

ALGER

Alger, le 25 novembre 1954

/8/55/

Rapport statistique sur le Gisement de GUETTARA

- Le chantier de Guettara est actuellement (n° 1954) assez avancé, et les résultats des analyses sont suffisamment nombreux pour qu'il soit possible de procéder à un ajustement statistique des données disponibles. Tel est l'objet du présent rapport.
- Le problème fondamental à Guettara est celui de l'Arsenic. Il a donc été procédé également à l'étude de la répartition de l'Arsenic, et cette étude a mis en lumière, par des voies purement statistiques, un fait intéressant: le gisement n'est pas homogène, mais peut être considéré comme le résultat de la superposition de deux gisements de manganèse, l'un très riche en As et à teneurs faibles en Mn, l'autre moins riche en As et à forte teneur en Manganèse.

I Séparation des données, zones I et II

Le premier travail statistique a consisté à ajuster les données des analyses chimiques des échantillons prélevés. Pour des raisons évidentes d'homogénéité, on n'a tenu compte que des prélèvements provenant des puits, à l'exclusion des données relatives aux galeries, qui sont traitées à part.

Le mode de prélèvement est le suivant : une pelletée est prélevée sur chaque cuif-fat, soit une dizaine de pelletées par volée (100 à 200 Kgs), la volée correspondant à une cinquantaine de cm. Les échantillons sont concassés, puis quartés à 20 kg environ avant d'être envoyés à l'analyse.

Si l'ajustement des données relatives au manganèse était à la rigueur acceptable, et en fait ^{est} la dispersion ^{qui} si faible il était à priori possible d'obtenir un ajustement acceptable en choisissant convenablement la teneur limite inférieure. Le diagramme de Henry a mis en évidence, pour l'arsenic, une courbe qu'il n'était pas possible d'assimiler à une droite (Planche I). L'histogramme des fréquences (Fig. 1), avec ses deux modes distincts, suggère une décomposition en deux populations hétérogènes.

^{Intuitivement} Cette décomposition apparaît ~~intuitivement~~ ^{sur le nuage As Mn} sur le nuage As Mn (Planche II). Sur ce diagramme ont été portées en échelle logarithmique en abscisse les teneurs en Mn, et en ordonnées les teneurs en As, de sorte que chaque point représente un résultat d'analyse.

Il n'est pas besoin de longs discours pour se convaincre qu'il existe trois zones sur ce diagramme.

En bas et à droite apparaît un nuage de points bien groupés, sans corrélation apparente. C'est ce que j'appelle la zone I. Elle correspond à des teneurs en Mn allant de 38 à 56 %, avec des teneurs en arsenic inférieures à 1.5 %.

.../...

En haut et à droite apparaît un second nuage, allongé, à corrélation négative très forte. C'est la zone II. Elle correspond à des teneurs en manganèse un peu plus faibles, allant de 34 à 54 % et à des teneurs très fortes en As (supérieures à 1 %).

Les points restant forment un nuage diffus à corrélation négative également. C'est la zone III, qui correspond à des teneurs en manganèse inférieures à 38 %, et qui ne présente donc pas d'intérêt.

Géologiquement cette zone III représente les ^{Grims} ~~rochers~~ d'arkoses ou de cinérites très faiblement minéralisées, tandis que les deux premières représentent le minerai proprement dit.

Le gisement de GUETTARA résulte donc de la superposition des zones I et II -

- Critère pratique permettant de séparer les zones I et II -

Seul l'arsenic peut fournir un tel critère.

- Pour une teneur en As supérieure à 1,5 %, et une teneur en Mn supérieure à 34 %, l'échantillon appartient à la zone II.
- Pour une teneur en As inférieure à 1 % et une teneur en Mn supérieure à 38 %, on est dans la zone I.
- En ce qui concerne les teneurs en As comprises entre 1 et 1,5 %, associées à des teneurs sérieuses (supérieures à 39 %) en Mn, il y a ambiguïté. On peut seulement dire de façon générale que l'échantillon a plus de chances de provenir de la zone I si la teneur en manganèse est inférieure à 47 %, et plus de chances d'appartenir à la zone II si elle est supérieure. En pratique, la comparaison avec les échantillons voisins provenant du même gîte permet presque toujours de lever l'ambiguïté.

II Ajustements des données

Arsenic Fort et Arsenic Faible -

En premier lieu, et à titre de curiosité, on a procédé à l'ajustement de toutes les teneurs en As, après séparation en deux groupes, que j'appelle As fort et As faible, suivant le critère ci-dessus, mais sans s'imposer de seuil en ce qui concerne les teneurs en Mn.

Les deux ajustements sont excellents (Planche III). L'arsenic fort montre cependant un décrochement aux teneurs élevées, qui s'explique si l'on se souvient de la forte corrélation négative entre As et Mn pour la zone II. Il est bien évident que là où la teneur en Mn est faible, donc la teneur en As forte, il a été procédé à un nombre relativement moins grand d'analyses.

.../...

Arsenic I et Arsenic II -

Pour ces deux ajustements au contraire, n'ont été retenues que les données relatives aux zones I et II ci-dessus définies c'est à dire liées au ln exploitable, ces deux ajustements sont également très bons (planche IV).

As I montre une médiane légèrement plus faible et une concentration a légèrement plus fortes que As faible, donc une moyenne plus faible.

As II donne une médiane deux fois plus faible (3.35 au lieu de 6.7) et une concentration a nettement plus forte que As fort (1.45 au lieu de 1.06), donc une moyenne beaucoup plus faible (4.25 au lieu de 10 %).

As I et As II apparaissent comme des sous populations homogènes des populations homogènes As faible et As fort.

Les moyennes plus basses et les concentrations plus élevées s'expliquent par le fait que la densité du minerai est plus élevée que celle des autres roches, et que par suite les teneurs pondérales en As y sont à priori plus faibles. De plus la forte corrélation négative entre As et ln dans la zone II explique l'amplification de cet écart, les teneurs en As étant systématiquement d'autant plus faibles dans cette zone que les teneurs en ln y sont plus élevées. Nous verrons plus loin l'interprétation de cette corrélation négative.

Manganèse I et Manganèse II -

Les deux ajustements sont bons (Fig.2), ln I a une médiane et une moyenne plus fortes que ln II, mais le même coefficient r . Ce coefficient est d'ailleurs très élevé (11.7) ce qui est normal, les gisements de manganèse étant du type "tout ou rien".

Les corrélations -

Entre As I et ^{ln I} apparaît une faible corrélation positive $P = 0.16$. Elle n'est pas significativement différente ^{de zéro} au seuil $1\% = 5\%$. Son interprétation serait difficile.

Entre As II et ln II existe une très forte corrélation négative $P = -0.97$. Il existe pratiquement dans cette zone une relation fonctionnelle entre les teneurs en As et ln. Cette relation est la suivante:

$$As \% = 3.35 \left\{ \frac{x}{41.6} \right\}^{-7.84} \approx 1.015$$

x étant la teneur en ln. Cette relation donne en réalité la valeur moyenne de As % pour x donné. Elle n'est autre que la loi d'action de Masse. La loi véritable serait par exemple:

$$(Ln)^8 (As) = K = (41,69)^8 \pm 3,35$$

L'exposant 8 est égal au rapport des coefficients et il correspond à la relation fonctionnelle, c'est à dire à $\rho = -1$.

Le fait surprenant que la loi d'action de Masse soit pratiquement vérifiée dans la zone II indique que le dépôt de l'arsenic II a dû se faire dans un temps très bref et dans de conditions physicochimiques remarquablement constantes, et qu'il n'y a pas eu de remise en mouvement ultérieure.

II Interprétation des résultats

Répartition Géologique des zones I et II -

La première chose à faire est de chercher s'il existe une telle répartition, ou si les zones I et II sont distribuées au hasard. Il est facile de classer les puits en 3 groupes, le premier contient les puits où il n'y a pas de bancs à As II, le second ceux où coexistent à des profondeurs différentes As I et As II, le troisième les puits où As II se rencontre seul.

