomb, 282  
 Dahaneh-Maden (55/34), cuivre, 245  
 Dahanehsiah (57/35), cuivre, 179, 226  
 Damavend (51/35), soufre, 172, 292  
 Damaneh-Djalha (56/36), cuivre, 221  
 Darbanduzeh (47/36), fer, 252  
 Darbend (57/31), fluorine, 181, 289; plomb, 181, 289  
 Darehamri (51/33), plomb, zinc, 181, 285  
 Dareghir (54/31), cuivre, 178  
 Darehkand (45/38), cuivre, 212; pyrite, 212  
 Darmian (59/32), cuivre, 178, 248; pyrite, 178, 292  
 Darvar (53/35), fer, 172, 256  
 Dashtou (56/27), cuivre, 248  
 Dastaydareh (45/38), cuivre, 212; pyrite, 212  
 Dastayr (46/38), arsenic, 174, 192  
 Dehlazian (53/35), soufre, 182, 292  
 Dehnow (54/26), fer, 266  
 Desht-i-Kévir, situation géologique du, 175  
 Desht-i-Lout, situation géologique du, 175  
 Distribution des indices métallifères, 186  
 Divanehdar (57/36), cuivre, 232  
 Dizadjin (48/36), cuivre, 177, 216  
 Djafari (54/33), cuivre, 245  
 Djaffarkhaneh (46/38), cuivre, 210  
 Djahanamdarch (44/38), arsenic, 174, 192; soufre, 175, 289  
 Djamini (54/33), or, 276  
 Djamshidabad (52/33), cuivre, 235  
 Djandak (54/34), cuivre, 245; plomb, 181  
 Djebel-Arghoun (47/36), plomb, 277  
 Documentation bibliographique, 293  
 Domeykite, 196  
 Do-Tshah-Hou (54/33), cuivre, 245  
 Downtetsh (48/36), cuivre, 215

## E

Elbourz, 170  
 Elwend (48/34), or, 274  
 Erythrine, 196, 270

## F

Farokhdareh (45/38), cuivre, 212; pyrite, 212  
 Farour (54/26), fer, 185, 266  
 Feghteh (57/26), fer, 267  
 Feizabad (52/32), plomb, 286  
**Fer**, 248; Bafk-Narigan, 259; Béloutshistan occidental, 266; Golfe

Persique, 262; Kashan-Yezd-Bafk, région de, 257; Saveh-Kazvin-Téhéran, 254; Khorassan, 256; Khorassan Sud-oriental, 261; Nikhbeh, le Sud de, 249  
 Firouzabad (56/36), cuivre, 224  
 Foroumad (56/36), chrome, 177; 194

## G

Gardaneh Ab-i-Nil (51/32), plomb, 284  
 Garghin (50/32), fer, 177, 257  
 Ghabr-i-Mehmedou (52/33), cuivre, 234  
 Ghalata-i-Ghadja-Ali (57/36), cuivre, 232  
 Ghaladjouh (47/37), cuivre, 215  
 Ghalitshebolagh (47/36), fer, 252  
 Ghaniabad, raffinerie de cuivre de, 197  
 Ghapandag (46/38), cuivre, 210  
 Ghapaktapeh (47/37), pyrite, 177, 291  
 Ghataraghatsh (49/34), plomb, zinc, 181, 280  
 Ghazikandi (47/36), fer, 253  
 Gheptshagh (47/37), plomb, zinc, 276  
 Gherdag (46/38), cuivre, 209  
 Ghiledesh (48/37), fer, 255  
 Ghizilkayadareh (46/38), cuivre, 209  
 Ghorkhan (56/36), cuivre, 225  
 Godar-i-Siah (55/32), plomb, 289  
 Goldjouk (48/36), fer, 253  
 Golfe Persique, fer, 185, 262; soufre, 185, 293  
 Goudehmorat (53/33), nickel, 271  
 Goudjour (47/36), soufre, 291  
 Goulan (46/38), cuivre, 174, 208; molybdène, 174, 268; or, 174, 208  
 Goulantshay, voir Goulan  
 Gousandareh (46/38), cuivre, 211; pyrite, 211  
 Goush-Berindj (54/34), cuivre, 245  
 Gugurtshu (47/36), soufre, 182, 290  
 Gumushkhaneh (46/38), plomb, 174, 276  
 Gumusholan (46/38), voir aussi Aghbolak, cuivre, 174, 211; or, 211

