

# LE MERCURE DANS LES ASTURIES

PAR

A. DORY,

Ingénieur civil des mines, au Turon (Asturies).

---

Extrait des *Publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut*,  
tome IV, 4<sup>e</sup> fascicule, 1895, page 494.)

---

(PL. 8, 9, 10, 11.)

Les Asturies ont produit en 1893 810.000 tonnes de houille; 55.000 tonnes de fonte; 40.000 tonnes de fer; 10.500 tonnes d'acier et près de 4000 flacons ou bouteilles de mercure de 34 kil., 503 (3 arrobas), représentant au cours du jour (en chiffres ronds 180 piécettes par flacon) une valeur de 720.000 piécettes (1).

L'exploitation des mines de mercure et le traitement métallurgique de leurs minerais sont donc des facteurs intéressants et importants de la richesse asturienne.

Nos excursions, nos visites, nos études et nos relations nous ayant permis de réunir des détails assez complets sur les gisements, l'exploitation et la métallurgie du mercure, nous sommes à même de présenter un travail assez complet sur cette industrie prospère des Asturies.

---

(1) *Revue univ. des mines et de la métallurgie*, 3<sup>e</sup> série, t. XXVI, 1894.

### Minerais.

Le *mercure natif* n'existe qu'en petite quantité dans la nature : il est liquide, d'un blanc d'argent, à éclat métallique plus ou moins prononcé ; son poids spécifique est de 13,36 ; il se congèle vers  $-40^{\circ}$  C. ; il est volatil même à basse température.

Le *mercure argental* ou *amalgame natif* cristallise en cubes ; il contient une partie notable d'argent à l'état métallique ; il se présente aussi en masses amorphes, à cassure grenue et en plaques. Sa dureté est 2,5 et sa pesanteur spécifique 14,119. La *kausbergite* et l'*arguérîte* sont deux variétés de mercure argental, exploitées à Argueros dans le Chili.

Le *mercure muriaté* ou *calomel natif* se présente en petits cristaux prismatiques allongés, surmontés d'un octaèdre, d'éclat adamantin et de teinte grisâtre ou jaunâtre ; leur densité est de 6,45, leur dureté de 1,5. Ce chlorure se trouve dans le Palatinat et à Idria.

La *kemésite* est une variété de cuivre gris mercurifère, exploitée à Schwartz ; il contient jusqu'à 15 % de mercure.

Le *Lebererz* est un mélange de sulfure de mercure bitumineux et de cinabre ; on le rencontre à Idria. Quand les échantillons sont tapissés de mercure sulfuré d'un beau rouge, le minerai se nomme *Branderz*.

Le véritable minerai de mercure est le *cinabre* : quand il est pur, il est d'une belle couleur vermillon : même mélangé à certaines matières étrangères, il est reconnaissable à sa teinte. La poussière de cinabre est rouge carmin ; sa pesanteur spécifique est 8,098 ; frotté sur le cuivre, il y dépose un enduit blanc métallique ; au chalumeau, il se volatilise sans résidu. Il se présente fréquem-

ment en lamelles transparentes sous faible épaisseur et d'un éclat adamantin ou gris métallique.

Il existe aussi du cinabre en masses grenues d'un rouge peu prononcé. La *fleur de cinabre* ou *vermillon natif* se rencontre dans le Palatinat : ce sont des minerais de fer oxydulé hydraté brun, recouverts d'une mince couche de mercure sulfuré en poussière terreuse et parfois, mais rarement, de texture fibreuse.

Dans les Asturies, on rencontre les minerais de mercure surtout à l'état de cinabre, souvent mélangé au réalgar ; on y rencontre aussi du mercure natif. L'orpiment et le réalgar accompagnent en certains points le cinabre. M. l'ingénieur Van Straalen a trouvé à Munon une variété de cinabre noir très riche, qui a été déterminée par M. Cesaro, professeur de minéralogie à l'Université de Liège, sous le nom de *métacinnabarite*, nom donné au sulfure noir découvert à Lake Co en Californie. Nous donnons, en annexe, une note du savant professeur.

### Gisements de mercure.

On est loin d'être d'accord sur l'origine des minerais de mercure.

M. Kuss prétend que les gisements d'Almaden sont dus à des phénomènes de *sublimation* et il trouve dans le voisinage des roches éruptives la source de la haute température qui a été nécessaire à la volatilisation du mercure.

M. Christy, partisan de la *formation geysérienne*, objecte que, puisque le mercure, à la pression atmosphérique normale, se volatilise à 500° environ, quand le cinabre était engagé dans les fissures et les crevasses en profondeur, cette température a dû notablement augmenter

puisqu'elle varie avec la pression ; or dans beaucoup de gisements, on ne découvre à proximité aucune roche éruptive venant expliquer cette haute température. En admettant la formation par sublimation, il faudrait encore que les terrains renfermant des minerais de mercure eussent été à des profondeurs considérables, puis ensuite dénudés ; or des dénudations correspondant à des hauteurs aussi considérables sont loin d'être fréquentes.

La présence des minerais de mercure qui, dans les Asturies, par exemple, se trouvent dans des roches d'origine sédimentaire, calcaire, dolomie, poudingues, schistes et même dans certaines couches de houille, semble donner raison aux défenseurs de la formation geysérienne.

Rose et Frésenius ont démontré que le sulfure de mercure est soluble dans de l'eau chargée d'alcalis libres et de sulfures alcalins, et Wefér que le cinabre se précipite, lors de la neutralisation des alcalis par l'acide carbonique ou l'hydrogène sulfuré. Mais comme dans les sources thermales il n'existe pas d'alcalis libres, Christy a cherché les conditions de solubilité du cinabre dans les sulfures alcalins : il soumit à des pressions de 17 à 34 atmosphères et à des températures de 200 à 250° des tubes en verre remplis de différentes solutions mélangées de mercure amorphe et de sulfure de mercure, qu'il laissa ensuite refroidir lentement. Le mercure amorphe ne subissait aucune transformation dans une dissolution de bicarbonate de soude ou de silicate de potasse, mais se dissolvait complètement, en présence d'un courant d'hydrogène sulfuré ; cette transformation était seulement retardée par la présence de l'acide carbonique.

Répétant cette même expérience avec de l'eau de la source New-Almaden Vichy, contenant des bicarbonates,

des sulfates, des chlorures sodiques, calciques et magnésiens, il fit traverser cette eau par un courant d'hydrogène sulfuré et la mélangea avec du sulfure de mercure amorphe. Une partie de cette eau fut soumise à une pression de 10 atmosphères et l'on éleva sa température à 180° ; l'autre partie fut élevée à la température de 100° et on ne la soumit à aucune pression supérieure à celle de l'atmosphère.

Le sulfure de mercure du dernier essai, resta dans le tube sans subir aucune altération, tandis que dans les conditions de la première expérience, le même sulfure de mercure se transforma en cinabre cristallin d'une couleur rouge brunâtre.

Ce sont là les faits sur lesquels Christy appuie son hypothèse de la formation des gisements de cinabre, qui seraient dus à des sources thermales contenant des carbonates et des sulfures alcalins en dissolution ; ces sources auraient extrait, des roches voisines ou beaucoup inférieures aux gisements connus, le sulfure de mercure et l'auraient déposé dans les gisements actuels.

Le géologue Prado prétend que la métallisation s'est effectuée à Almaden *après sédimentation des quartzites* et même après leur soulèvement, cette métallisation étant en relation intime avec l'apparition des mélaphyres et peut-être la conséquence de l'apparition de ces roches, qui, avec les amphiboles, les trachytes, etc., se rencontrent dans le voisinage des mines.

D'autre part, A. de Groddeck considère ces gisements comme des *couches de sécrétion* : la substance minérale se serait déposée en même temps que les roches, après la transformation d'une combinaison quelconque du mercure en sulfure, grâce à la présence, dans les eaux de

sédimentation, de matières charbonneuses provenant de la décomposition de végétaux.

Un fait qui donne beaucoup de poids à l'hypothèse de la formation geysérienne du mercure a été la découverte du cinabre dans l'eau chaude, les vapeurs et les gaz se dégageant des roches volcaniques du *Sulphur bank* (Californie), où les fentes sont tapissées de silice gélatineuse enveloppant la calcédoine.

La silice y contient, mélangée aux pyrites, une quantité considérable de cinabre parfois recouverte d'une couche bitumineuse. Le cinabre se rencontre, aussi bien dans les roches basaltiques que dans les roches sédimentaires, et c'est là un exemple frappant d'un gisement en activité de formation. En d'autres points, le même fait a été constaté par M. Melville, à *Sulphur springs* et *Steamboot springs*, dans l'Etat de Nevada, et dans le voisinage de crevasses où des eaux chaudes dégagent des nuages de vapeur : on y a trouvé des échantillons de cinabre d'une teneur moyenne de 2,90 %.

Il paraît évident, écrit M. E. Detienne (1), que si les dissolutions mercurielles se fussent produites en même temps que les roches dues à l'action volcanique, on rencontrerait aussi du cinabre dans les cratères des volcans, ce qui n'a pas été constaté jusqu'à présent.

Si d'autre part les dissolutions s'étaient produites dans une roche inférieure au granit, on aurait rencontré du cinabre dans ce même granit : la majeure partie du minerai de mercure se rencontrerait dans cette roche et en proportion croissante avec la profondeur.

---

(1) *Gisements et Genèse du mercure*, par E. DETIENNE (*Rev. Univ. des mines*, 3<sup>e</sup> série, t. XVI, 1891).

Quoique des théories si diverses, émises pour expliquer une même formation, semblent de prime-abord offrir de grandes difficultés pour la manifestation d'une opinion, nous croyons cependant que, dans chaque cas particulier et pour chaque région présentant une certaine identité de manière d'être de gisements, il sera possible d'arriver à une conclusion satisfaisante concernant la genèse de la minéralisation étudiée.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, on rencontre le cinabre, dans les Asturies, dans les roches d'origine sédimentaire. A la Pena (Mieres), ce sont les brèches à éléments divers, en contact avec les schistes et les quartzites supérieurs du calcaire carbonifère qui renferment le cinabre; à Pelugano, le gisement est compris dans une fissure ayant au toit le calcaire carbonifère et au mur les quartzites dévoniens; à Lada, le cinabre imprègne trois couches de charbon et les poudingues houillers; à Munon, Branalamosa, Maramuniz, Villaestremil, Condassin, Gallegos, etc., c'est tantôt dans le calcaire, tantôt dans les grès, tantôt dans les schistes métamorphiques que le cinabre rouge, un sulfure noir très riche, le réalgar, l'orpiment et l'arsenic métallique, se trouvent engagés dans des combinaisons plus ou moins intimes et variées.

A la Pena (Mieres), la roche cinabrifère se nomme *la brecha*; c'est un conglomérat formé d'éléments anguleux de quartzite, de grès, de schiste, de calcaire. A Munon, au contraire, la roche la plus riche en cinabre devient tendre par l'action des agents atmosphériques; mais en profondeur, elle se présente sous l'aspect d'une roche scoriacée, grisâtre, ayant la dureté du quartzite, veinée de blanc et de noir, dont les éléments prédominants sont l'alumine, la silice et la chaux.

Pour arriver à établir la genèse des gisements du mercure et de ses combinaisons, nous posons comme principe que ce métal étant volatil à une température peu élevée, et partant à une certaine profondeur, la formation des minerais a dû avoir lieu par sublimation et condensation de vapeurs.

Dans certains cas, comme dans celui cité par Christy, les eaux servirent comme moyen de transport, dissolvant et déposant le cinabre, tantôt en un point, tantôt en un autre.

Dans d'autres cas, la chaleur intérieure a joué le même rôle, en transportant le métal à l'état de vapeurs, soit à travers des terrains perméables, soit dans des fissures naturelles ou produites par le travail des eaux venues de la surface ou de l'intérieur de la terre.

Il paraît peu probable que, vu le peu d'extension que présentent en direction les gisements de mercure (à Almaden 80 mètres, dans les Asturies 20 à 30 mètres), celui-ci se soit déposé par sédimentation. Il ne semble pas nécessaire de recourir au fait du voisinage de roches éruptives pour expliquer la température nécessaire à la volatilisation du mercure, car la production des vapeurs admet une température assez basse.

Il ne nous paraît donc nullement étonnant que dans les cratères des volcans, on ne soit pas parvenu à recueillir des traces de mercure, à cause de sa grande volatilité. Il aura pu aussi s'infiltrer dans les fissures des roches voisines par suite de sa grande volatilité. Il paraît, d'autre part, évident que, puisque l'on ne le rencontre pas dans toutes les sources thermales (New-Almaden), il soit possible que dans maint volcan exploré, jusqu'à ce jour, on n'en ait pas découvert de trace.

Enfin, la haute température initiale des granits s'opposant à la condensation du mercure dans le cas de formation contemporaine, explique parfaitement ce fait que ces roches primitives ne renferment aucune trace de ce métal.