Le diagramme (planche V) montre une grande flèche d'Arsenic, élargie à sa base contre la faille A et traversant de part en part tout le gisement de Guattara -
traversant le gisement

Interprétation -

On pense alors à un schéma tel que le suivant:

- Initialement il existait un gisement homogène de manganèse, sans arsenic ou plus probablement avec des teneurs en As comparables à celles de la Zone I -
- Ensuite, venant de la faille A, des solutions traversent le gisement et déposent de l'Arsenic sous forme de tilazite à hautes teneurs. Corrélativement, et conformément à la loi d'action de Masse, il y a départ d'une partie du manganèse.
- Dès lors le gisement cesse d'être homogène. Les parties qui n'ont pas été atteintes par la venue arsenicale, donnent une image du gisement primitif, dont les paramètres doivent être à peu près les mêmes que ceux de la zone I. Là au contraire où la tilazite n° II s'est déposée, il y a un appauvrissement en manganèse, donc diminution de la moyenne et de la médiane, sans modification de la dispersion.

C'est pourquoi le gisement actuel doit être considéré comme la superposition de deux gisements de même type (de même dispersion) mais de moyennes différentes.

.../...

Les analyses chimiques ont montré que l'arsenic, dans les 2 zones, est toujours sous forme de tilazite. A l'œil nu, les échantillons très arsénisés montrent parfois des filonnets blanchâtres de tilazite. Au microscope et sur les échantillons de la Zone II seulement on peut voir la tilazite cristallisée, sous forme de filonnets traversant la braunite, ou parfois des taches en étoiles dans le manganèse qui évoquent un phénomène métasomatique. Cette tilazite visible apparaît toujours comme postérieure au manganèse, aux dépens duquel elle s'est formée. Au contraire, sur les échantillons de la zone I la tilazite n'est jamais visible, bien que les analyses obligent à reconnaître son existence.

On doit donc admettre une seconde forme finement diffuse et invisible de tilazite, qu'il est facile d'identifier à As I, alors que As II correspond à la tilazite hydrothermale et métasomatique seule visible au microscope et nettement postérieure.

La pétrographie confirme donc la distinction des deux arsenies établie jusqu'ici par des voies purement statistiques.

Il n'est pas possible, en l'état actuel des choses, de dire si la tilazite I est contemporaine du gisement primitif, si elle est apparue avant la transformation des silicates primaires en braunite ou si elle est postérieure. Cela n'a pas d'ailleurs grand intérêt. Tout ce que l'on peut dire c'est que sa venue a dû s'étaler sur une période de temps assez longue, dans des conditions physico-chimiques assez variables pour effacer toute corrélation entre les teneurs en As et en Mn.

La venue de la tilazite hydrothermale au contraire, nettement postérieure, a dû se faire en une seule phase très brève et dans des conditions bien déterminées, après quoi le gisement a été figé en son état et ne s'est plus modifié. C'est pourquoi la loi d'action de Lasse a pu être conservée. Il serait intéressant, à cet égard, de préciser la relation entre la tilazite hydrothermale et les filons tardifs à oligiste et fluorine, où la présence de tilazite n'a jamais été indiquée. Si ces filons étaient postérieurs à la tilazite II, on comprendrait mal comment leur venue ne s'est pas accompagnée d'une réaction en mouvement effaçant la loi d'action de Lasse. S'ils sont antérieurs, cela signifierait que la tilazite ne s'est déposée que là où il y avait du manganèse.

Du point de vue pratique, la distinction de ces deux formes pourrait conduire à pratiquer l'élimination de As en deux étapes, la tilazite II étant éliminée par un traitement physique par exemple, un procédé plus pénétrant venant ensuite à bout de l'arsenic diffus du type I.

III Calcul du tonnage -

Il existe deux méthodes possibles P désignant la densité du minerai, h la hauteur minéralisée et x la teneur en manganèse, on peut calculer pour chaque puits la quantité.

$$Q = \sum h_i P_i x_i$$

trouver la loi de distribution de P et multiplier sa valeur moyenne par la surface du gisement. On évalue ainsi le tonnage métal, Ou bien on calcule les quantités analogues

$$T = \sum h_i P_i$$

et la valeur moyenne de T multipliée par la surface donne le tonnage minéral. C'est cette dernière méthode qui a été adoptée. La densité P dépend des teneurs x et y en Mn et As =

$$P = \frac{2,6}{1 - 0,72x - 0,95y}$$

Toutefois il est apparu que P variait assez peu autour d'une valeur moyenne égale à 3,9, et le fait que les hauteurs h_i des vallées sont indépendantes de la richesse du minéral a incité à peser pour simplifier les calculs:

$$T = 3,9 \sum h_i = 3,9 h$$

où h est la hauteur minéralisée du puits. Les surfaces des zones I et II ont été évaluées sur le plan au millième, d'après des contours tenant compte à la fois des données de la géophysique et de la géologie (planche V).

Le tableau suivant résume les résultats de ce calcul. Pour des teneurs limites inférieures x égales à 34, 39, 40, 41 et 48 % on lit successivement dans chaque ligne: le tonnage du minéral de la zone I, sa teneur moyenne en Mn et en As, le tonnage du minéral de la zone II et sa teneur moyenne en Mn et As, le tonnage total (zones I et II) et les teneurs moyennes correspondantes

x	T_1	Mn I	As I	T_2	Mn II	As II	T	Mn	As
	tonnes			tonnes			tonnes		
34%	595.000	47.4%	0.51%	279.000	42 %	4.25%	869.000	45.5%	1.69%
39%	590.000	47.5	0.512	219.000	43.1	3.03	809.000	46.2	1.19%
40%	580.000	47.6	0.513	186.000	43.6	2.64	766.000	46.5	1.03%
41%	570.000	47.8	0.515	158.000	44.3	2.36	728.000	47.0	0.92%
48%	255.000	59	0.65	16.000	50	0.90	271.000	58	0.665

En gros, on peut compter sur 800.000 tonnes de minéral à teneur supérieure à 39 %, à teneurs moyennes 46 % de manganèse et 1,2 % d'arsenic - 50.000 tonnes seulement sont à moins de 0,2 % d'Arsenic.

Ces valeurs ne concernent que le secteur central et représentent le tonnage reconnu dans cette zone à la date du 23 Novembre 1954. Il n'appartient pas à la statistique d'évaluer des tonnages probables et possibles, le flair et l'expérience du géologue étant à cet égard irremplaçables.

Cependant si les zones d'anomalies géologiques des puits A et B constituaient des extensions du gisement, il serait possible de se faire une idée assez précise de leurs teneurs à partir d'un petit nombre de puits ou de sondages. Le paramètre à évaluer en effet le même qu'au Secteur Central, il n'y aurait que la médiane à évaluer. Le procédé le plus économique consisterait à faire quelques sondages. Il est permis d'ailleurs de se demander pourquoi l'on a préféré foncer des puits plutôt que de faire deux sondages profonds, le minéral éventuel responsable des anomalies géophysiques pouvant, semble-t-il, fort bien se trouver au dessous des 50 mètres, profondeur limite à laquelle il est convenu de limiter les puits A et B.

IV Les données des Galeries -

Trois galeries G¹, G² et G³ d'une longueur totale de 100 mètres environ ont été tracées à une profondeur de 15m. Leur visite est instructive, elle fait apparaître la complexité de la tectonique de détail et la nature lenticulaire du gisement. Ces galeries sont situées de telle façon que l'on peut s'attendre à y trouver du minéral du type I aussi bien que du type II. On a analysé une centaine d'échantillons prélevés, à raison de un par mètre de 1m à 1,50m, par palotée sur le tout venant, de sorte que ces analyses représentent des moyennes entre minéral et intercalations stériles.

- l'ajustement des données relatives au manganèse est bon. Il fournit une dispersion plus grande, une médiane et une moyenne plus faibles que celles trouvées pour le I. L'explication de cet écart doit être cherchée dans le mode de prélèvement, qui mélange minéral et stérile.

Pour un gisement du type de Guettara, un prélèvement opéré sur le tout venant fausse systématiquement les données.

- Bien qu'il y ait des teneurs très élevées en arsenic, l'ajustement relatif (Planche VI 1) à l'arsenic est mauvais et l'histogramme (Fig.4) suggère la superposition de 2 populations, séparées approximativement par la teneur 0,50 %.

L'arsenic à teneur inférieure à 0.50 % donne un bel ajustement (Planche VI, 2). La moyenne et la médiane sont très basses (0.19 et 0.18) la concentration de la zone 2 est plus élevée que pour As I (2.95 contre 1.85). On est dans une partie particulièrement pauvre en Arsenic.