## H

Hadji-Rezahani (47/37), cuivre, 215  
 Haftdjehi (51/32), plomb, 284  
 Hamadan (48/34), or, 184  
 Hamamdareh (46/38), cuivre, 211  
 Hamami (56/36), cuivre, 224  
 Handerestan (52/33), cuivre, 235  
 Handjan (55/26), fer, 185  
 Hissar (48/36), cuivre, 179, 215  
 Hoday (57/35), cuivre, 231  
 Hormouz (56/27), fer, 185, 265; ocre, 185, 265; série de, 262  
 Husseyinabad (47/36), fer, 252, 253

## I J

Isfahan, environs d', 184, 282  
 Isfahan-Kashan, région de, plomb, 282  
 Ispirhindj (57/26), fer, 267  
 Istidareh (47/36), fer, 252

## K

Kahangh (52/33), cuivre, 235  
 Kalak (51/35), plomb, 280  
 Kaleb-i-Asgar (56/29), cuivre, 184  
 Kalekafi (54/33), molybdène, 180, 268; or, 180, 275; plomb, 180, 287  
 Kalezarri (59/31), cuivre, 178, 248  
 Kāmoushar (49/35), cuivre, 178  
 Kandiustukhan (46/38), cuivre, 210  
 Kanna (57/26), fer, 267  
 Karadag, 172, 199; carte géologique du, 201; les gisements du, 203  
 Karafs (49/35), pyrite, 178, 291  
 Kashan-Yezd-Bafk, la région de, 257  
 Kelak (51/35), plomb, 175  
 Kelingheh (57/26), fer, 267  
 Kevend (48/36), or, 274  
 Khabgah-i-Shotor (48/36), cuivre, 215  
 Khamir (55/26), soufre, 185, 293; fer, 185  
 Khangaradash (47/36), fer, 182, 251  
 Kharanak (54/32), cuivre, 178, 245; fer, 258; soufre, 292  
 Khardjaneh (52/32), plomb, zinc, 286  
 Khemsar (51/33), cobalt, 196; fer, 182, 257  
 Khorassan, chrome, 194; fer, 256; plomb, 281; soufre, 292  
 Khorassan Sud-oriental, fer, 261  
 Khouni (54/33), or, 180, 182, 275; plomb, 180  
 Khoykhaneh (46/38), cuivre, plomb, 210  
 Kirman, cuivre, 247; plomb, zinc, 289  
 Kohroud (51/33), fer, 182, 257  
 Komar-Dastigherd (46/38), arsenic, 174, 192  
 Konmess (53/33), cuivre, 179, 243  
 Kopahalyay (53/33), cuivre, 179, 244  
 Koudjehnowtoroud (55/34), cuivre, 245  
 Kouh-i-Aghdal (49/36), fer, 255  
 Kouh-i-Bagheh (58/33), fer, 261  
 Kouh-i-Ghendavir (56/36), chrome, 194  
 Kouh-i-Gugurd (53/34), soufre, 292  
 Kouh-i-Harikan (51/36), fer, 172  
 Kouh-i-Hemgan (58/34), fer, 261  
 Kouh-i-Konsek (51/33), fluorine, 285; plomb, zinc, 181, 285  
 Kouh-i-Koushada (57/26), fer, 267  
 Kouh-i-Naran (56/28), pyrite, 178  
 Kouh-i-Sarbanghi (57/34), cuivre, 248  
 Kouh-i-Seng-i-Mess (52/33), cuivre, 234

Kouh-i-Sorgh (51/32), plomb, zinc, 284  
 Kouh-i-Sorgh (54/32), soufre, 182, 292  
 Kouh-i-Sormeh (51/32), plomb, zinc, 283  
 Kouh-i-Vadjil (51/32), plomb, zinc, 284  
 Kouh-i-Zaar (54/35), or, 182, 274  
 Koupayeh, cuivre, district du, 179, 234  
 Koushandar (56/27), cuivre, 248  
 Koushk (55/31), plomb, zinc, 181, 288

## L

Labekal (56/36), cuivre, 224  
 Lahgringhineh (51/33), molybdène, 269  
 Lak-i-Siah (55/31), fer, 260  
 Larak (56/26), fer, 185, 264  
 Lavin (48/36), cuivre, 178, 216; or, 178, 216; plomb, zinc, 280  
 Lotfabad (59/32), cuivre, 248