D'autre part, la température relativement basse nécessaire à la volatilisation du mercure et de ses combinaisons, dans le cas de formation postérieure à celle des granits, nous permet de supposer qu'il n'est nullement nécessaire que les dégagements de vapeurs mercurifères dussent provenir de l'action de formations éruptives à hautes températures.

Il nous paraît donc plus rationnel d'admettre que, dans certains cas, la formation des gisements de mercure a eu lieu par entraînement par les eaux circulant dans les fissures des terrains, tandis que dans d'autres cas, les gîtes sont dus à des courants de gaz et de vapeurs métallifères qui se condensaient dans les vides produits antérieurement. Ce qui donne une certaine valeur à cette dernière hypothèse, est que c'est presque toujours à la partie la plus élevée des gisements, le long d'un toit stratifié ou au sommet d'excavations irrégulières, que l'on rencontre les parties les plus riches; très souvent le mercure s'y localise totalement, tandis que le contraire devrait avoir lieu dans le cas d'entraînement par les eaux.

Dans les Asturies, à la Pena (Mieres), le cinabre est contenu, comme nous l'avons dit, dans une couche de brèche intercalée au milieu des schistes ayant de 20 à 30 mètres en direction.

Perpendiculairement ou presque perpendiculairement à celle-ci, se rencontrent les gisements qui, tantôt affectent la forme de lentilles, tantôt celles de colonnes,

ou ne constituent que des rognons, des nodules ou de simples imprégnations de particules métallifères.

Pour expliquer cette manière d'être du gisement, on doit supposer qu'après la formation de la brèche, des mouvements de retrait se sont produits dans le ciment de la roche, d'où contraction de la masse et production de fissures dirigées normalement au grand axe de la formation. Ce sont ces fendillements, ces cavernes, ces fissures, qui auront été dans la suite remplis par les gaz et les vapeurs mercurifères venus de la profondeur.

Les figures de la planche 10, tout en rendant compte de l'importance et de l'étendue des travaux des mines appartenant à la Compagnie *El Porvenir*, de Mieres, indique la manière d'être et l'allure des gisements qui y sont exploités.

Les figures de la planche 11 se rapportent à la mine *La Soterrana* de Munon-Cisnero, où l'on exploite à la fois des minerais de mercure et d'arsenic. Le cinabre est contenu dans une roche différente de la brèche que nous avons décrite plus haut, mais qui est ainsi nommée improprement et par analogie avec les bancs cinabrifères d'Almaden (*frailesca*).

A Pelugano, dans la vallée d'Aller, la zone de contact entre les quartzites du terrain dévonien et le calcaire carbonifère est injectée, sur une épaisseur de 2 mètres, de particules de cinabre ; trois galeries y ont été poursuivies et il paraît que la richesse s'accroît avec la profondeur.

La Société *La Exploradora* a commencé des travaux de reconnaissance dans une zone dérangée du terrain houiller. En un point où affleurent les poudingues, on a trouvé des échantillons assez riches de minerais de mercure, l'intérieur de certains poudingues étant impré-

gné de cinabre, alors qu'aucun signe extérieur ne décèle sa présence. Dans le voisinage, trois couches de charbon sont également imprégnées de cinabre; la couche n° 3 en contient au delà de 1 %, ce qui est une teneur supérieure à celle de la moyenne des minerais asturiens actuellement traités. Des essais sont faits en vue d'obtenir une séparation aisée et économique du mercure des composés résultant de la distillation du charbon.

On remarquera également dans la coupe verticale des travaux de *La Soterrana* (pl. 11), l'existence d'une couche de houille cinabrifère.

La carte géologique de la partie centrale des Asturies (pl. 9, fig. 1), indique les différents points où l'on rencontre les minerais de mercure et l'allure générale des gisements cinabrifères.

Le profil du plan général allant de Tios à Villa (fig. 2, pl. 9) n'a pu être déterminée avec exactitude, parce que nous n'avons pu nous procurer différentes altitudes indispensables.

### **Principes de la métallurgie du mercure.**

Le seul minerai de mercure abondant étant le cinabre ou sulfure de mercure, la méthode de réduction la plus employée consiste en un *grillage* dans un fourneau en présence de l'air et à une température suffisamment élevée; on obtient ainsi du mercure métallique et de l'acide sulfureux. Le mercure se condense dans des appareils spéciaux que nous décrirons plus loin.

Un autre procédé a été employé autrefois dans la Bavière rhénane; c'est un traitement par *précipitation*. On chauffait le minerai avec de la *chaux* et l'on obtenait du sulfure de calcium et de l'oxyde de mercure qui se décomposait ensuite en oxygène et mercure.

Au Pérou, où l'on a, comme dans les Asturies, des minerais à la fois *arsenicaux et mercuriels*, on a suivi un procédé différent des précédents. On traite le minerai à basse température, afin de sublimer, sans décomposition, le cinabre et une partie du réalgar (sulfure d'arsenic); le sublimé est ensuite calciné avec du *charbon* et du *carbonate de soude*; l'arsenic est obtenu à l'état de sulfure alcalin et le mercure distille.

Le *mercure natif* est dégagé de la roche, soit par distillation, soit par lavage sur tables à secousses; le métal obtenu est ensuite purifié.

Le *cuiivre gris mercuriel* est grillé en cases; le mercure vient se condenser sous la couche de minerai menu et de sable qui recouvre le tas. Ces sables sont ensuite lavés.

Le cinabre de Bohême est mélangé d'argile ferrugineuse; on y ajoute, pour procéder à la séparation du mercure, le quart ou le tiers de battitures de fer; le tout est introduit dans des capsules placées dans un fourneau à cloche chauffé supérieurement, tandis que le fond plonge dans l'eau d'une cuve où le mercure vient se condenser. C'est un procédé *par réaction*.

Enfin, il existe un procédé par *voie humide* dû à Sieverking. Le minerai pulvérisé est mélangé à de la grenaille de laiton et introduit dans des tonneaux remplis de chlorure cuivreux; le cinabre est décomposé avec formation de chlorure cuivrique, de sulfure de cuivre et séparation du mercure.

Dans les Asturies, le procédé de grillage à l'air est aujourd'hui exclusivement employé.

CONDITIONS D'UNE BONNE CONDENSATION. — Il y a six points principaux à observer en vue d'obtenir, par une condensation convenable, un rendement métallurgique levé dans le traitement des minerais de mercure.

1° *Le volume de gaz* traversant les condenseurs *doit être un minimum*. Remarquons, cependant, que les conditions d'une bonne condensation sont en opposition avec celles d'une réduction parfaite. Moins grand sera le volume de gaz dans les condenseurs, plus facile sera le refroidissement des appareils, mais moins parfaite sera l'oxydation du soufre contenu dans les minerais, tout en tenant compte de ce que la vitesse d'un volume de gaz donné provoque des entraînements de vapeurs mercurielles sous forme de brouillard.

Il résulte de là qu'il faudra s'efforcer d'arriver à n'admettre dans les appareils que la quantité d'air strictement nécessaire à l'obtention d'une réduction parfaite. Le chauffage au moyen de combustibles gazeux présente donc, dans ce cas, un sérieux avantage et amène à réduire les capacités nécessaires à la condensation.

2° Dans le cas précédent de volume minimum, on devra tenir compte de la quantité d'air nécessaire pour obtenir, avec une *sédimentation convenable*, les surfaces de friction facilitant la *précipitation des globules mercuriels* et le *refroidissement* correspondant à une bonne condensation.

3° *La température* des gaz à la sortie des appareils *ne doit pas dépasser 15 à 20°*.

4° Il faudra choisir, comme substance servant à la construction des appareils, une *matière inattaquable* par les acides, *bonne conductrice* de la chaleur, *se prêtant aux variations* de température et pouvant, par sa résistance, s'employer sous *faible épaisseur*. C'est dans cet ordre d'idées que l'on a employé, d'abord à New-Almaden, en Californie, puis à Almaden, en Espagne, les condenseurs en verre.

5° *La ventilation artificielle* au moyen d'un appareil

composé, dans ses parties essentielles, d'une matière inattaquable par les acides, facilite la marche régulière des opérations de réduction et de condensation.

6° Enfin et surtout en vue d'éviter les interruptions dans la suite des opérations, le *nettoyage des appareils* doit pouvoir s'effectuer en marche.

PERTES DANS LA FABRICATION DU MERCURE. — Les pertes de mercure peuvent se produire dans différents cas et de différentes manières.

1° Il peut y avoir perte *dans les fours* par suite du mauvais état de l'appareil. On sait que le mercure a la propriété de se diviser, de telle manière que, à l'état métallique et malgré sa grande densité, il est entraîné dans un courant d'air même très faible et peut ainsi s'échapper par les fissures des maçonneries. Les *résidus* du grillage, par suite d'une mauvaise marche de l'appareil ou d'un appareil défectueux, peuvent aussi contenir des morceaux de cinabre non réduits; dans ce dernier cas comme dans le précédent, il y a négligence et les pertes ne sont pas excusables, quand il s'agit d'un minerai si précieux.

2° Les pertes *dans les condenseurs* peuvent être évitées en grande partie, surtout en remplaçant, s'il y a lieu, ceux qui sont d'un entretien onéreux et difficile par d'autres dont la surveillance soit aisée.

3° Le point qui mérite le plus d'attention, est l'étude des moyens les plus efficaces, pour chaque système donné, de supprimer les causes de pertes par *les cheminées*, soit à l'état de vapeurs, soit à l'état globulaire ou de brouillard de mercure condensé. Les pertes s'effectuant par les cheminées sont les plus importantes et les plus difficiles éviter.

## Métallurgie du mercure dans les Asturies.

La tendance, dans les Asturies, est de remplacer les anciens fours employés dans les autres usines, surtout à Almaden, Idria et New-Almaden, par de nouveaux appareils de distillation dont le rendement est de beaucoup supérieur et qui offrent aussi sur les premiers de sérieux avantages d'économie de combustible et de main-d'œuvre. Comme la transformation des usines ne s'est pas encore complètement effectuée, nous décrirons rapidement les anciens procédés, analogues à ceux qui sont encore suivis dans les autres centres de production, en nous attachant surtout à indiquer les graves inconvénients qu'amène leur emploi.

Trois systèmes d'anciens fours sont encore en activité dans les Asturies, ce sont ceux de *Bustamante* ou à *aludels* employés à Almaden, d'*Idria* et de *Livermore* pour minerais grenus, dits aussi *fours américains*.

FOUR DE BUSTAMANTE OU A ALUDELS. — Le four de Bustamante fut importé du Pérou en Espagne, en 1646, par Don Juan Bustamante.

Il se compose d'une capacité cylindrique surmontée d'une coupole hémisphérique. Une grille voûtée en briques réfractaires qui se nomme *la red*, divise le four en deux parties et sert à supporter la charge de minerai, dans laquelle on ménage des cheminées offrant passage aux produits de la combustion d'un foyer disposé sous cette grille.

La charge est introduite par une ouverture latérale située au dessus de la grille, ouverture qui sera bouchée en marche par deux cloisons en briques ; la partie supé-

rieure de la coupole hémisphérique sert à l'introduction de la charge dans la partie supérieure du four, elle est percée d'une ouverture qui se recouvre d'une dalle et que l'on nomme *la valvula*.

Les vapeurs mercurielles qui se dégagent lors du grillage du minerai, se rendent d'abord dans deux chambres en maçonneries nommées *camaretas*, et de là dans deux autres condenseurs nommés *arquetas*, par l'intermédiaire de différentes conduites parallèles placées sur deux plans inclinés en sens contraire, d'abord le plan descendant ou *plan de cabecera* (plan de tête), puis le plan montant ou *plan de rabera* (plan de queue).

Ces conduites sont formées d'éléments piriformes emboîtés et lutés les uns aux autres. Ces divers éléments nommés *aludels* sont des vases en terre ouverts aux deux extrémités, ayant 0<sup>m</sup>40 de long, 0<sup>m</sup>10 à 0<sup>m</sup>12 de diamètre aux extrémités et 0<sup>m</sup>20 à 0<sup>m</sup>22 au ventre. A ce dernier endroit, ils sont percés d'une ouverture permettant l'écoulement du mercure à l'extérieur et sur les plans inclinés, à l'intersection desquels une rigole, nommée *quiebra de los planos*, l'amène dans un réservoir.

Les produits de la combustion se dégagent enfin dans l'atmosphère par une cheminée surmontant les *arquetas*.

On trouvera dans les auteurs spéciaux les détails de mise en marche et de fonctionnement de ces fours; signalons seulement les principaux inconvénients qui résultent de leur emploi.

INCONVÉNIENTS DES FOURS A ALUDELS. — Le tirage dans les fours à aludels étant naturel et, d'un autre côté, les gaz devant être rendus à l'atmosphère avec une température très faible, il en résulte que, malgré les cheminées ménagées dans la masse de la charge, le

grillage de celle-ci s'opère d'une manière très incomplète, surtout si, pour une raison quelconque, le feu se porte d'un côté plutôt que d'un autre, par suite, par exemple, de l'obstruction d'une ou plusieurs des cheminées artificielles.