L'arsenic à teneur supérieure à 0.5 % n'a pas fait l'objet d'un ajustement, d'abord en raison du trop petit nombre de données, ensuite parce qu'un tel ajustement n'aurait pas de sens, comme nous allons le voir.

Muage Mn As pour les galeries - (Fig.5) -

En bas et à droite on trouve encore un nuage normal, sans corrélation et bien groupé, correspondant à des teneurs élevées en Mn et faibles en As. On doit l'identifier à la Zone I.

Par contre, il n'apparaît rien de semblable à la Zone II. Les points restent formellement un nuage diffus, anormal, à corrélation apparente positive. Cette corrélation apparente est ici encore liée au mode de prélèvement. Plus importantes sont les intercalations stériles et plus basses devenant simultanément les teneurs As et Mn, d'où corrélation positive apparente.

Le prélèvement sur tout venant masque donc les corrélations véritables.

Si la zone I n'a pas été défigurée de cette façon, c'est que cette zone est représentée par des bancs épais et massifs de minéral peu arsénisé, bancs qui constituent à eux seuls, sans intercalations, les parements de la galerie. Au contraire le minéral arsénisé est accompagné de nombreuses passées stériles, et sans doute aussi de recurrences de minéral non arsénisé, de sorte qu'il est inutile de chercher à exploiter les données correspondantes.

A titre de vérification il a été procédé à l'ajustement à part des données appartenant au nuage I (Fig.6). On trouve pour le manganèse une médiane de 47.5 et une concentration $a = 12.9$. C'est à dire que cette population ne doit pas être distinguée du Mn I. Le fait que la médiane est un peu plus forte doit être simplement rapproché de la faiblesse des teneurs en Arsenic. La différence n'est pas significative au niveau 5 %.

V Conclusion -

L'étude statistique du gisement de Guettara s'est montrée particulièrement fecunde. La simple mise en oeuvre des résultats d'analyse, mobilisant un appareil mathématique des plus sommaires a mis en lumière les faits suivants:

- 1°) Le gisement est hétérogène, cette hétérogénéité est due à l'existence de deux formes de tilazite. Cette constatation a conduit à une hypothèse sur la genèse du gisement (venue d'arsenic en deux phases distinctes) -
- 2°) La loi d'action de lausca, est pratiquement vérifiée dans la zone II, et cette remarque permettra peut-être de se faire une idée des conditions de la venue arsenicale.

- 3°) Le prélèvement sur tout venant, pour un gisement du type "tout ou rien" est à proscrire formellement: il abaisse les moyennes, augmente les dispersions et masque les corrélations.

Ces résultats, ainsi que le calcul précis du tonnage effectué dans la première partie, n'ont pas demandé plus d'une semaine de travail. On peut donc conclure à la rentabilité de l'application de la méthode statistique à la reconnaissance des gisements.

VI Annexes -

On a réuni en annexe un certain nombre de résultats numériques *très* intéressants.

- L'annexe 1 présente sous forme de tableau les valeurs des paramètres de tous les ajustements effectués, accompagnées des intervalles de confiance à 95 %.
- L'annexe 2 justifie le calcul du tonnage. Le premier tableau présente les calculs des teneurs moyennes en As et Mn pour différentes valeurs du seuil de manganèse. Le second donne le tonnage total du minéral. Le tableau présenté dans la troisième partie se déduit des deux précédents en multipliant, pour chaque valeur de x et pour chaque zone, le tonnage total par le pourcentage G (x) porté sur la feuille de calcul des moyennes.

G.M.H.

[illegible]

GUETARA Annexe 2

Calcul des moyennes

As II

<u>z</u>	<u>h</u>	<u>h - PG₂</u>	<u>G (z)</u>	<u>G (h - PG₂)</u>	<u>(h^p) z (As)</u>
39	- 0.85	- 0.181	0.80234	0.5718	3.03
40	- 0.485	+ 0.184	0.68615	0.4270	2.64
41	- 0.195	+ 0.464	0.57720	0.3212	2.36
48	+ 1.548	+ 2.217	0.06	0.013	0.9

As I

39	- 2.315	- 2.401	0.9897	0.9918	0.512
40	- 1.948	- 2.034	0.9744	0.9790	0.513
41	- 1.658	- 1.744	0.9515	0.9594	0.515
48	+ 0.190	+ 0.1036	0.4247	0.5674 0.4686	0.55

Mn II

<u>z</u>	<u>h</u>	<u>h - 6</u>	<u>G (z)</u>	<u>G (h - 6)</u>	<u>(h¹) z</u>
39	- 0.85	- 0.935	0.8023	0.8251	43.10
40	- 0.485	- 0.570	0.6861	0.7156	43.60
41	- 0.195	- 0.280	0.5772	0.6102	44.30
48	+ 1.548	+ 1.463	0.060	0.0718	50

Mn I

39	- 2.315	- 2.40	0.9897	0.9918	47.5
40	- 1.948	- 2.033	0.9744	0.979	47.6
41	- 1.658	- 1.743	0.9515	0.9594	47.8
48	+ 0.190	+ 0.105	0.4247	0.5414 0.4686	51

Tonnage de Minerai (Secteur central)

	<u>S</u>	<u>H</u>	<u>P</u>	<u>V</u>	<u>T</u>
Zone I	393.000 m ²	3.9 m	3.9	153.000 m ³	595.000 tonnes
Zone II	236.000 m ²	2.9 m	4	68.500 m ³	274.000 tonnes