## M

Maden-i-Bozorgh (56/36), cuivre, 222  
 Maden-i-Ghaleh (57/34), plomb, zinc, 282  
 Maden-i-Rougani (59/31), cuivre, 222  
 Madjon (59/32), cuivre, 178, 248  
**Manganèse**, 267  
 Mardanaghal (46/38), cuivre, 174, 211  
 Masse médiane, 170, 175  
 Massouleh (48/37), fer, 172, 254  
 Mazandéran, fer, 172, 255  
 Mazrayeh-Hadji-Hassan (54/32), cuivre, 178, 246  
 Mazrayeh-Mirha (54/32), cuivre, 178, 246  
 Mazrayeh-Mofidi (54/32), soufre, 292  
**Mercuré**, 268  
 Meskerabad (51/35), fer, 171, 255  
 Meskani (53/33), 238; carte géologique de, 238; cobalt, 180, 196; cuivre, 180, 238; nickel, 180, 270  
 Mestakhan (48/36), cuivre, 215  
 Métallogénie iranienne, caractère de la, 185  
 Mianeh (47/36), région de, cuivre, 179, 212; plomb, 277; pyrite, 291  
 Mikhsas (51/36), fluorine, 172, 280; plomb, 280  
 Minab (57/27), région de, chrome, 184, 195  
 Mirhusseyin (57/36), cuivre, 232  
 Mirmamoud (56/36), chrome, 194  
 Mispickel, 172, 191  
**Molybdène**, 268

Mouraspaneh (59/29), plomb, zinc, 289

### N

Naghlak (54/33), plomb, 181, 286  
 Namakdan (55/26), soufre, 185, 293  
 Nappes, zone des, 170, 183  
 Narigan (55/31), fer, 177, 259  
 Nayn (53/32), région de, 234; plomb, 181  
 Nayband (57/32), plomb, 181, 289  
 Neh (60/31), or, 182  
 Neyval (53/33), nickel, 273  
**Nickel**, 269; Anarak, district d', 269  
 Nickeline, 239, 271  
 Nikbeh-Zendjan, région de, fer, 182, 249  
 Nord Sabzëwar, district du, cuivre, 179, 232

### O

Ocre, voir fer, 248  
 Ophiolites, 183, 195  
**Or**, 273; Hamadan, district d', 274; Anarak, district d', 275  
 Orpiment, 181, 191  
 Ostakhan (54/34), cuivre, 245  
 Ovan (49/36), cuivre, 216; plomb, zinc, 172  
 Ovantshay (46/38), aussi Ovan, cuivre, 174, 211; pyrite, 174, 211

### P

Panabase, 219, 224  
 Pardjin (48/36), cuivre, 178, 216; or, 178, 216  
 Paskaleh (51/35), cuivre, 172, 217; plomb, zinc, 172, 281; or, 281; pyrite, 172, 292  
 Pataylickdareh (46/38), cuivre, 211  
 Patyar (53/33), antimoine, 181, 189  
 Peshtal (57/27), chrome, 184  
 Plis bordiers autochtones, 170, 184  
**Plomb** (argent), 276; Anarak-Yezd, région d', 286; Azerbeïdjan, 276; Isfahan-Kashan, région d', 282; Kirman, 289; Khorassan, 281; Mianeh-Zendjan, région de, 277; Saveh-Kazvin-Téhéran, région de, 280  
 Pyrite, voir soufre  
 Pyrolusite, 182, 267

### Q R

Raghoun (55/35), cuivre, 226  
 Ramon (57/29), molybdène, 177, 269  
 Rassour (53/33), cuivre, 244  
 Réalgar, 181, 191, 276  
 Rikat (59/32), cuivre, 248

Robatkarim (51/35), manganèse, 182, 267  
 Robat-i-Séfid (59/35), chrome, 177, 195  
 Roudan (59/26), chrome, 195  
 Roudehnarak (54/33), plomb, 287

### S

Saaddareh (46/38), cuivre, 209  
 Safflorite, 196  
 Saghend (55/32), fer, 177, 258  
 Saghi (57/36), cuivre, 232  
 Sardagh (57/26), chrome, 195  
 Sargas (57/28), manganèse, 267  
 Saveh-Téhéran, région de, cuivre, 217  
 Saveh-Kazvin-Téhéran, région de, fer, 254; plomb, 280; soufre, 291  
 Sayledareh (46/38), cuivre, 209  
 Sébarz (53/33), cuivre, 180, 242; nickel, 180, 270  
 Semnan (53/37), fer, 171, 172, 256  
 Sendjedeh (48/37), cuivre, 178; plomb, zinc, 178, 277  
 Senghabin (47/36), fer, 253  
 Sengeroud (49/36), plomb, 172  
 Sengh-i-Sefid (57/36), cuivre, 232  
 Shabasi (57/26), chrome, 195  
 Shahabdulazim (51/35), plomb, 172, 281  
 Shahalibaghrou (48/37), cuivre, 178; plomb, zinc, 178, 279  
 Sharabian (47/37), fer, 177  
 Shekhterabad (47/37), cuivre, 214  
 Sheyvardag, 173, 200, 209  
 Shirlandareh (47/37), cuivre, 215  
 Shirmard (47/36), mercure, 181, 268  
 Shourab (58/33), antimoine, 181, 191  
 Siahgaroun (56/27), cuivre, 248  
 Siahrahn (47/37), cuivre, 215  
 Siahwaroud (48/37), fer, 172, 255  
 Sirdjend (50/35), cuivre, 178, 217; fer, 217; pyrite, 178  
 Skomahari (57/26), fer, 267  
 Smaltine, 196, 239  
 Sohel (53/33), fer, 177, 257  
 Sorkhdareh (58/35), cuivre, 178, 232; pyrite, 178, 232  
 Sorkhpay (57/35), cuivre, 178, 230; pyrite, 178, 230  
**Soufre**, 289; Azerbeïdjan, 182, 289; Golfe Persique, 185, 293; Mianeh, région de, 291; Saveh-Kazvin-Téhéran, région de, 291; Khorassan, 292; Yezd, région de, 292  
 Stibine, 181, 189, 276  
 Subdivisions tectoniques, les, 169  
 Sud-Sabzëwar, district du, 226  
 Sungun (46/38), cuivre, 174, 203; pyrite, 174, 290; carte géologique de, 204