Nous avons pu constater qu'un morceau de minerai riche de la grosseur d'une noix peut résister à plusieurs opérations successives dans un four de l'espèce sans être oxydé, si la gangue qui accompagne le minerai ne se laisse pas aisément fendiller sous l'action du feu. Il en résulte que la surface extérieure du morceau est seule décomposée et qu'il se forme tout autour une enveloppe protectrice, laissant un noyau central de minerai parfaitement intact qui sera perdu.

On comprend également que les nombreux joints des aludels sont difficiles à surveiller et que c'est là une cause de pertes nombreuses de vapeurs mercurielles, que l'on a été jusqu'à estimer à 50 % du poids du mercure contenu dans le minerai.

Deux graves inconvénients sont encore à signaler : l'insalubrité pour les ouvriers qui procèdent au chargement et les fissures occasionnées par la discontinuité des opérations, fissures compromettant la durée des fours et livrant passage aux vapeurs et aux gaz.

Il est nécessaire d'employer, dans ces fours, une quantité considérable de combustible, ce qui, non seulement occasionne une dépense importante, mais est encore une cause de perte de mercure, par suite d'un volume plus grand de gaz et de vapeurs produits, pouvant entraîner une plus grande quantité. Il va de soi également que plus grande est la quantité de combustible, plus grande sera la quantité de suies, *hollines* ou fumées

condensées qu'il faudra retraiter pour en dégager le mercure, soit par battage à sec ou à travers un courant d'eau, soit par malaxage avec de la chaux, opérations coûteuses, dangereuses pour la santé des ouvriers et occasionnant de nouvelles pertes.

Les petits fours à aludels coûtent 16.000 piécettes et les grands 25.000; ils ne calcinent respectivement que 10 et 15 tonnes par périodes de 3 et 4 jours. Il résulte donc un chiffre d'amortissement considérable, chiffre qui est encore accru par les frais de réparations nécessités, comme nous l'avons dit, dans les fours discontinus, par le travail de dilatation et de contraction auquel ils sont soumis.

FOUR D'IDRIA. — Ce four qui, comme le précédent, est un four intermittent ou discontinu, était employé autrefois à Idria, en Carniole; des spécimens de ce système fonctionnent encore à Almaden, à New-Almaden et dans les Asturies. Comme le précédent, il présente la forme d'une tour, mais au lieu d'être divisée en deux parties, la capacité distillatrice en comprend quatre. Dans l'ordre ascendant, trois voûtes divisent le four en quatre compartiments, qui sont : le cendrier, le foyer, la chambre du minerai en roche et la capacité recevant les minerais agglomérés. Dans ce système, comme dans celui de Bustamante, les fours sont accolés deux par deux.

La condensation du mercure s'effectue dans deux, trois, quatre ou six chambres placées à la suite les unes des autres, et comme il y a toujours deux fours accolés, il y a toujours deux rangées de chambres. Les ouvertures qui mettent en communication les différentes chambres, sont disposées alternativement en haut et en bas des parois, afin d'obliger le courant gazeux à serpenter.

Presque toujours, les parois intérieures du four sont cimentées, afin d'empêcher les pertes de mercure à travers les maçonneries et, pour faciliter la réunion et l'écoulement des gouttelettes de mercure jusqu'au réservoir, le fond des chambres offre la forme d'une pyramide renversée.

INCONVÉNIENTS DES FOURS D'IDRIA. — Les inconvénients résultant de l'emploi de ces fours sont identiques à ceux que nous avons signalés pour les fours Bustamante, sauf toutefois en ce qui concerne les joints, puisque la condensation s'effectue ici, non pas dans des aludels, mais dans de vastes chambres faciles à surveiller.

FOURS DE LIVERMORE MODIFIÉS, APPELÉS AUSSI FOURS A CANAUX. — M. l'ingénieur Eusebio Oyarzabal, directeur général des mines et usines d'Almaden, qui est l'auteur des modifications introduites dans le système Livermore, a bien voulu nous communiquer des renseignements complets concernant les appareils de son invention.

Comme ces détails sont inédits et n'ont été publiés qu'en partie dans la *Revista minera y metalurgica* de Madrid, nous jugeons intéressant de leur donner ici un certain développement.

Le four à canaux, *Horno de canales* (pl. 8), présente une certaine analogie avec les appareils employés pour le grillage des blendes (Hasenclever-Helbig).

Sur un plan incliné de 2<sup>m</sup>50 de largeur, divisé en douze compartiments qui sont les canaux, on verse par une trémie, le minerai à griller. Ce plan incliné à 56° est construit en briques réfractaires ; chaque canal a une section de 12 centimètres, et comme la couche de minerais doit toujours être en un lit de peu d'épaisseur (0<sup>m</sup>04), afin d'offrir toujours la plus grande surface à l'action du feu,

on a disposé, perpendiculairement au grand axe du canal, des tasseaux réfractaires s'appuyant contre les parois longitudinales.

Il y a deux dispositions différentes des canaux, selon que l'on traite des minerais menus (1 à 3<sup>m/m</sup>) ou des minerais en grains (3 à 7<sup>m/m</sup>).

Dans tous les cas, il faudra tamiser les poussières (0 à 1<sup>m/m</sup>), qui obstrueraient les canaux. Les poussières sont agglutinées en forme de briquettes pesant une vingtaine de kil. appelés *bolas* ou *adobes* et sont placées ensuite dans les fours à aludels ou d'Idria, au dessus de la charge proprement dite, ou bien dans des vases, mélangées aux suies. La fabrication de ces *adobes* coûte environ une piécette par tonne.

Au pied de la première série de canaux, se trouve disposé perpendiculairement un second faisceau de canaux semblables. La distance qui sépare les deux plans inclinés est exactement l'épaisseur qu'occupe, sur la face inférieure de l'appareil distillatoire proprement dit, la charge de minerai. L'ouvrier chargé de conduire l'opération est placé à l'intersection des deux plans ; il enlève à la pelle une quantité de minerai déjà calciné égale à celle de minerai frais introduit par la trémie supérieure et la pousse dans les canaux du plan inférieur, aboutissant à une trémie par où l'on vient ensuite le charger pour l'emmener au terril.

Le foyer est situé au-dessus de ce second plan incliné et fait face à la première série de canaux ; il est formé de deux rangées de grilles échelonnées, les premières disposées longitudinalement à l'axe du foyer, tandis que les secondes sont transversales.

L'air servant à l'alimentation de ce foyer est préalable-

ment chauffé par son passage à travers les massifs de maçonnerie, comme l'indique le dessin.

La distillation d'une charge pesant 434 kil. dure environ 4 heures.

La condensation des gaz et des vapeurs s'effectue d'abord dans une série de chambres en maçonnerie divisées en trois compartiments ; les ouvertures de communication percées dans les parois forcent les produits de la distillation à parcourir un chemin sinueux en double zigzag. Le fond des premières chambres est dallé et, à Almaden, les chambres suivantes sont revêtues de feuillets d'ardoise, afin d'éviter la corrosion.

Tous les fonds affectent la forme indiquée dans le dessin, pour faciliter le déversement dans un canal commun.

A la suite des premières chambres, se trouvent de grandes caisses entièrement construites en bois et en verre. Ces caisses sont divisées elles-mêmes en quatre compartiments et, afin de pouvoir surveiller, aussi bien le fond que les parois et le dessus de ces condenseurs, elles sont surélevées au-dessus du niveau du sol de l'usine.

La consommation de combustible est, d'après des expériences faites à Almaden, de 1,18 piécette par flacon de mercure produit.

La température obtenue à l'intérieur des appareils est très faible, ce qui est l'une des bonnes conditions de marche pour obtenir un maximum de rendement.

A sa sortie des chambres en verre, le courant gazeux se rend à la cheminée.

INCONVÉNIENTS DES FOURS A CANAUX. — L'emploi des fours à canaux donne lieu d'abord à une faible utilisation de la chaleur produite dans le foyer, à cause même de la disposition des canaux, trop écartés de ce foyer ;

il en résulte donc une consommation exagérée de combustible.

Les canaux à l'intérieur desquels glisse le minerai, s'obstruent par suite de l'agglutination des fragments de la charge.

La forme même qu'affecte l'appareil distillatoire empêche le blindage du four, ce qui est plus aisé dans le cas d'un appareil de forme cylindrique : il se produit, en effet, dans la face opposée à celle sur laquelle glisse le minerai, des fentes et des crevasses facilitant les fuites de vapeurs (1).

TRANSFORMATION DE LA MÉTALLURGIE DU MERCURE DANS LES ASTURIÉS. — La métallurgie du mercure a subi pendant ces dernières années, dans les Asturies, une transformation pour ainsi dire complète, à la suite des inventions de MM. Ramon Rodriguez et Francisco Gascue.

Deux systèmes de fours sont actuellement en marche dans ces usines (pl. 8) : les uns, *Hornos de retortas del Señor Rodriguez* (fours à mouffles de M. Rodriguez) servent au traitement des minerais pulvérulents ; les autres, *Hornos de cuba de los Señores Rodriguez y Gascue* (fours à cuve de MM. Rodriguez et Gascue), traitent les minerais en roche ; les deux systèmes ont des dispositions favorisant le traitement des minerais d'une manière suivie et sont nommés pour cela *fours continus*.

---

(1) A Mieres (Asturies), où est établi un four de ce système, on a l'intention de le remplacer par un four analogue au système Gascue-Rodriguez. Le directeur des importantes usines de Mieres, M. Ramon Rodriguez, commencera sous peu les travaux de construction d'un appareil de son invention destiné au traitement des minerais en grains.

FOUR A MOUFFLES RODRIGUEZ (pl. 8). — Les cornues qui reçoivent la charge de minerai pulvérulent et dans lesquelles s'opère la distillation du mercure, sont munies de trois ouvertures. L'ouverture visible sur le devant du four peut être partiellement ou totalement fermée au moyen d'une porte à glissière qui règle l'entrée de l'air pour la désulfuration. Au dessus de la cornue et à l'arrière, se trouve un collet venu de fonte, pour le raccordement d'une trémie qui se trouve au-dessus du four; deux glissières superposées permettent l'introduction de la charge de minerai dans la cornue, sans dégagement des gaz et des vapeurs nocifs. Enfin, l'extrémité postérieure de la cornue se termine par un rétrécissement complètement cylindrique, venu également de fonte et servant à la raccorder avec les chambres de condensation au moyen de tuyaux en tôle.

Des couloirs inclinés en tôle arasant le fond de la cornue près de la porte d'entrée de l'air, facilitent l'extraction du minerai calciné et son déversement dans les wagonnets.

La cornue est chauffée par le dessous au moyen de foyers brûlant de la houille. Elle n'est pas disposée horizontalement, mais inclinée de manière que la charge vienne se répartir naturellement sur toute la longueur de l'appareil, opération que l'on facilite d'ailleurs au moyen de rateaux spéciaux.

La condensation des produits de la distillation s'opère d'abord dans deux chambres en maçonnerie, ensuite dans deux capacités également en maçonnerie, mais de dimensions plus réduites, et enfin dans une caisse en bois dont le fond est refroidi par un courant d'eau.

A la sortie de ce dernier condenseur, les gaz et les

vapeurs sont recueillis par un tuyau qui les amène dans une sorte de puits, faisant, grâce à une chute d'eau, l'office de trompe ; ils remontent le long de ce puits, divisé à cet effet en deux compartiments, pour s'engager ensuite dans un canal incliné en maçonnerie se terminant par une cheminée.

La rareté de l'eau durant la belle saison nécessite parfois l'emploi d'un ventilateur au lieu de la trompe, et le peu d'emplacement dont on dispose dans les vallées souvent étroites des Asturies, force les usines à accoler les fours aux flancs des montagnes ; de là l'emploi de canaux inclinés aboutissant aux cheminées d'appel, canaux produisant à la fois le tirage et la condensation d'une très faible partie des produits de la distillation, n'ayant pas été recueillis dans les appareils précédents.

Les fours sont composés de deux ou trois cornues ; mais les installations futures se composeront d'un plus grand nombre de ces appareils, afin de réduire encore la consommation de combustible et la main-d'œuvre.

Un four de deux cornues ne consomme par 24 heures, pas plus de 3,3 quintaux métriques de charbon menu valant 2,64 piécettes.

Le traitement du minerai se fait par charges, se répétant toutes les heures et demie, de 50 kil. de minerai pulvérulent et même grenu, quand la teneur est assez élevée et en ayant soin de mélanger le minerai avec de la chaux, quand la teneur dépasse 15 %.

On arrive de cette manière à traiter 1600 kil. par four de deux cornues ; la perte, d'après de nombreuses expériences, ne dépasse pas 1 % et le prix de revient est, par tonne, de 5,10 piécettes.

Le travail dans le four est des plus simples : l'ouvrier

ayant retiré la charge calcinée, introduit par la trémie la charge nouvelle et, par la porte entr'ouverte, veille à ce que la distillation du minerai soit uniforme et régulière.