Planche I. Guellara. Arsenic lié aux teneurs en Mn
supérieure à 33 %

$N = 102$

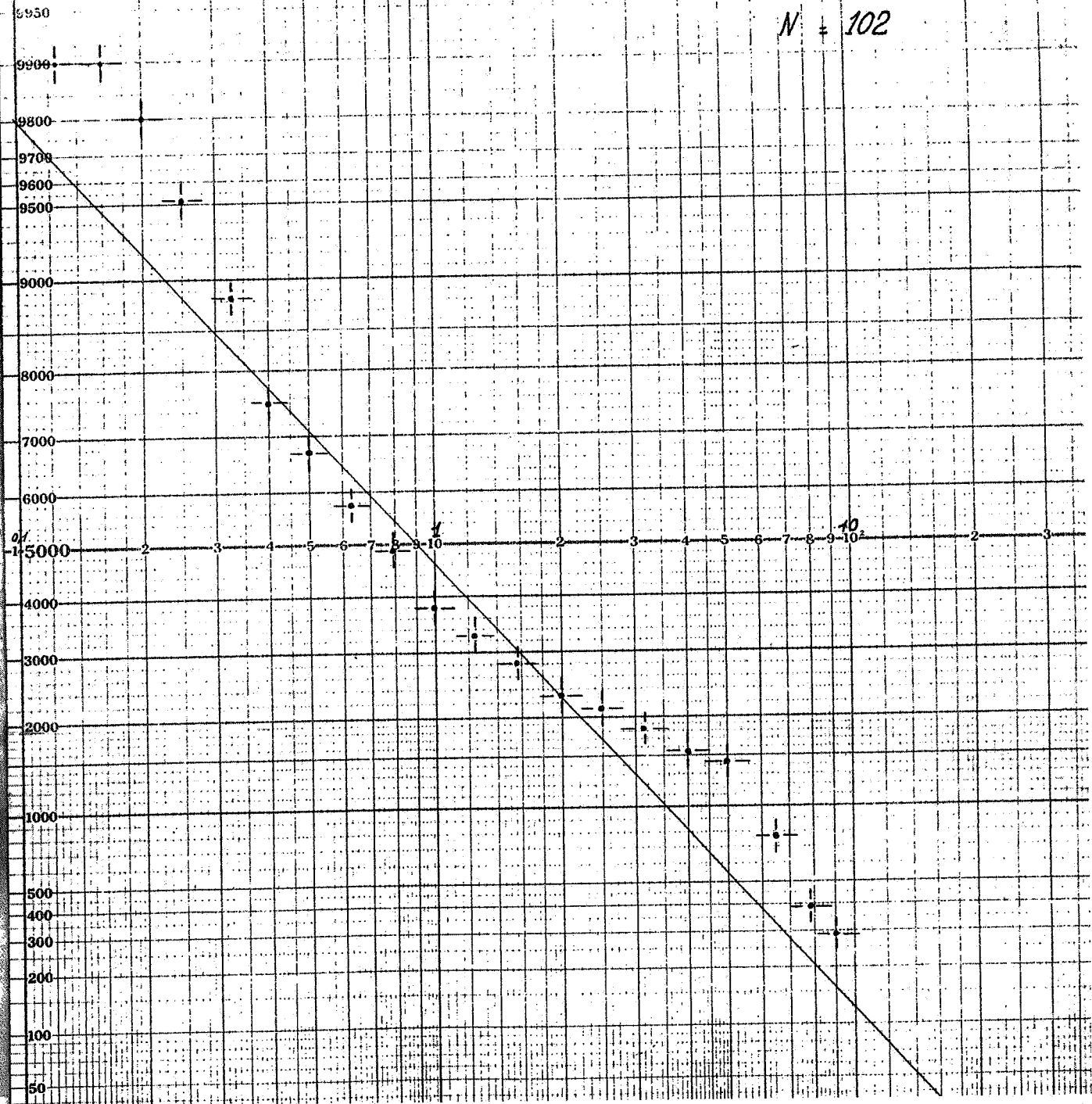
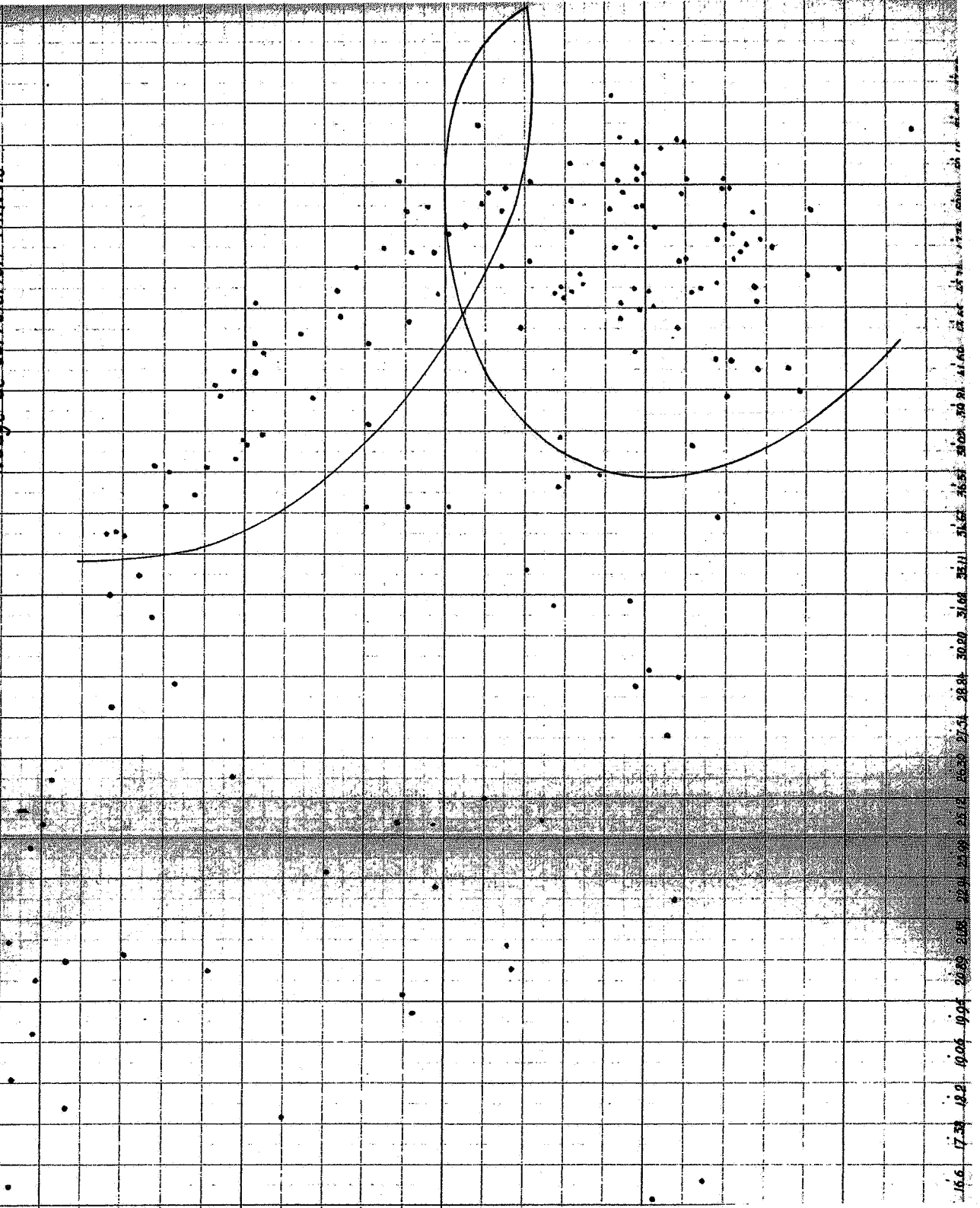


Planche II Guétiara
Nuage de corrélation Mn-As



Guettara - Planche III - Arsenic Fort et Arsenic Faible

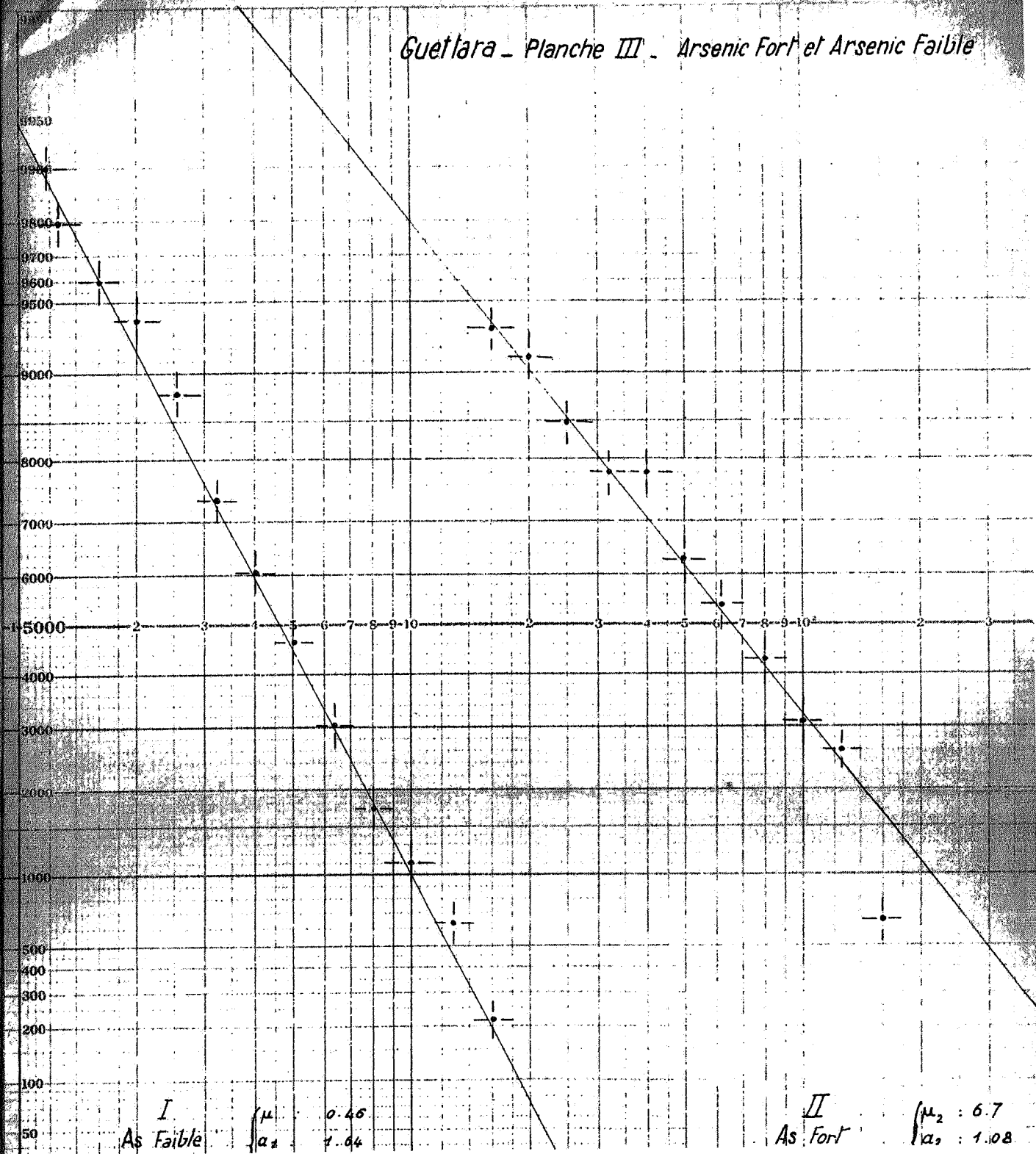


Planche IV. Gueffara. As lié à Mn exploitable.