**T**

Tabbas (57/34), plomb, zinc, 282  
 Tafmorad (57/33), cuivre, 247  
 Tahvir (49/36), cuivre, 217  
 Takht-i-Soleiman, massif du, 181, 212, 291  
 Talehzard (53/32), soufre, 293  
 Talkkeh (53/33), cuivre, 179, 243  
 Talmessi (53/33), cobalt, 180, 197; cuivre, 180, 238; nickel, 180, 270; carte géologique de, 238  
 Tapehmashan (47/36), fer, 252  
 Tarikdareh (60/35), arsenic, 172, 191  
 Tarkht (47/37), pyrite, 178, 291  
 Tarom (48/36), cuivre, 215  
 Tazehkand (48/36), cuivre, 215  
 Tektekeh (52/33), cuivre, 234  
 Tengeh-i-Ashin (57/28), chrome, 184, 195  
 Teukalhareti (57/34), plomb, zinc, 282  
 Tiran (51/32), plomb, 184  
 Tokmedash (46/37), fer, 177  
 Torkemani (54/33), antimoine, 181, 190  
 Torpakhlou (47/36), fer, 252  
 Touyeh (53/35), fer, 171, 256  
 Transcaucasie, métallogénie de la, 173, 202  
 Tshaft (54/33), or, 180, 276  
 Thahabinil (51/32), plomb, zinc, 284  
 Tshahpalengh (54/33), cuivre, 179, 244  
 Tshahsefid (53/33), cuivre, 244; fer, 177, 257  
 Tshamirtshilan-Garadesh (48/36), cuivre, 216; or, 216  
 Tsharik (53/32), plomb, 288  
 Tshemtal (45/38), cuivre, 174, 211; pyrite, 174, 290  
 Tshenarpol, dévonien de, 176

Tsheshmehabishour (53/33), nickel, 271  
 Tsheshmehasp (57/35), cuivre, 229  
 Tsheshmehgaz (57/35), cuivre, 228  
 Tsheshmeh-Mahad-Ghazim (57/34), cuivre, 248  
 Tshehmehkarim (53/33), nickel, 273  
 Tshesmehsendjid (53/33), nickel, 273  
 Tshoghoundarsar (56/36), arsenic, 224, cuivre, 224  
 Tshount (57/35), cuivre, 178, 231; or, 178, 231; pyrite, 178, 292

**U V W X Y Z**

Unités orogéniques, les 4, 170, 186  
 Usbekkouh (57/34), plomb, zinc, 282  
 Uzeh (47/36), fer, 253  
 Uzundareh (48/37), cuivre, 178; plomb, zinc, 279; voir aussi Shahali-baglou, 178  
 Valilo (46/38), arsenic, 174, 192  
 Wulfénite, 180, 269  
 Yarazis (47/36), mercure, 181, 268  
 Yekabad (50/35), fer, 182  
 Yezd, région de, cuivre, 245; soufre, 182, 292  
 Yourghounaghatsh (47/36), soufre, 182, 291  
 Zaloubolagh (50/35), cuivre, 178, 217; plomb, zinc, 178  
 Zardeh Gourdan (49/36), cuivre, 217  
 Zarehshouran (47/36), arsenic, 181, 193; or, 182, 274  
 Zarikan (55/31), fer, 261; molybdène, 180, 269; plomb, 180, 181, 288  
 Zendabad (46/38), cuivre, 174, 209  
 Zenghelo (57/35), cuivre, 228  
 Zéolite, 179, 220, 222, 227  
 Zereshlou (47/37), cuivre, 215  
**Zinc**, voir plomb  
 Zirehtaneh (55/31), plomb, 288