L'oxydation par l'air s'opère d'une manière si complète que le cinabre ne se transforme pas seulement en mercure métallique et en produits gazeux sulfurés, mais que le mercure lui-même est d'abord oxydé sous la forme d'un produit pulvérulent noirâtre très peu stable, qui ne tarde pas à se décomposer lui-même et à mettre le mercure en liberté.

Une grande partie du mercure se condense dans les premières chambres de grandes dimensions ; la plus grande partie cependant retombe sur le fond incliné des capacités suivantes, à la partie centrale desquelles une rigole amène sans cesse à l'extérieur le mercure condensé et le déverse dans un bassin en pierre. Enfin une autre partie de mercure très divisé, emportée par le courant gazeux, se dépose parfois en gouttelettes presque imperceptibles, sur les parois des condenseurs qui sont, lors du nettoyage, soigneusement balayées.

Le principal avantage que présente ce four, est de permettre la distillation directe des minerais en poudre ; on évite ainsi la fabrication des *adobes* ou *bolas* et l'on obtient également une calcination plus complète du minerai, un plus grand nombre de points de contact étant offert à l'action de l'air.

FOUR A CUVE DE MM. GASCUE ET RODRIGUEZ. — Ce four servant au traitement des minerais en roche a la forme d'une tour légèrement conique, ayant 2 mètres de diamètre au dessus de la grille et 1<sup>m</sup>85 au niveau de la sortie des gaz. Cette tour est surmontée d'un dôme présentant une

ouverture à son centre pour l'introduction de la charge et munie d'un appareil de fermeture, évitant les pertes lors du chargement.

La hauteur du four est de 6<sup>m</sup>70, se répartissant de la manière suivante : 2<sup>m</sup>85 depuis le fond du cendrier jusqu'à la voûte en maçonnerie sur laquelle repose la charge ; 2<sup>m</sup>85 du niveau de la grille jusqu'à l'ouverture de sortie des gaz et 0<sup>m</sup>85 pour la partie hémisphérique.

Des ouvreaux percés à différentes hauteurs dans les parois de la cuve permettent de suivre la marche de l'opération.

Le foyer offre une section moindre que le reste du four. A 0<sup>m</sup>85 du fond du cendrier, se trouve la grille et en cet endroit, le diamètre intérieur du four n'a que 1<sup>m</sup>10 ; les parois s'élèvent verticalement sur une hauteur de 0<sup>m</sup>80. Cette partie verticale est suivie d'une partie conique ayant une hauteur de 0<sup>m</sup>50 et un diamètre de 0<sup>m</sup>60 à sa partie supérieure ; enfin, une partie cylindrique de 0<sup>m</sup>60 de hauteur soutient une voûte hémisphérique percée d'ouvertures livrant passage aux produits de la combustion du foyer à travers la charge de minerais. La partie centrale de cette voûte hémisphérique, soutenue elle-même par deux voûtes surbaissées s'appuyant sur la grille, est protégée par une calotte conique ne s'appuyant pas sur la voûte, mais distante de quelques centimètres, afin de permettre en ce point le libre dégagement des gaz du foyer. Les autres ouvertures livrant accès aux gaz du foyer ont la forme qu'indique le dessin, afin d'empêcher leur obstruction par les morceaux de minerai. Des taques de fonte facilitent le glissement du minerai le long de la voûte sphérique par les portes de déchargement situées au niveau du plancher,

tandis que l'accès du foyer a lieu sous ce plancher percé d'ouvertures par lesquelles on charge le minerai calciné dans des wagonnets circulant sur un chemin de fer établi au niveau du cendrier et emmenant au terril les matières stériles.

La paroi intérieure du four est construite en maçonnerie réfractaire ayant une épaisseur de 0<sup>m</sup>30 ; il y a, entre cette chemise et le massif extérieur épais de 0<sup>m</sup>60 en maçonnerie ordinaire, quatre vides de 0<sup>m</sup>80 de long sur 0<sup>m</sup>10 de large, régnant sur toute la hauteur de l'appareil distillatoire et aboutissant au foyer, espaces où viennent se condenser les produits gazeux mercuriels et arsenicaux qui pourraient s'infiltrer à travers les maçonneries de la chemise réfractaire. L'enveloppe extérieure est en outre renforcée par quatre contre-forts en maçonnerie.

Le four livre passage aux produits de la distillation, au moyen d'un tuyau en fonte se bifurquant vers les deux séries de chambres parallèles qui servent de condenseurs. Cette disposition permet la continuité des opérations pour un temps indéterminé : il est en effet facile d'isoler le groupe de condenseurs que l'on désire, pour procéder au nettoyage ; il suffit, en effet, d'isoler l'une des rangées et de ne fonctionner qu'avec l'autre file de condenseurs.

La condensation du mercure et de l'acide arsénieux s'effectue dans deux rangées de deux chambres *c* dont les fonds sont inclinés, afin de permettre l'écoulement du mercure par une ouverture percée dans les parois ; les gaz et les vapeurs pénètrent d'abord par la partie supérieure des premières chambres et passent dans les secondes par une communication ménagée près du fond. D'autres ouvertures percées dans les parois latérales

permettent, même en marche, l'extraction des suies et produits arsenicaux qui retombent dans le fond des chambres, sous lesquelles circule un courant d'eau les rafraîchissant, tandis que des vides ménagés dans les cloisons communes à deux condenseurs refroidissent constamment les parois.

Des portes, bouchées en marche par des cloisons, permettent l'entrée dans les chambres, lors des nettoyages.

Ces premiers condenseurs, d'une capacité totale de 40 mètres cubes, communiquent avec quatre autres *c'* plus petits, situés à un niveau plus élevé et d'une construction identique, mais disposés dans le prolongement l'un de l'autre. De ces quatre petites chambres partent quatre tuyaux conduisant les gaz et les vapeurs dans une grande capacité, d'où une trompe les amène à travers un long canal disposé en labyrinthe jusqu'à la cheminée d'appel, située à 100 mètres de la capacité centrale. Tous les appareils, sauf le condenseur final, sont sous toit.

Ce four calcine 8,5 tonnes de minerai en 24 heures, en morceaux variant de 8 à 600 centimètres cubes. Les charges s'introduisent toutes les 75 minutes par fractions de 443 kil. de minerai et 2<sup>k</sup>22 de coke, soit donc, en combustible, les 0,5 % du poids du minerai et 42<sup>k</sup>5 par 24 heures.

Ce n'est guère que dans des cas spéciaux et lors de l'allumage qu'il est nécessaire de maintenir le feu sur la grille du foyer ; dans ce dernier cas, quelques heures de combustion suffisent pour échauffer le massif, enflammer le coke mélangé au minerai ; la combustion du soufre du minerai suffit dès lors pour maintenir à l'intérieur du four une température convenable pour une marche régulière.

L'introduction d'une nouvelle charge est toujours précédée de l'extraction d'une quantité correspondante de matière calcinée par les portes de déchargement; la teneur du minerai extrait ne dépasse pas 0,01 à 0,02 % de mercure.

La trompe consomme environ 2 litres d'eau par seconde, soit 173 mètres cubes par jour; elle est parfois remplacée par un ventilateur.

Une lame d'or placée près de la cheminée d'appel, dans le courant gazeux, indique qu'il n'y a pas d'entraînement appréciable de mercure divisé.

Les principaux avantages de ce système sont les suivants :

Le tirage forcé permet de développer dans l'appareil une température assez élevée pour griller complètement le minerai et réduire entièrement le cinabre; la bonne disposition des condenseurs et le barbotage, dans l'eau de la trompe, des gaz et des vapeurs entraînés par le courant d'air, le dépouille de l'excès de chaleur qui, on le sait, est en raison directe de la quantité de mercure divisé pouvant être contenu dans un volume d'air donné.

L'heureuse disposition du canal aboutissant à la cheminée, forçant le courant gazeux à prendre un chemin sinueux, lui enlève les dernières particules de mercure; car on a remarqué que les surfaces frottantes produisent un travail mécanique favorable à l'enlèvement du mercure divisé, entraîné dans un mélange d'air et de vapeurs.

On peut traiter 8 tonnes de minerai en 24 heures avec une consommation très réduite de combustible.

Le mélange du coke au minerai empêche la production des fumées et suies qui, dans les autres systèmes, sont des causes sérieuses d'entraînement de mercure et de forma-

tion de dérivés mercuriels produits par des réactions complexes des huiles essentielles et des produits carburés.

La discontinuité dans les opérations amène, dans les fours de Bustamante et autres analogues, des fissures et des crevasses compromettant non seulement la durée des appareils, mais occasionnant aussi des pertes considérables de mercure s'échappant par ces ouvertures dans les massifs et dans l'atmosphère.

Lors des opérations de chargement des fours discontinus, les ouvriers sont exposés à l'action funeste des vapeurs mercurielles qui se dégagent des parois mal refroidies, tapissées de gouttelettes de mercure et de suies légères imprégnées de composés nocifs.

Ces deux derniers inconvénients ne se présentent pas dans l'application du système continu.

La main-d'œuvre, dans le système continu, est très faible et le rendement accuse une perte de 3,12 %.

Le four Gascue-Rodriguez coûte 20.000 piécettes.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LA MARCHE DU FOUR. —

	1 <sup>er</sup> essai.	2 <sup>e</sup> essai.	3 <sup>e</sup> essai.
Jours de marche . . . . .	23	20	30
Tonnes de minerai calciné. . . . .	91,14	169,96	243,60
Teneur du minerai . . . . . %	0,428	0,785	1,42
Mercure contenu . . . . . kil.	390,07	1334,18	3459,12
Tonnes de } sur la grille . . . . .	3168	3216	1296
coke brûlé } mélangé au minerai . . . . .	2700	1296	1056
Total . . . . .	5868	4512	2352

Poids des suies :

1 <sup>re</sup> chambre . . . . . kil.	770,50	3182,00	5225,00
2 <sup>e</sup> " . . . . . "	535,50	1812,00	3112,00
3 <sup>e</sup> " . . . . . "	246,00	586,00	925,00
4 <sup>e</sup> " . . . . . "	91,50	324,00	560,00
Total . . . . . kil.	1643,50	5934,00	9822,00

Mercure obtenu directement :

1 <sup>res</sup> chambres de condensation . . .	20,90	127,00	463,00
2 <sup>es</sup> " " . . .	172,75	"	1825,00
3 <sup>es</sup> " " . . .	27,80	1024,52	245,00
4 <sup>es</sup> " " . . .	2,10	"	5,20
Total . . kil.	223,55	1151,52	2538,20

Températures observées dans les différents appareils (en degrés centigrades) :

Dates.	1 <sup>res</sup> chambres.	2 <sup>es</sup> chambres.	3 <sup>es</sup> chambres.	Condenseur central.	Cheminée.	Températ. extérieure.
Mars.	152°	61°	29°	19°	7°	8°
Avril.	128°	57°	28°	19°	10°	12°

PRIX DE REVIENT. — Le prix de revient du traitement métallurgique, dans ces fours à cuve, peut s'établir de la manière suivante :

	Piécettes Par jour.	Piécettes. Par tonne. de minerai.
2 ouvriers par 24 heures à 2,50 et 2,25 p. . .	4,75	
2 manœuvres à 2 piécettes . . . . .	4,00	
	<u>8,75</u>	1,03
42 <sup>k</sup> 5 de coke à 18 p. la tonne . . . . .	0,76	0,09
Elevage du minerai à la trémie et enlèvement du minerai calciné au terril. . . . .	6,37	0,75
10 % d'amortissement pour frais de construction du four (20.000 p.) . . . . .		<u>0,73</u>
		2,60

RELATION ENTRE LES RENDEMENTS DES DIFFÉRENTS FOURS.

— D'après de sérieuses expériences faites avec les appareils Gascue-Rodriguez et Rodriguez, le rendement est de 96,88 %, c'est-à-dire que les pertes équivaldraient à 3,12 % du poids du mercure contenu dans le minerai, ceci pour les fours traitant les minerais en roche ; dans les fours Rodriguez, cette perte ne s'élève pas à 1 %. Pour ce qui concerne les fours à aludels, les pertes s'élèveraient, comme nous le disions plus haut et d'après certaines observations, à 50 %. Admettons que ce chiffre

soit exagéré et adoptons le chiffre 4,41 ‰, obtenu à Almaden dans des opérations soigneusement conduites, pour les fours de Bustamante, et 6,20 ‰, pour les fours d'Idria.

En résumé :

Four Rodriguez . . . . .	Pertes	1,00 ‰
„ Gascue-Rodriguez. . . . .	„	3,12 „
„ Bustamante . . . . .	„	4,41 „
„ d'Idria . . . . .	„	6,20 „

Les minerais d'Almaden contiennent en moyenne 8 ‰ de mercure et ceux des Asturies 0,7 ‰ ; le prix de revient par tonne traitée est pour les fours Gascue-Rodriguez, 3 piécettes.