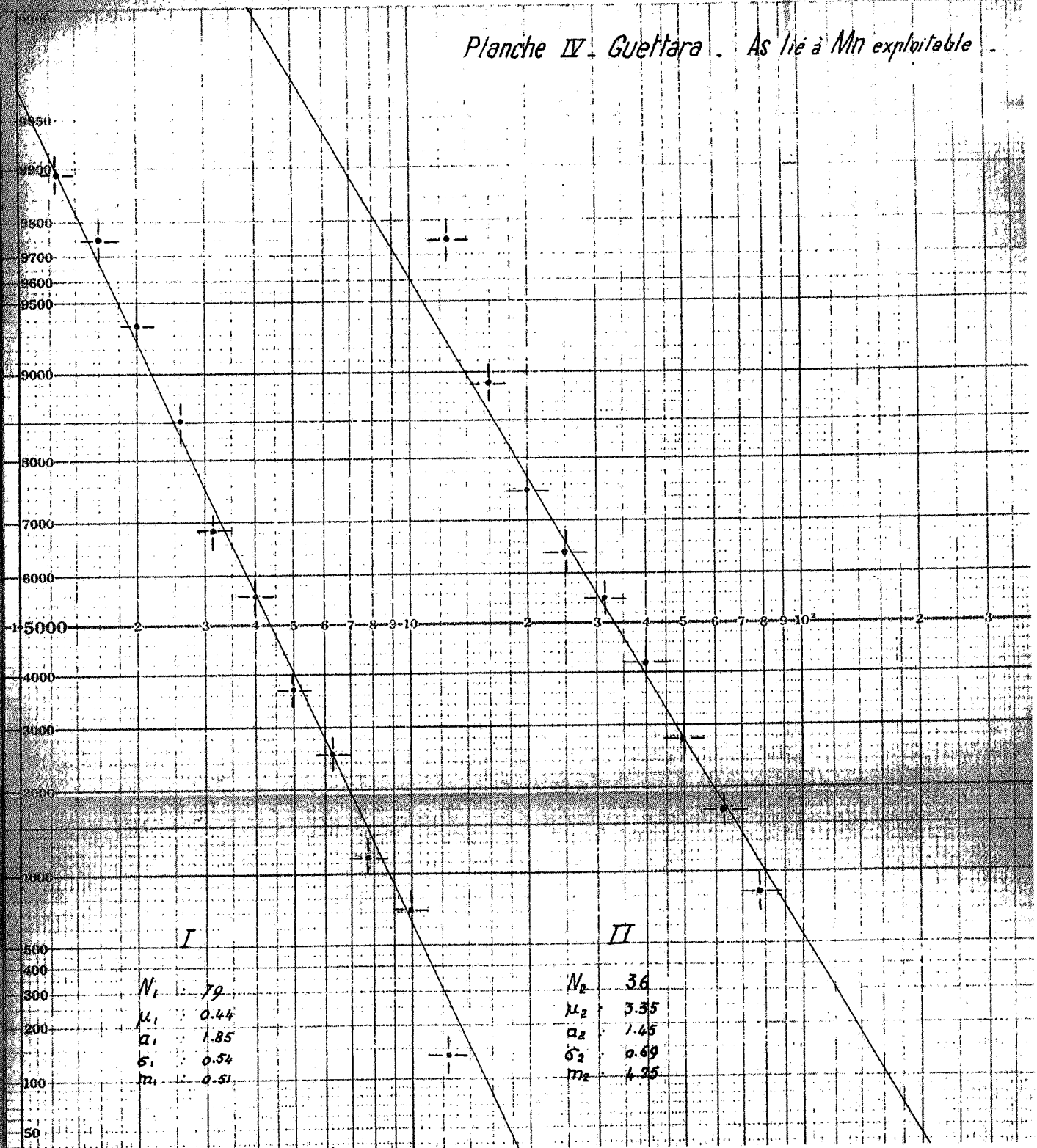


Planche V - GUETTARA - Secteur Central



Zone où l'on ne rencontre que As II } Les hachures représentent
Zone où l'on rencontre As I et As II } la "flamme" d'arsenic
Zone où l'on ne rencontre que As I

Echelle 1/1000

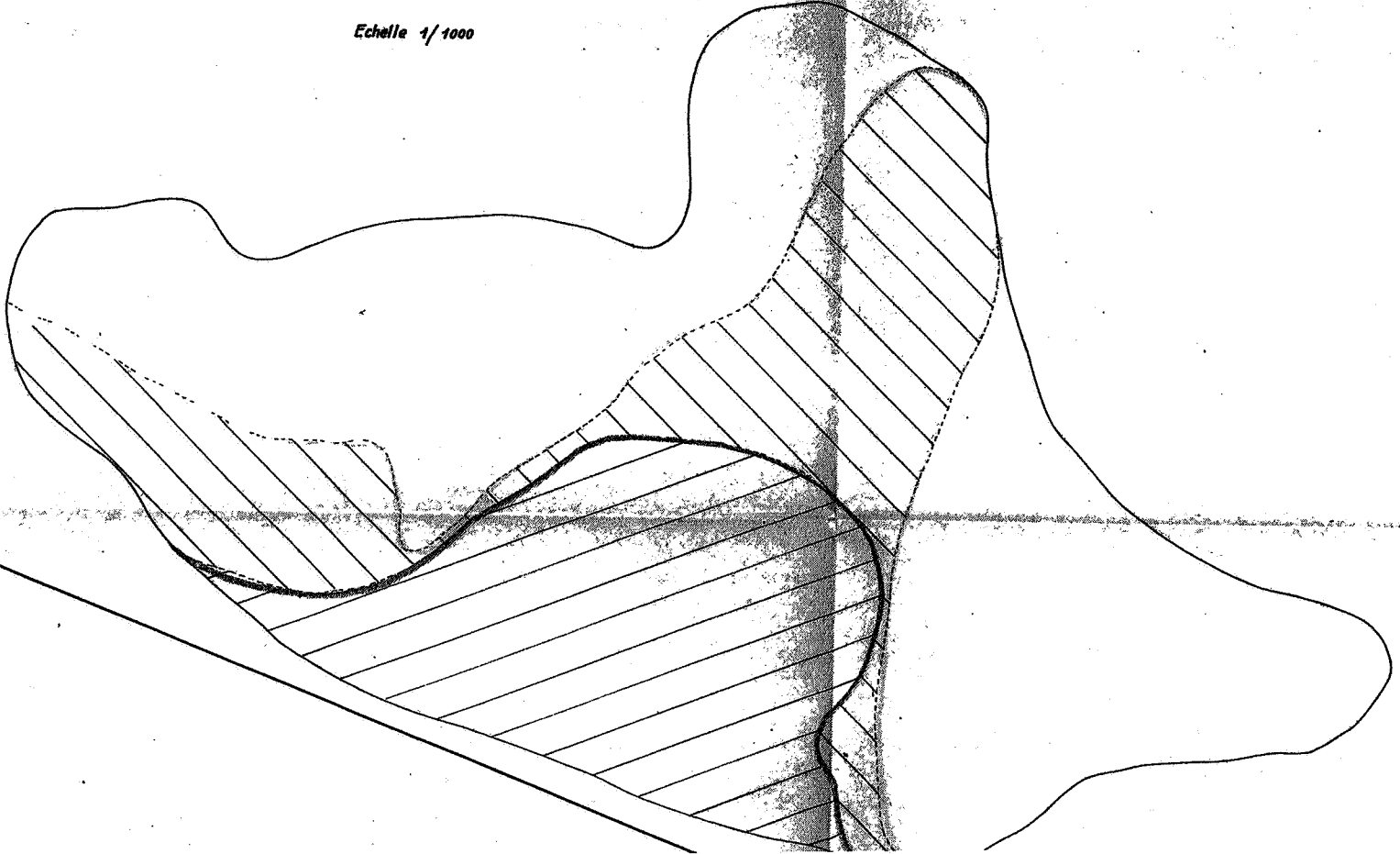




Fig 1 Guellera Arsenic. Histogramme des Fréquences

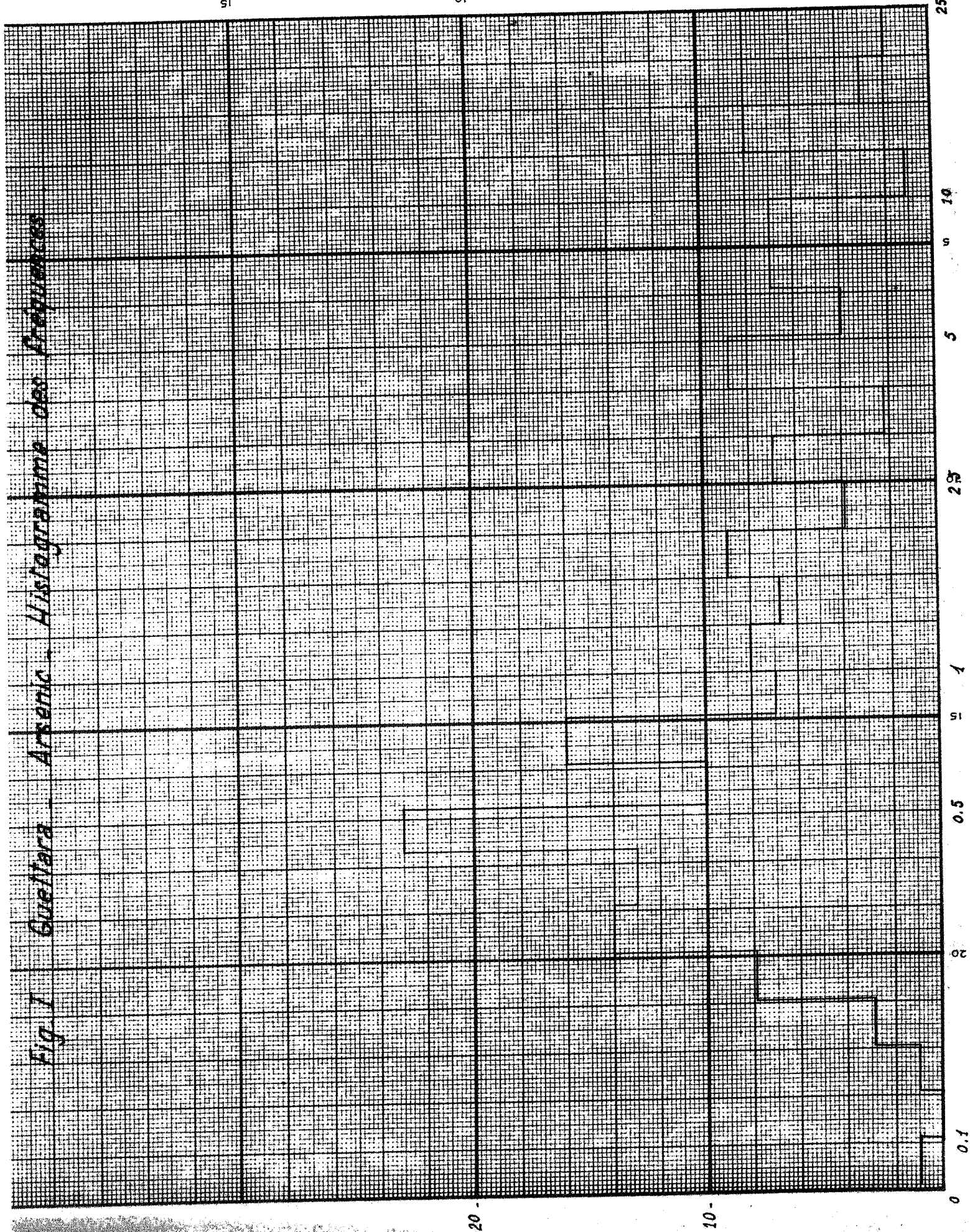


Fig 2 Guellara Mn
séparé en deux classes

I 176 à 40 faible

II 115 à 40 fort

I

II

33.31

65.71 67.80

36.31

67.79

$\bar{M}_1 = 67.8$
 $\sigma_1 = 11.7$
 $N_1 = 70$
 $m_1 = 67.6$

$\bar{M}_2 = 67.69$
 $\sigma_2 = 10.7$
 $N_2 = 71$
 $m_2 = 67.5$

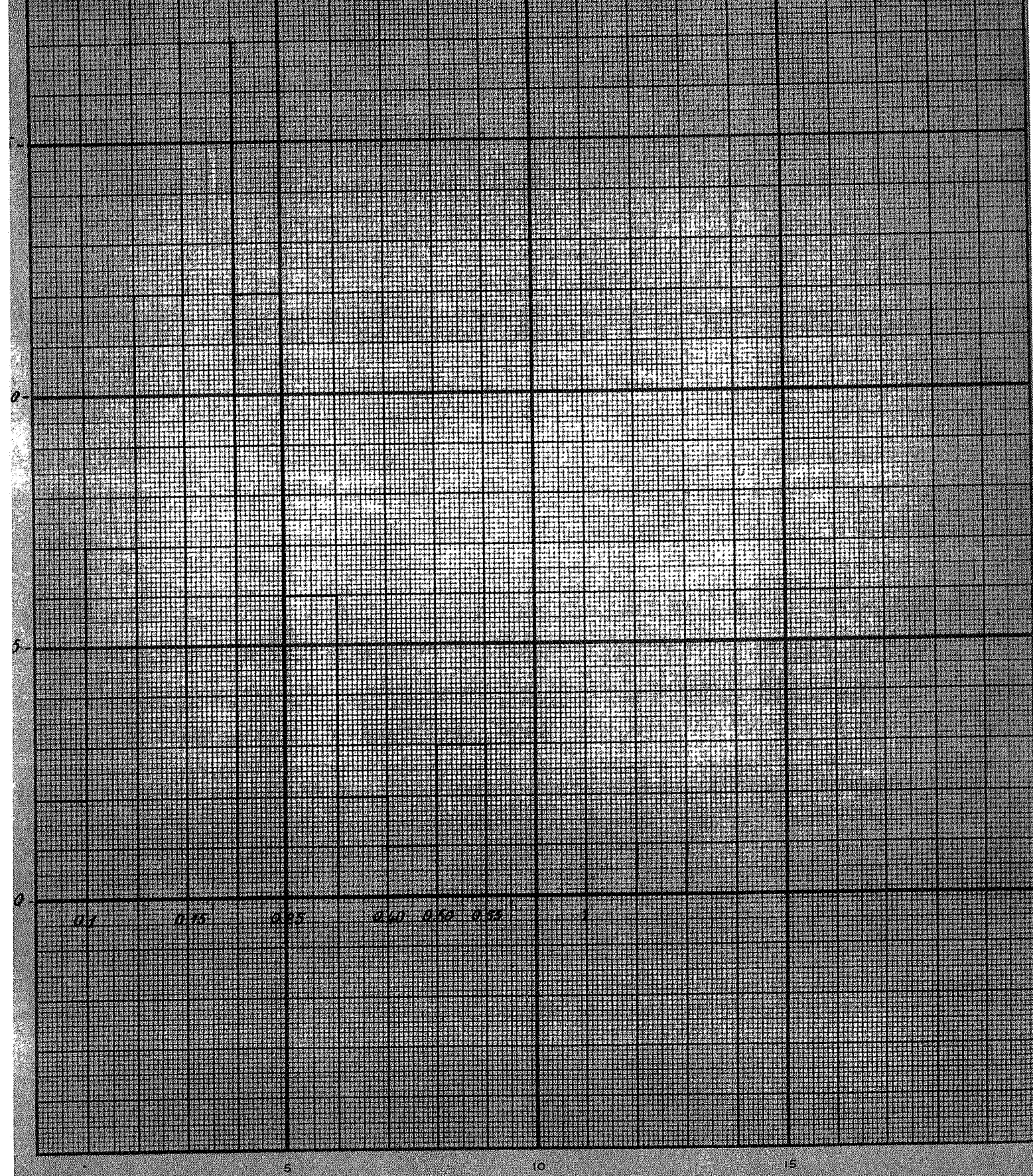
Fig. 3 Guettara Manganèse
(teneur supérieur à 50 des Galeries)