Si 100 kil. de minerai des Asturies renferment 0<sup>k</sup>7 de mercure, il faudra traiter par flacon ou bouteille pesant 34<sup>k</sup>5, une quantité de minerai égale à 4<sup>t</sup>90, d'après la proportion  $\frac{100}{x} = \frac{0,70}{34,50}$ , d'où  $x = \frac{3450}{0,70} = 4^t90$ .

Comme la tonne coûte 3 piécettes de frais de traitement métallurgique,  $4,90 \times 3 = 14,70$  piécettes seront les frais par flacon de mercure produit.

Faisons le même calcul pour les minerais d'Almaden à 8 ‰, traités dans les fours Gascue-Rodriguez.

$$\frac{100}{x} = \frac{8}{34,50}, \text{ d'où } x = \frac{3450}{8} = 0^t430$$

et les frais par flacon seront  $0,430 \times 3 = 1,29$  piécette.

Les frais de fabrication sont donc, dans les Asturies, 13 fois plus élevés qu'à Almaden et les pertes de mercure par tonne traitée, dans les fours Gascue comparés aux fours à aludels, dans le rapport de 1 : 17, d'après la pro-

$$\text{portion } \frac{0,70 \times 3,12}{8 \times 4,41} = \frac{2,184}{35,28} = \frac{1}{17}$$

Il est question de construire à Almaden des fours des systèmes Gascue-Rodriguez et Rodriguez, qui remplaceront très avantageusement, comme nous venons de le démontrer, les anciens appareils de Bustamante.

PRODUITS ARSENICAUX. — Les produits arsénicaux qui se déposent avec le mercure dans les condenseurs, ont la composition suivante :

Mercure . . . . .	% 14,00
Sulfure mercurique . . . . .	0,87
Acide arsénieux. . . . .	62,78
Sulfure arsénieux . . . . .	0,45
Huiles volatiles . . . . .	2,00
Eau . . . . .	1,50
Carbone . . . . .	1,50
Résidus provenant des parois des chambres contenant silice, chaux, alumine, etc. . . . .	16,90
	<hr/>
	100,00

Cette composition est celle des *hollines*, suies qui ont été préalablement battues sur une aire inclinée au moyen d'une palette et mélangées avec de la chaux, puis lavées dans une caisse traversée par un courant d'eau.

Ces produits sont mélangés avec environ 0,3 % de coke et 0,3 % d'argile qui ne sert qu'à donner la forme aux agglomérés placés à la partie supérieure de la charge des fours Bustamante ou d'Idria; on obtient alors, dans les condenseurs, un nouveau produit dont la composition est la suivante :

Acide arsénieux . . . . .	% 90,73
Acide sulfurique . . . . .	0,27
Mercure . . . . .	8,61
Chaux . . . . .	0,17
Matières charbonneuses . . . . .	0,22
	<hr/>
	100,00

Ce nouveau produit sert à faire une deuxième série de produits agglomérés avec une plus grande proportion de coke, environ 0,4 % et est encore distillé. On finit ainsi par obtenir un dernier produit très pauvre en mercure, mais contenant une grande proportion d'acide arsénieux. Ces produits, autrefois perdus, sont aujourd'hui retraités et servent à la fabrication du trisulfure d'arsenic  $\text{As}_2\text{S}_3$ , ou *orpiment*, dans les fabriques de Munon, d'après un procédé breveté en faveur de M. l'ingénieur Van Straalen.

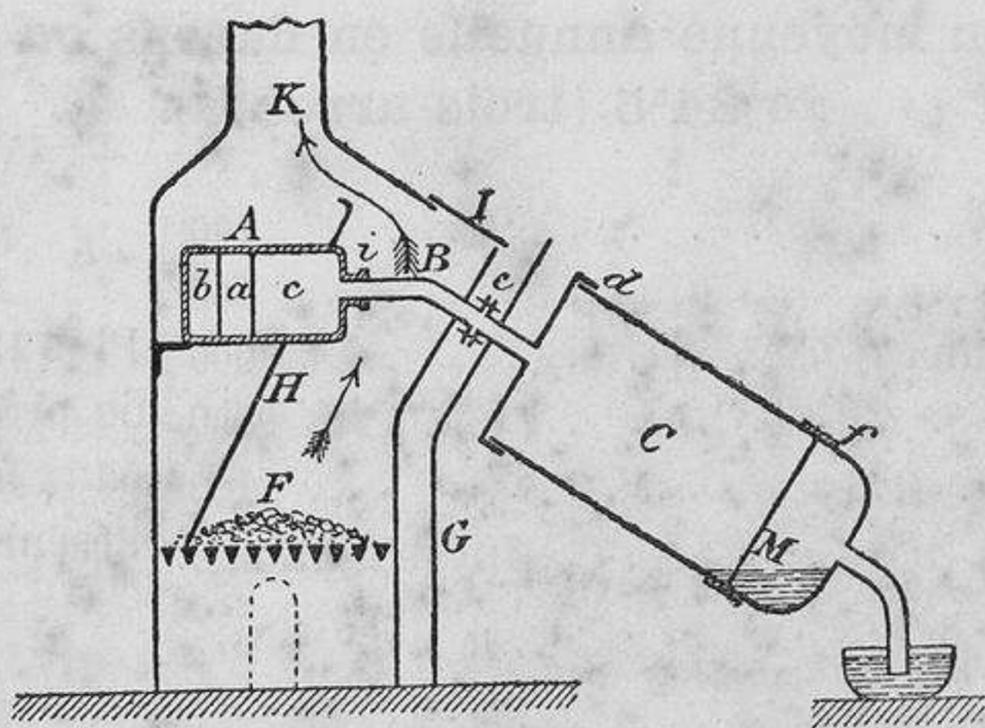
### **Analyse des minerais de mercure.**

Autrefois on se servait, dans les Asturies, de la *méthode de Eschka* et de la *méthode électrolytique*.

La première est abandonnée, car la faible teneur des minerais ne donnait, vu la petite quantité employée dans chaque essai, que des résultats difficilement appréciables à la balance de précision, et la prise d'essai ne représentait pas une moyenne suffisamment approximative. C'était un procédé par amalgamation : on mélangeait  $\frac{1}{2}$  gramme de minerai à  $\frac{1}{2}$  gramme de limaille de fer ; le tout introduit dans un creuset en porcelaine était recouvert de  $\frac{1}{2}$  à 1 centimètre de limaille de fer ; on fermait le creuset avec un couvercle concave en or que l'on pesait avant et après l'opération. La partie concave du couvercle étant remplie d'eau, on chauffait le creuset durant l'espace de 10 minutes sur une lampe à alcool. Cette opération terminée, on lavait la partie convexe du couvercle avec de l'éther et de l'alcool, puis avec de l'eau ; on laissait sécher et l'on effectuait la deuxième pesée. La différence entre les deux pesées servait à déterminer la teneur du mercure contenu dans le minerai.

*La méthode électrolytique*, quoique donnant des résultats satisfaisants, fut abandonnée à cause de sa lenteur ; chaque essai ne durait pas moins de 18 heures.

ESSAI INDUSTRIEL DES MINERAIS DE MERCURE. — L'échantillon du minerai à essayer est introduit dans un cylindre en fer A servant de cornue, la charge se faisant de la manière suivante : en *b* de la chaux éteinte qui, quand on échauffera la cornue, dégagera son eau et facilitera le transport des gouttelettes de mercure du minerai qui se trouve en *a*, mélangé à de la chaux sodée et du charbon de bois, à travers de la tournure de fer entassée



en *c*, qui a pour objet de réduire le cinabre non réduit par la chaux. Le courant gazeux traverse ensuite un tube B dont les joints *i* et *c* sont en amiante, et se rend dans un condenseur C en verre, en deux pièces, dont un appendice inférieur plonge dans une capsule pleine d'eau. En M se réunit le mercure condensé ; *d* joint en mastic et *f* joint en caoutchouc ; I porte du foyer F ; *g* écran servant à garantir le condenseur C de l'ardeur du foyer ; H autre écran qui oblige les flammes à chauffer la partie de la cornue contenant la tournure de fer ; K cheminée.

**Nomenclature des Compagnies qui exploitent le mercure dans les Asturies avec désignation des fours employés.**

Noms des compagnies.	Noms et nombre de fours.
Concordia . . . . .	Branalamosa . . . 1 four Bustamante.
Soterrana . . . . .	Munon Cisnero . 2 fours à aludels, 2 fours Rodriguez.
Union Asturiana Mieres . . . . .	4 fours d'Idria, 2 Bustamante, 2 Rodriguez.
Porvenir . . . . .	Mieres . . . . . 4 d'Idria, 1 Livermore, 3 Rodriguez, 1 Gascue-Rodriguez.
Exploradora . . . . .	Vallina de Longrea . . 1 Rodriguez à 2 cornues.
Pelugano . . . . .	Vallée d'Aller . . 1 Rodriguez à 5 cornues.
Minera . . . . .	Prov. de Leon . 1 Rodriguez à 2 cornues.

**Production moyenne annuelle en flacons ou bouteilles de 34<sup>k</sup>5 (trois arrobes).**

Concordia . . . . .	100	} Plus 1500 quintaux de produits arsénicaux à 90 % d'acide arsénieux.
Soterrana . . . . .	300	
Union Asturiana . . . . .	900	
Porvenir . . . . .	2000	
Exploradora . . . . .	120	
Pelugano . . . . .	Investigations.	
Minera . . . . .	"	

- a) Prix de revient total par flacon, 100 piécettes.
- b) Prix de revient total de 1 tonne aux fours, minerai à 1,55 %, 42 piécettes transportées aux fours.
- c) Teneur des minerais de 84 % à 0,20 %, en moyenne 0,70 %.
- d) Prix de vente (marché de Londres) en 1894, 6 livres.

**État général de la production de mercure de la Société  
« El Porvenir » de 1846-1894.**

Années.	Minerais calcinés.	Flacons.	Valeur.	Prix moyen de
	Quintaux métriques.		Piécettes.	chaque flacon.
				Piécettes.
1846	Les renseignements manquent.	261	96 929,28	375,20
1847	id.	351	71.826,32	204,63
1848	id.	(1) 1044	200.076,13	191,64
à 1856				
1857	id.	158 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	23.508,54	148,48
1858	id.	152	30.349,78	199,67
1859	id.	427	72.521,01	169,84
1860	id.	401	69 787,14	174,04
1861	id.	372	64.002,83	172,05
1862	id.	345 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	52 869,75	153,10
1863	id.	287	42.032,60	146,45
1864	id.	239	38.117,31	159,48
1865	id.	223	34.742,14	155,79
1866	id.	223	36.619,27	164,21
1867	id.	354	54.656,65	154,39
1868	id.	460	65.568,59	142,54
1869	id.	541	77.805 "	143,82
1870	id.	527	76 085,63	144,37
1871	22 032,16	305	44.034,48	144,37
1872	23 489,44	273	51.187,50	187,50
1873	25.346 "	311	85.525 "	275 "
1874	27.233,84	360	135.000 "	375 "
1875	34.242,40	315	165.375 "	525 "
1876	36.846 "	264	45.600 "	172,72
1877	33.350 "	533	67.932,50	127,45
1878	29.803,40	309	45.656,25	147,75
1879	26.864 "	293	41.445 "	141,45
1880	27.830 "	262	38.772,50	147,98
1881	25 275 "	876	130.352,50	148,80
1882	18.965 "	1.517	206.816,25	136,33
1883	23.135 "	1 298	159.925 "	123,20
1884	22.800 "	1.066	130 855,75	122,75
1885	40.020 "	1.107	155.836,56	140,77
1886	26.680 "	1.259	181.605,59	144,24
1887	32.625 "	1.511	238.920,20	158,52
1888	31.643,60	2.900	357 724,36	187,27
1889	61.046,22	1.975	391.635,97	198,30
1890	57.515,82	1.450	320.388,77	220,95
1891	61.821,88	2.065	369.056,20	178,72
1892	76.054,90	2.250	350.936,02	155,57
1893	72.633,65	2.000	310.278,19	155,14
Totaux . . .		29.864 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	5.132.358,18	

(1) Soit une moyenne de 116 flacons par an, pendant cette période.

## ANNEXE.

---

### MÉTACINNABARITE DES ASTURIES

Par M. G. CESARO,

Professeur à l'Université de Liège.

---

Minéral presque pur ; contient en mélange un peu de calcite ; poussière noire, *ne devenant pas rouge par la pression du pilon* ; ne possède ni formes cristallines, ni clivages apparents ; éclat imparfaitement métallique ; très fragile, se brise facilement à la main.

L'analyse qualitative montre qu'il contient du zinc en assez forte proportion et une petite dose de fer.

Pour effectuer l'analyse commodément, j'ai observé que le sulfure de zinc reste fixe et inaltéré lorsqu'on le chauffe dans un courant d'anhydride carbonique sec, tandis que le sulfure de mercure se volatilise ; quant au sulfure de fer, qui paraît être mélangé au minéral, probablement à l'état de pyrite, sa proportion est trop faible pour que la petite quantité de soufre volatilisé puisse influencer les résultats.