59.71 47.69 45.65 45.71 47.76 50.72 50.48

α	0.2	7.6 < α < 10.8
μ	45.26	45 < μ < 47.5
m	40.9	
σ	0.100	0.095 < σ < 0.105
N	66	

Fig 4. Gueltara - Arsenic des Galeries

Histogramme des fréquences



5

10

15

Fig 5 - Gueltara Nuage Mn - As pour les galeries

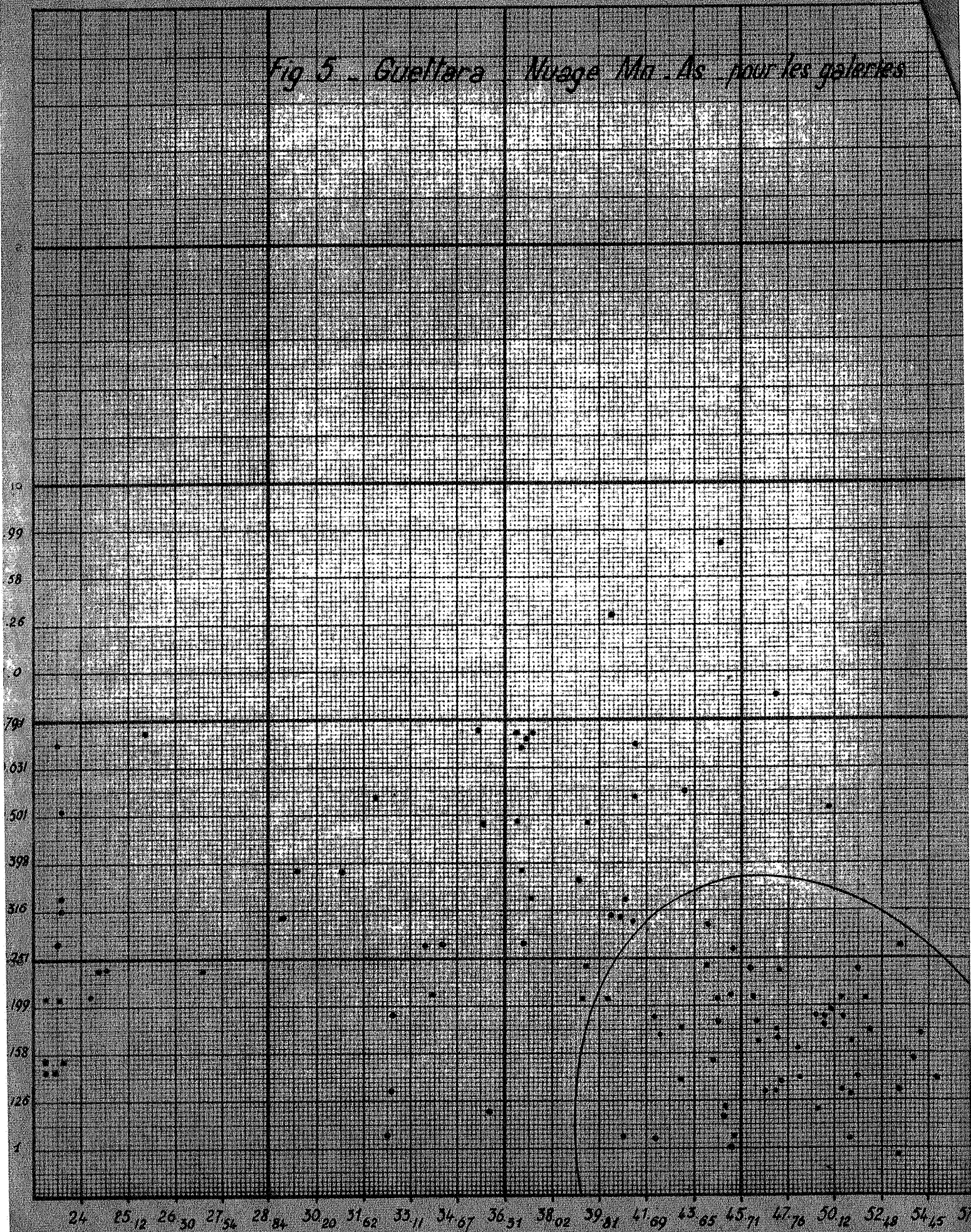


Fig 6. Guellara Galeries Min - I

μ 47.53
 σ 12.9
 m 47.67

41.69 43.65 45.74 47.76 50.12 52.48

G./CC/

Alger, le 16 Mars 1955

- Additif à mon rapport statistique sur GUETTARA -

Depuis Novembre 1954, de nouveaux puits ont été forés, certains des anciens ont été approfondis. Les données disponibles étant plus nombreuses, le tonnage reconnu ayant augmenté de plus de 50 %, il m'a paru utile de reprendre les principaux calculs relatifs à $\ln I$ et $\ln II$. De plus, et pour répondre à une suggestion de M. ROY, les tranches de teneurs inférieures à 34 % ont fait l'objet d'une évaluation. Ces tranches, géologiquement et statistiquement distinctes de $\ln I$ et $\ln II$, dont elles constituent la frange faiblement minéralisée, forment une population lognormale indépendante; il n'a pas paru utile pour ce manganèse III, de faire de distinctions fondées sur l'Arsonic. Si besoin est, ces distinctions se feront d'elles mêmes sur le plan RB/14 (février 1955) dressé par M. FRYA-JON et annexé à son rapport d'ensemble RB/9 du 11 février 1955.

Précisons tout de suite que les conclusions du rapport statistique de novembre 1954 ont été rigoureusement vérifiées par les recherches ultérieures. Le seul point douteux, concernant la précision de l'échantillonnage, a pu être éclairci. On pouvait se demander, en effet, si le mode de prélèvement par polletées n'introduisait pas une variance parasite; il n'en est rien. La variance totale d'échantillonnage (variance brute, et non logarithmique) est de 0,06 environ, ce qui signifie que la valeur donnée par le laboratoire a 95 chances sur cent de coïncider avec la teneur réelle de l'ensemble de la volée à $\pm 0,5$ %. La variance brute du gisement étant de 16 environ, il est clair que l'échantillonnage n'introduit pas d'erreur appréciable sur la dispersion du gisement. Cette variance d'échantillonnage se décompose comme suit:

- Prélèvement de 20 polletées par volée, concassage et broyage sur le terrain	0,01
- Broyages et quartages au laboratoire	0,01
- Prise finale de 50 mg et analyse chimique	0,04
	—
Total =	0,06

On voit que le mode de prélèvement n'introduit, par lui-même, à peu près aucune erreur (variance de 0,01, c'est à dire précision de $\pm 0,2$ % au seuil $p = 95$ %).

Le tonnage ayant augmenté, la formule de de WIJS (note st. n°7) laissait prévoir une légère augmentation de la variance. Cette augmentation a été observée, et son ordre de grandeur est bien celui qu'on attendait. L'ancien écart type était de 0,035. Compte tenu des nouveaux tonnages, la formule de de WIJS conduit à un nouvel écart type de 0,037. La valeur observée est 0,036. Compte tenu de la dispersion des évaluations de variance, on peut dire que l'accord est excellent.

.../...

Tonnages et tonours du lin I - Le manganèse I représente 900.000 tonnes à une teneur moyen-
-ne de 47, 2 %. La teneur moyenne en As est de 0,51 %. Ce
tonnage se distribue comme suit (x est la teneur limite d'exploitabilité, m la teneur
moyenne de tout ce qui est supérieur à x, et T le tonnage correspondant):

x	m	T	As
36 %	47.2 %	980.000t	0.51
39 %	47.4 %	966.000	0.512
40 %	47.5 %	948.000	0.513
41 %	47.7 %	920.000	0.515
42 %	48 %	882.000	0.518
43 %	48.3 %	845.000	0.522
44 %	48.6 %	756.000	0.526
45 %	49.2 %	672.000	0.533
46 %	49.8 %	585.000	0.54
47 %	50.4 %	490.000	0.547
48 %	51.2 %	397.000	0.555
49 %	52 %	305.000	0.564
50 %	52.6 %	235.000	0.572

A ce propos, je signale que, dans le tableau de la page 6 de mon rapport, une erreur de calcul m'a fait écrire, en face de $x = 48 \%$, $m = 59$. La véritable valeur est 51%. Les autres valeurs sont correctes. Les différences avec le tableau actuel tiennent à la valeur plus basse de la moyenne (47.2 au lieu de 47.4) et plus forte de l'écart typographique (0,088 au lieu de 0,085).

Tonnages et teneurs du Mangandèse II - Mn II représente 380.000 tonnes à 42 % et 4,25 % d'arsenic. La répartition est donnée par le tableau suivant:

x	m	T	As %
30 %	42 %	380.000t	4.25 %
36 %	42.4 %	362.000	3.70 %
39 %	43.3 %	296.000	2.90 %
40 %	43.9 %	260.000	2.58 %
41 %	44.5 %	220.000	2.30 %
42 %	45.1 %	174.000	2.00 %
43 %	45.8 %	138.000	1.75 %
44 %	46.6 %	103.000	1.53 %
45 %	47.2 %	74.000	1.32 %
46 %	48 %	51.000	1.15 %
47 %	49.6 %	33.000	0.98 %
48 %	50 %	21.000	0.85 %
49 %	50.5 %	12.500	0.77 %
50 %	51 %	7.600	0.65 %

Tonnage total (Mn I + Mn II) - Il représente 1.360.000 tonnes à 45.75 % de Mn et 1.56 % d'arsenic. Par tranches de teneur, on obtient, en faisant la moyenne pondérée des deux tableaux précédents:

.../....

Tonnage total (ln I + ln II)

x	T	ln %	As %
36 %	1.342.000	45.9	1.37
39 %	1.262.000	46.4	1.07
40 %	1.208.000	46.7	0.92
41 %	1.140.000	47.1	0.865
42 %	1.056.000	47.5	0.76
43 %	983.000	47.95	0.695
44 %	859.000	48.4	0.65
45 %	746.000	49	0.61
46 %	636.000	49.65	0.60
47 %	523.000	50.4	0.58
48 %	418.000	51.1	0.57
49 %	317.500	51.9	0.57
50 %	242.600	52.7	0.57

Tonnages et teneurs du ln III - Il s'agit simplement d'une évaluation grossière, et certainement très en dessous de la réalité. La zone à faible minéralisation déborde en effet largement le gisement proprement dit, et une partie seulement a été reconnue. Des données actuellement disponibles, on déduit que le manganèse III¹ représente 1.300.000 tonnes de minerai à 25.6 %. La loi de répartition est une loi lognormale tronquée, c'est à dire ici une loi obtenue à partir d'une loi lognormale en enlevant les teneurs supérieures à 42 %. Il n'est pas du tout étonnant que la loi apparaisse comme tronquée, puisque les teneurs supérieures à 40 % ont été généralement incorporées à la couche principale (ln I et ln II). Le tableau suivant a été calculé en supposant la loi tronquée à 42 %.

.../...

X	m	T
0	25.6	1.300.000 t
10	25.7	1.298.000 t
15	26.4	1.230.000 t
20	28.3	995.000 t
25	31.2	664.000 t
30	34.2	406.000 t
35	38.4	157.000 t
40	40.8	31.000 t

On a donc un peu plus de 400.000 t à 34 %, ou 670.000 t à 31 %.

Tonnage métal total - Il se répartit ainsi:

Manganèse I	460.000 t
Manganèse II	160.000 t

Total Mn I + Mn II	620.000 t
Manganèse III	330.000 t

Total général	950.000 t

L'évaluation de Mn III étant pessimiste, on peut estimer à 1.000.000 de tonnes le tonnage métal actuellement reconnu -

G. PATERON

Signé: G. PATERON

M. Matheson

B.R.N.A.
Cinq Maisons
MAISON CARREE

ALGER, le 14 Juin 1955

GL/CC

Relations Mn, As et Si O² au Djebel GUETTARA

Ces relations sont bien différentes suivant qu'il s'agit du Mn I ou du Mn II

A) Manganèse I -- Ici l'Arsenic est indépendant du Manganèse. Le nuage As - SiO₂ montre qu'il est également indépendant de la silice. Par contre, Manganèse et Silice sont liés par une forte corrélation négative: le coefficient est égal à :

$$r = - 0,935$$

Compte tenu des variances parasites introduites par les erreurs d'analyse et surtout par la confusion entre teneurs en silice et en insoluble siliceux, on peut admettre qu'il y a relation quasi-fonctionnelle.

Les paramètres propres de l'insoluble siliceux sont:

$$\mu = 16,01 \quad \sigma = 0,394 \quad \gamma = 17,3 \%$$

Or, d'une série d'analyses effectuées par H. COLLIN-ALLORO (Ref: 618 RCA, 1^{er} Juin 55) il résulte que le rapport teneur en silice sur teneur en insoluble siliceux peut être regardé comme constant, et égal à 0,814; la variance propre de ce rapport, qui est de l'ordre de 1,5/100 peut-être négligée. Les paramètres de la silice sont donc:

$$\mu = 13,05 \quad \sigma = 0,394 \quad \gamma = 14,1 \%$$

La relation entre silice et Manganèse (loi d'Action de Masse), s'écrit, en supposant le coefficient de corrélation égal à - 1 :

$$(1) \left[\frac{\text{Mn}}{47,02} \right]^{4,5} \left[\frac{\text{Si O}_2}{13,05} \right] = 1$$

.../...

La formule des tranches de teneurs conduit au tableau suivant, tableau indiquant, en fonction de la teneur limite choisie pour le Manganèse, la teneur moyenne en manganèse et en silice -

x	Mn	Si O ₂
36	47.2	14.1
39	47.4	13.6
40	47.5	13.5
41	47.7	13.2
42	48	12.8
43	48.3	12.4
44	48.6	11.8
45	49.3	11.2
46	49.9	10.6
47	50.4	10
48	51.2	9.4
49	52	8.9
50	52.6	8.2

Remarque - La relation (1) est pratiquement peu différente de la relation arithmétique suivante:

$$(2) \quad 1,25 \text{ Mn} + \text{Si O}_2 = 71,5$$

Mais du point de vue théorique elle ne gère un équilibre physicochimique, tandis que la relation (2) ne représente qu'un remplacement mécanique.

B) Manganèse II - Ce manganèse, on s'en souvient, est lié à l'arsenic par une forte corrélation négative ($r_{\text{Mn As}} = 0,97$). L'étude de la silice fait apparaître:

- entre Mn et SiO₂, une corrélation négative $r_{\text{Mn Si}} = -0,785$
- entre As et SiO₂, une corrélation positive $r_{\text{As Si}} = +0,62$

En fait, cette corrélation positive entre arsenic et silice est purement apparente. Silice et manganèse d'une part, manganèse et arsenic de l'autre variant en sens inverse, il est normal que silice et arsenic paraissent varier dans le même sens. Si l'on fixe Mn, le coefficient lié de corrélation entre As et SiO₂ devient égal à - 0,935, valeur fortement négative. L'arsenic a autant d'antipathie pour le manganèse que pour la silice. La relation, déduite de la note St. n°2, s'écrit ici:

$$(Mn)^{10} (As) (SiO_2) = C^{te}$$

Du fait de la répulsion de chacun des trois constituants pour les deux autres, il n'est pas légitime comme dans le cas précédent, de considérer la teneur en silice comme fonction de la seule teneur en manganèse.

Les paramètres propres de l'insoluble siliceux sont:

$$\mu = 14,5 \quad \bar{\epsilon} = 0,23 \quad m = 14,85$$

Ceux de la silice, par suite:

$$\mu = 11,8 \quad \bar{\epsilon} = 0,23 \quad m = 12,1$$

Du point de vue pratique, le tableau suivant donne, en fonction de la teneur limite d'exploitabilité du manganèse, la teneur moyenne en manganèse et en silice.

x	Mn	SiO ₂
30	42	12.1
36	42.4	11.80
39	43.3	10.90
40	43.9	10.70
41	44.5	10.30
42	45.1	10.00
43	45.8	9.80
44	46.6	9.35
45	47.2	8.95
46	48	8.70

G. MATH

Signé: G. MATHÉRON