Dans un premier essai, j'ai introduit une nacelle en porcelaine contenant 1<sup>gr</sup>428 du minéral trié avec soin, dans un tube en verre traversé par un courant d'anhydride carbonique sec ; la flamme d'un bec Bunsen suffit pour volatiliser rapidement le sulfure de mercure, qui vient se déposer dans la partie froide du tube. La matière qui reste dans la nacelle, est presque blanche ; elle pesait 0<sup>gr</sup>108, ce qui accuse 1<sup>gr</sup>320 de sulfure mercurique volatilisé ; le résidu contenu dans la nacelle a été analysé par

la méthode ordinaire. En réunissant ces résultats, on obtient, pour l'échantillon considéré, la composition suivante :

HgS	. . . . .	92,44
ZnS	. . . . .	4,95
FeS	. . . . .	1,63
		99,02

Un autre échantillon a donné 91,34 % de sulfure de mercure, ce qui montre que la composition du minéral dont il s'agit est sensiblement constante.

Une propriété importante du minéral se manifeste dans sa façon de se comporter vis-à-vis de l'acide nitrique concentré : même à chaud, cet acide *n'enlève pas le zinc au minéral*, tandis que le fer se dissout.

On est par là amené à conclure que, dans la métacinnabarite des Asturies, le zinc se trouve combiné au mercure et que le minéral dont il s'agit est, ou bien un sulfosel, ou bien un mélange de sulfosel et de sulfure de mercure.

Dans le premier cas, qui me paraît plus probable, à cause de l'inaltérabilité de la couleur de sa poussière par la pression du pilon, il répondrait à la formule :

8HgS ZnS, avec la correspondance suivante :

		Calculé.	Trouvé par l'analyse.
HgS	. . . . .	95,03	94,92
ZnS	. . . . .	4,97	5,08

La métacinnabarite des Asturies n'est, très probablement, autre chose que la *Guadalcazarite* de Petersen, minéral provenant de Guadalcazar, au Mexique.

Petersen y a dosé (*Min. Mitth.*, 69, 1872) : 92,49 % de sulfure mercurique et 6,31 de sulfure de zinc.

la méthode scientifique. Le résultat est négatif, on obtient tout simplement l'absence de corrélation.

Il est donc évident que la méthode scientifique ne permet pas de démontrer l'absence de corrélation.

La seule méthode qui permette de démontrer l'absence de corrélation est la méthode de la variation contrôlée.

La méthode de la variation contrôlée consiste à varier un seul facteur à la fois tout en maintenant tous les autres facteurs constants.

Si, dans ces conditions, on observe une variation de la variable dépendante, on peut conclure que cette variation est due à la variation du facteur étudié.

Si, au contraire, on n'observe aucune variation de la variable dépendante, on peut conclure que la variation du facteur étudié n'a aucune influence sur la variable dépendante.

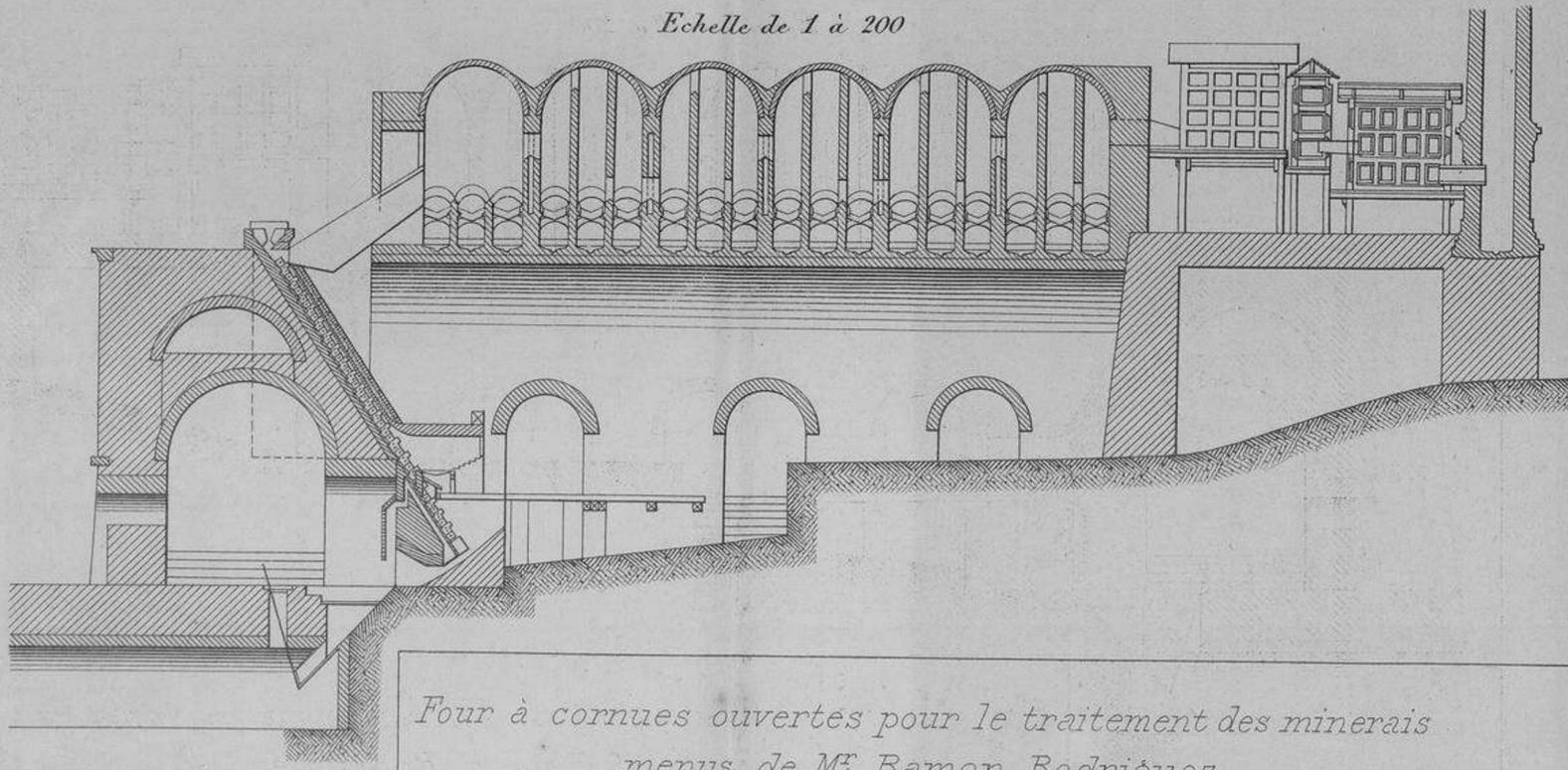
C'est donc la méthode de la variation contrôlée qui permet de démontrer l'absence de corrélation.

Il est important de noter que la méthode de la variation contrôlée est une méthode expérimentale et non une méthode statistique.

La méthode statistique ne permet que de mesurer la force de la corrélation, elle ne permet pas de démontrer l'absence de corrélation.

Four de Livermore pour minerais menus.

Echelle de 1 à 200

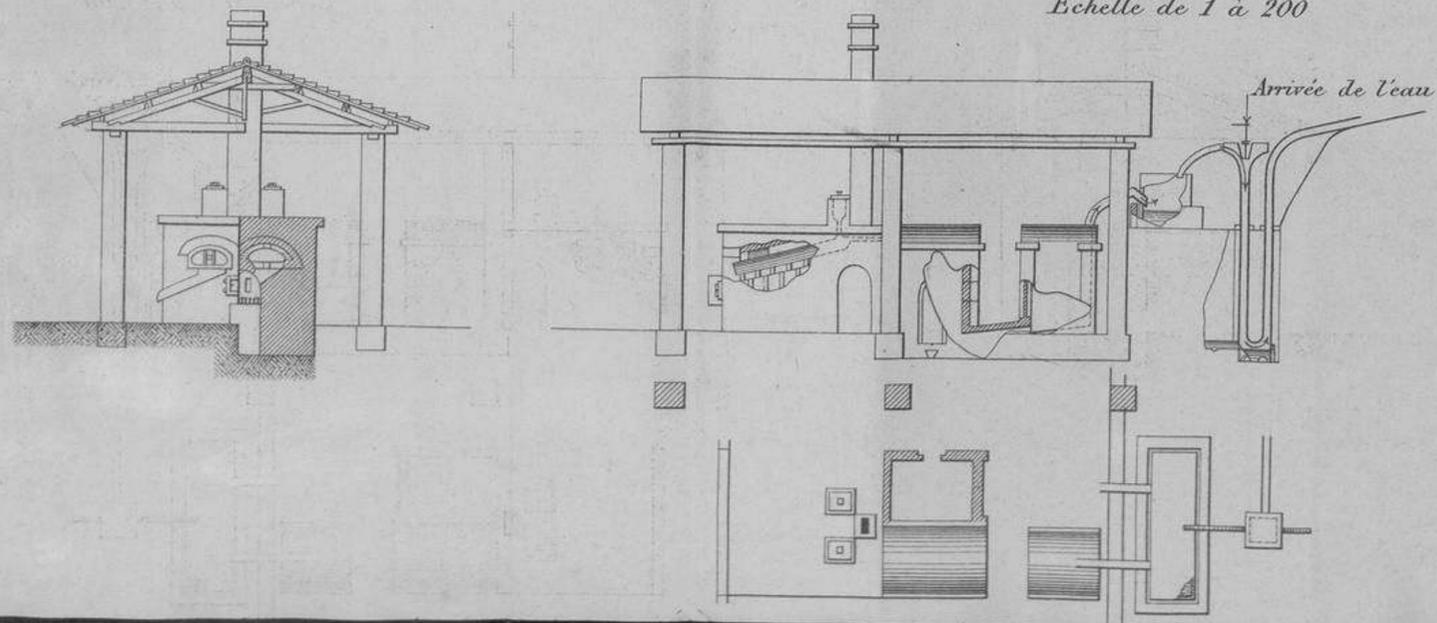


Four à cornues ouvertes pour le traitement des minerais menus de M<sup>r</sup> Ramon Rodriguez.

Vue de face

Vue de côté

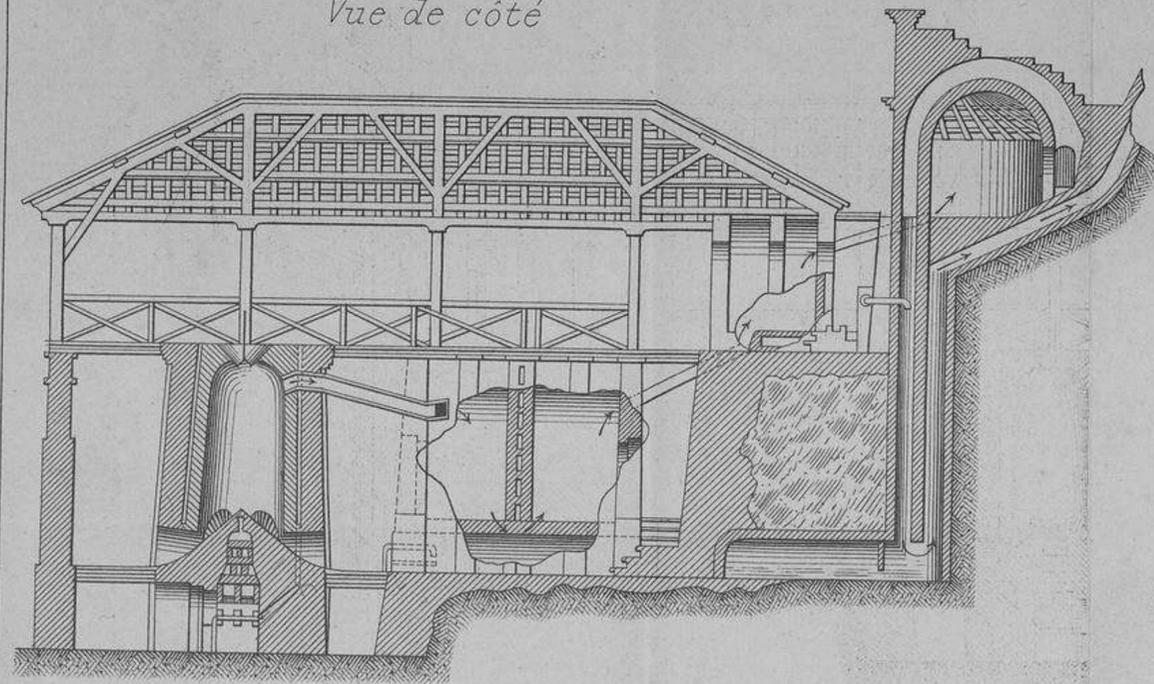
Echelle de 1 à 200



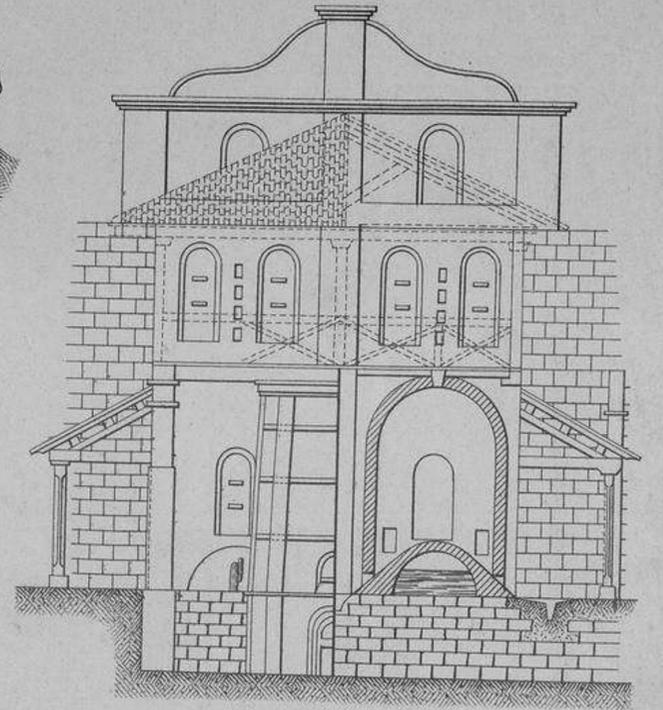
Four pour le traitement des minerais de mercure et d'arsenic de M.M. Gascue et Rodriguez.

Echelle de 1 à 200

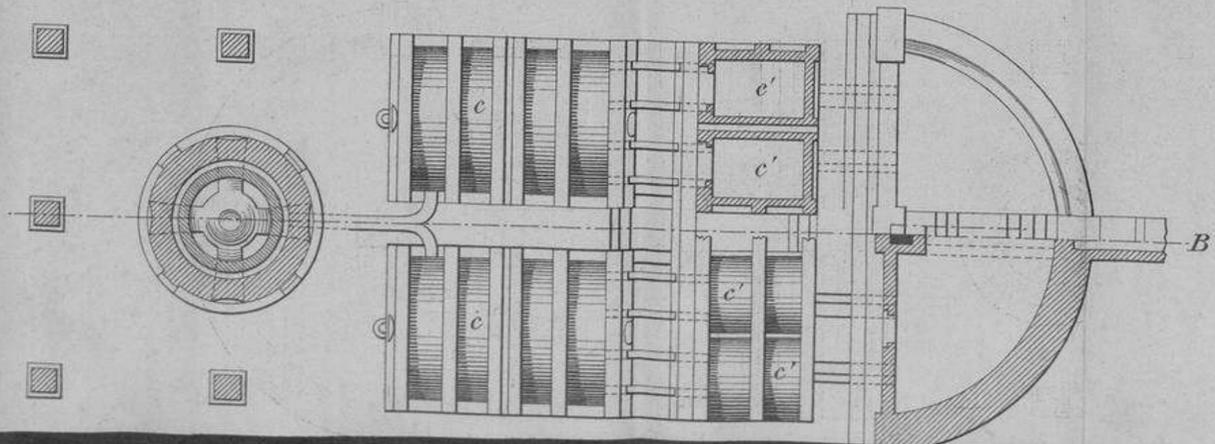
Vue de côté



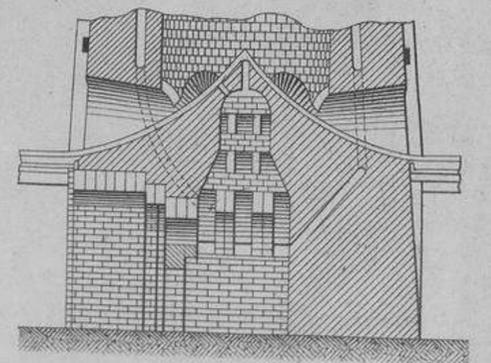
Vue de face



Plan



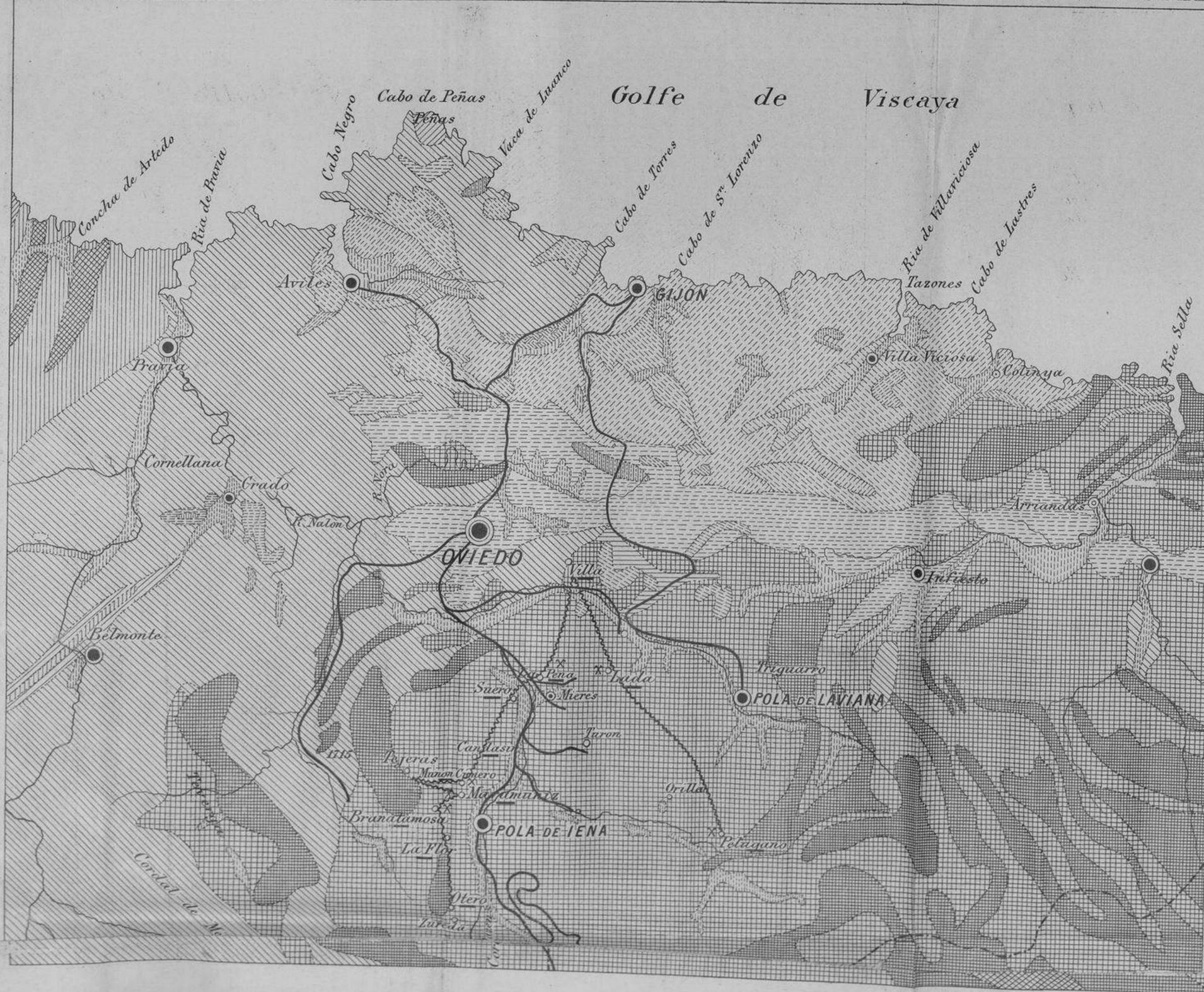
Détails du foyer  
Echelle de 1 à 100



THE GREAT HALL  
OF THE UNIVERSITY OF  
CAMBRIDGE



THE GREAT HALL OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE



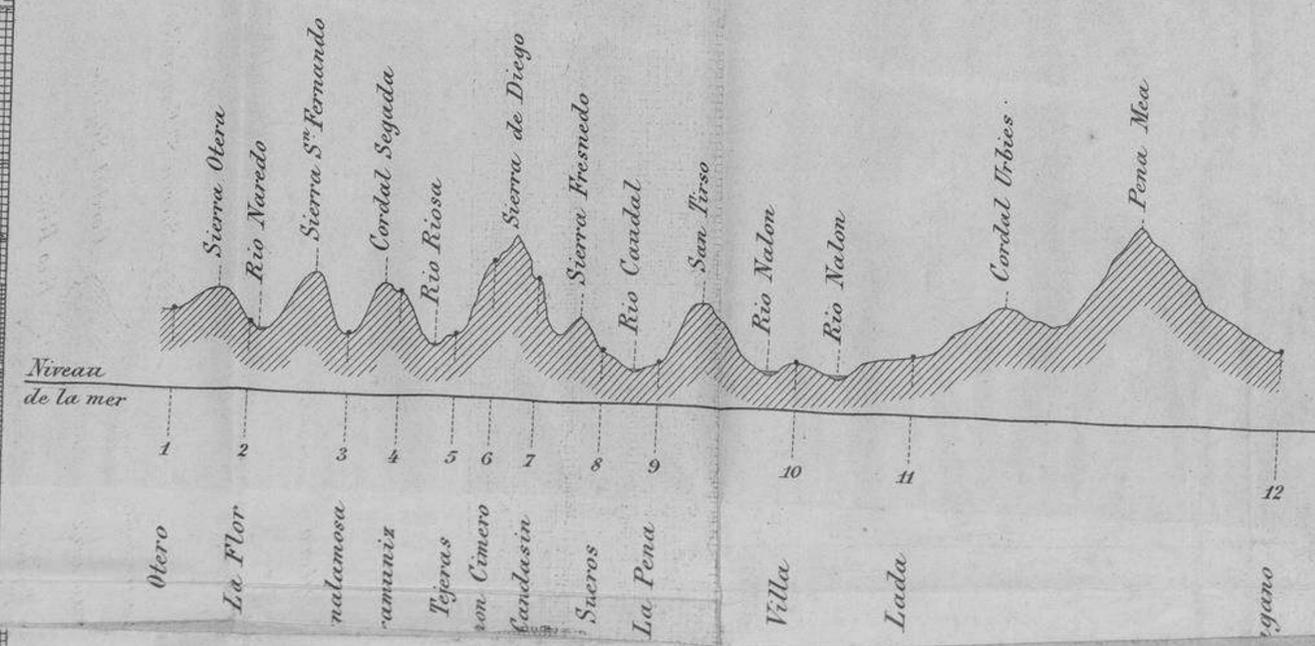
Légende

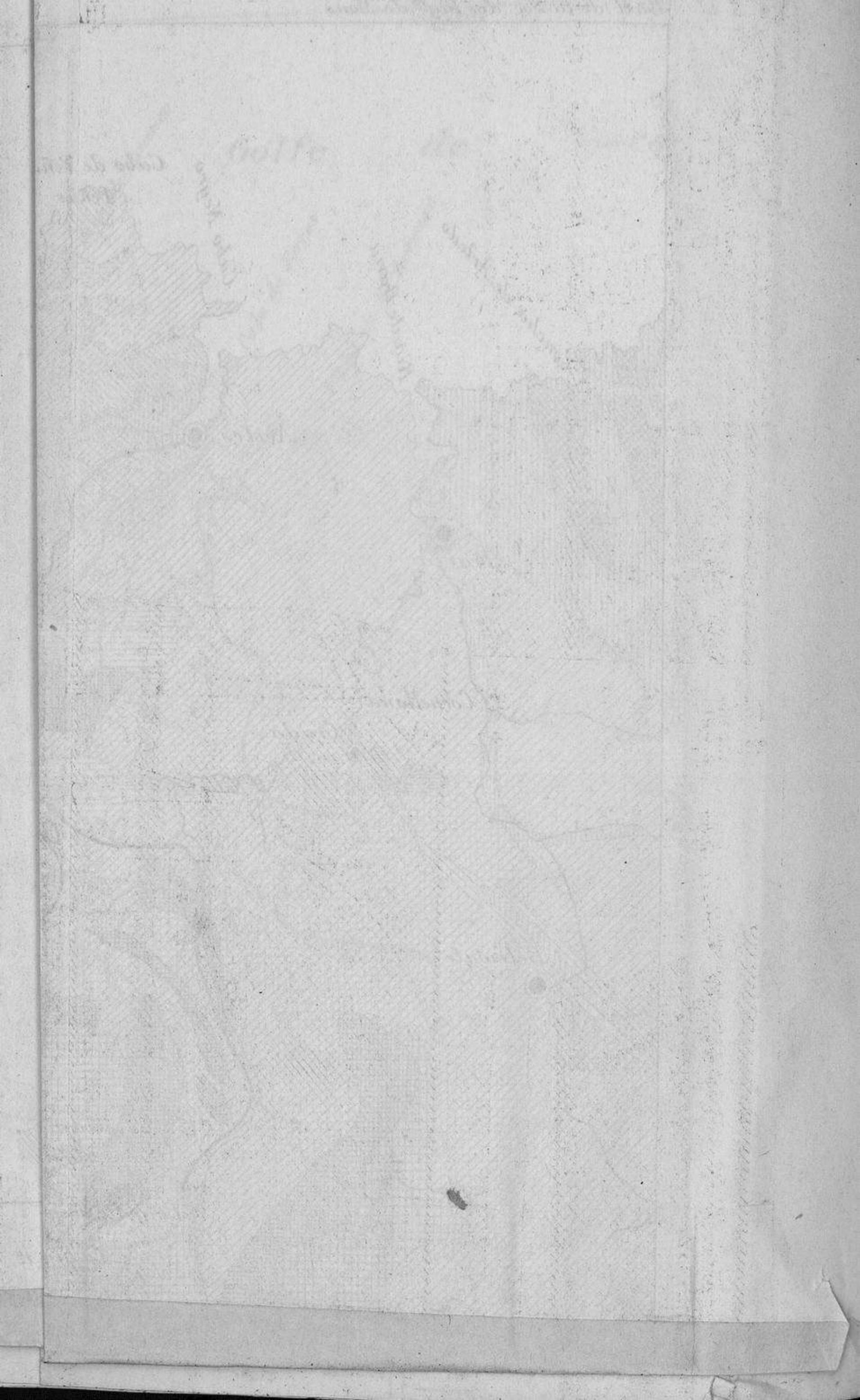
- Diluvien
- Crétacé
- Infracrétacé
- Jurassique
- Liasique
- Triasique
- Carbonifère sup<sup>r</sup>
- Carbonifère inf<sup>r</sup>
- Dévonien
- Silurien
- Cambrien
- Ligne d'affleurements mercuriels
- Usines à mercure
- Exploitations de mercure

CARTE GÉOLOGIQUE  
de la partie centrale de la Province  
des Asturies.

d'après la carte publiée par la  
Commission géologique, sous la direction  
de M<sup>r</sup> Manuel Fernandez de Castro.

Echelles { Longueurs : 1 à 400.000  
Hauteurs : 1 à 40.000





SOCIÉTÉ EL PORVENIR  
Mine Esperanza

Fig. 1. Coupe horizontale de l'étage dit Flecha 2<sup>a</sup>

Echelle  $\frac{1}{500}$

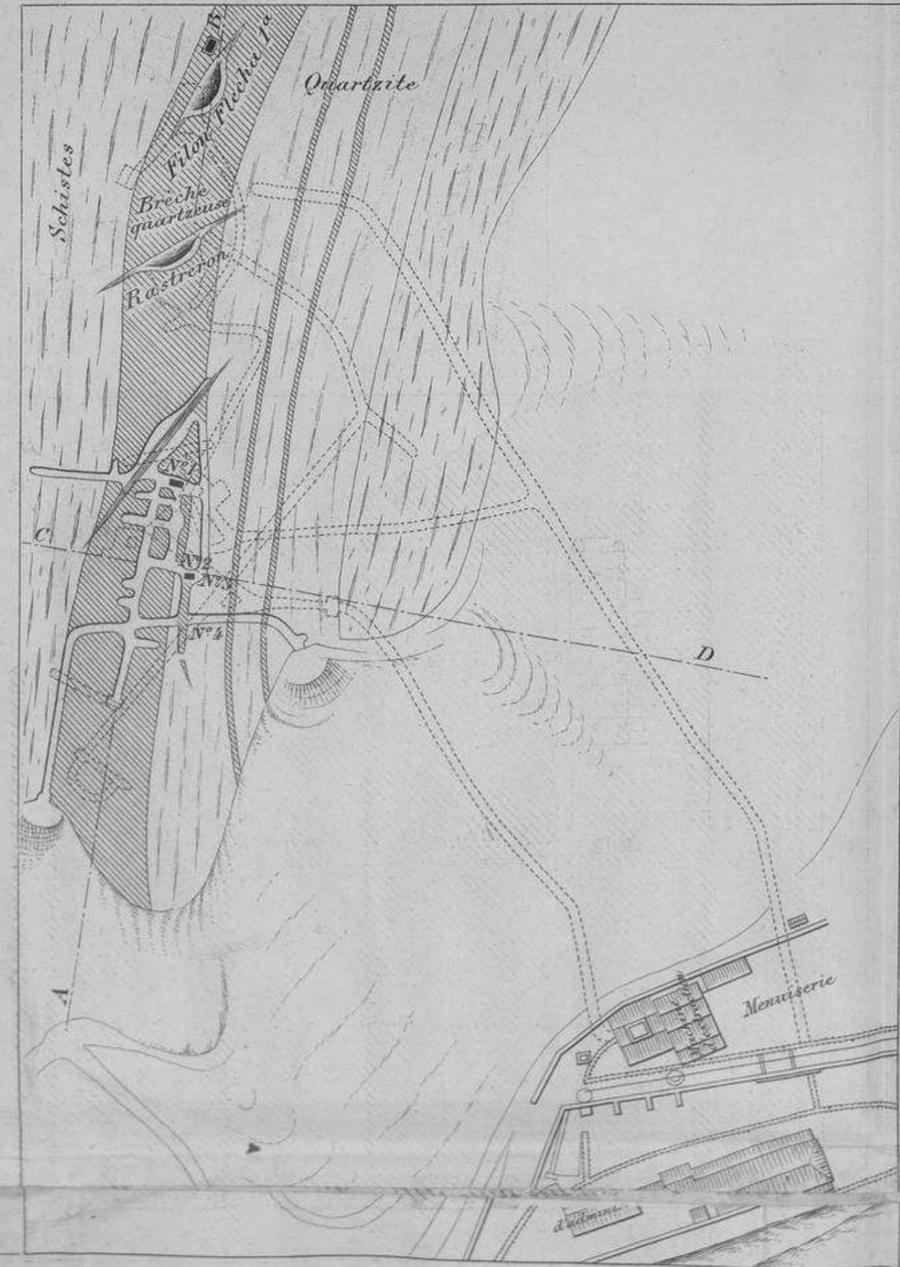
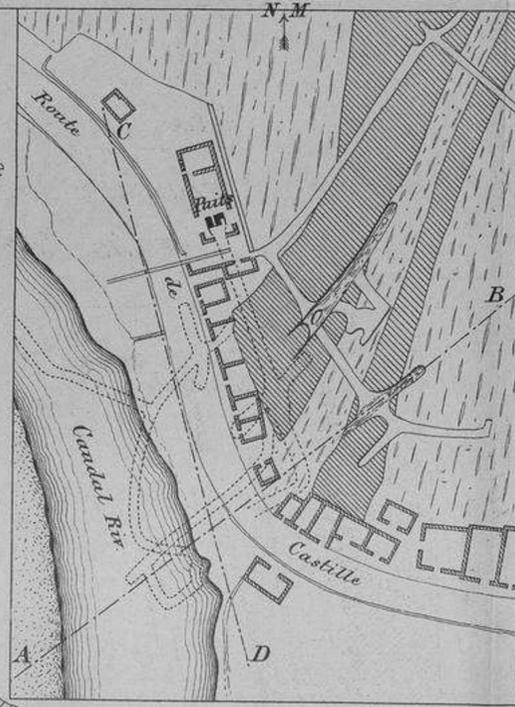


Fig. 4.  
Coupe  
horizontale



SOCIÉTÉ EL PORVENIR  
Mine La Peña  
Fig. 5. Coupe verticale AB (Fig. 4)

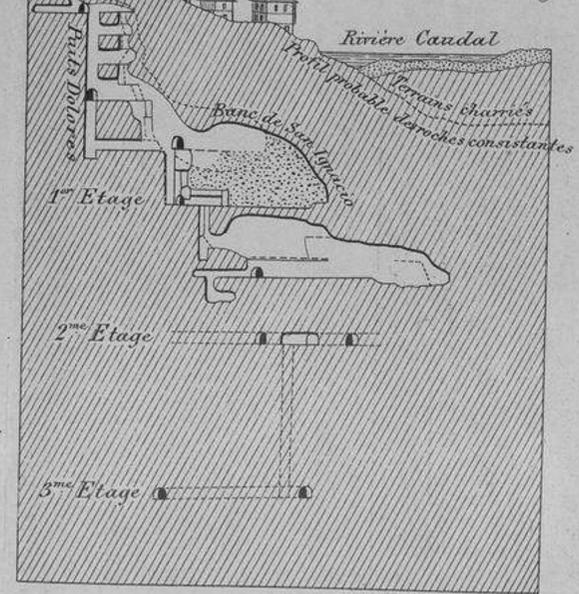


Fig. 6. Coupe verticale CD (Fig. 4)

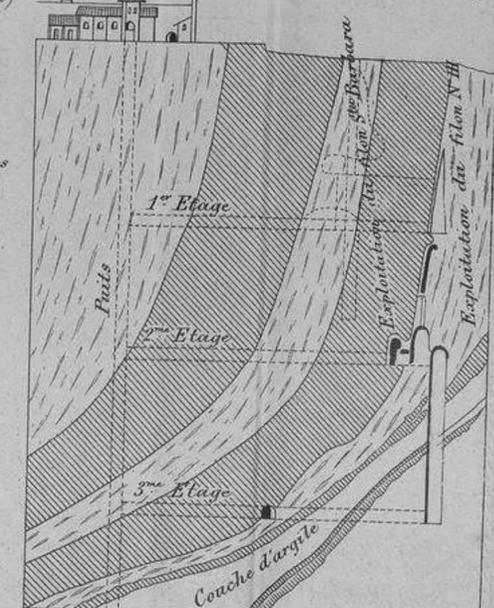


Fig. 2. Coupe verticale CD (Fig. 1)  
perpendiculaire au gisement

Echelle  $\frac{1}{500}$

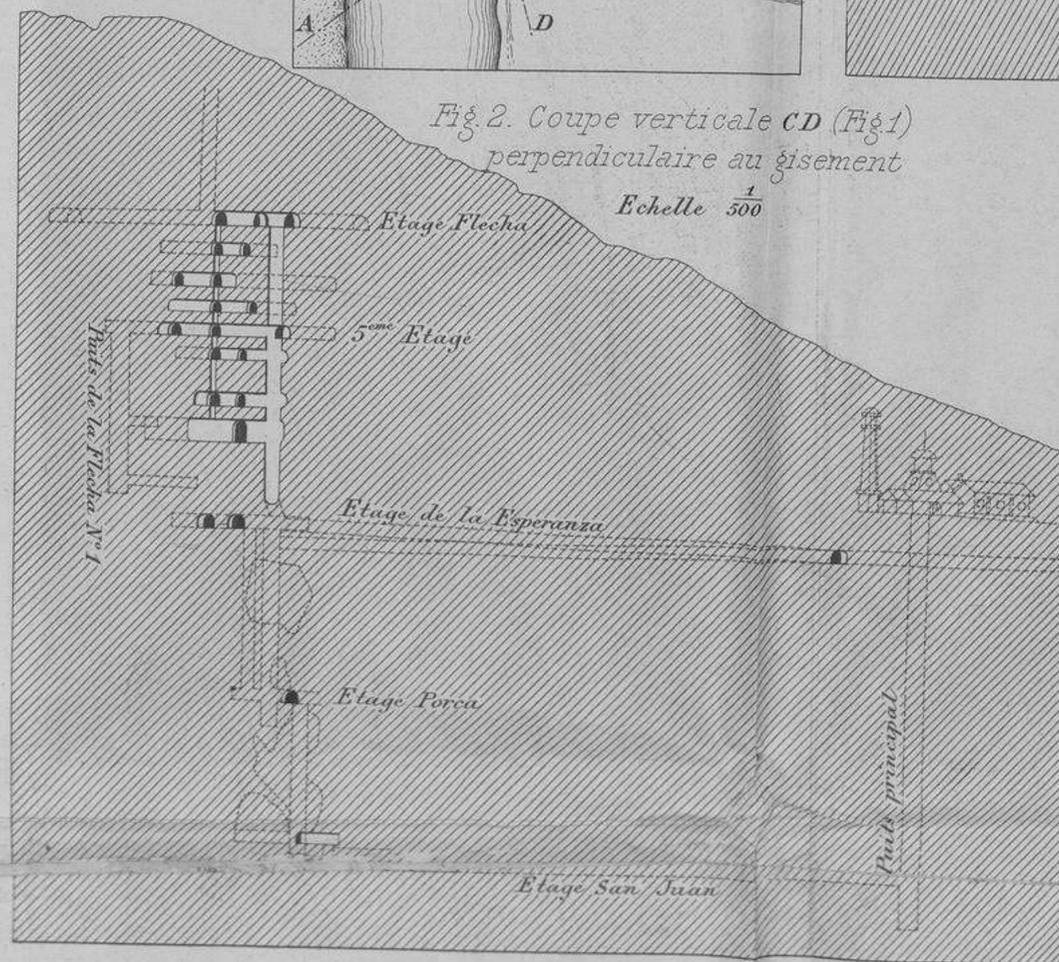
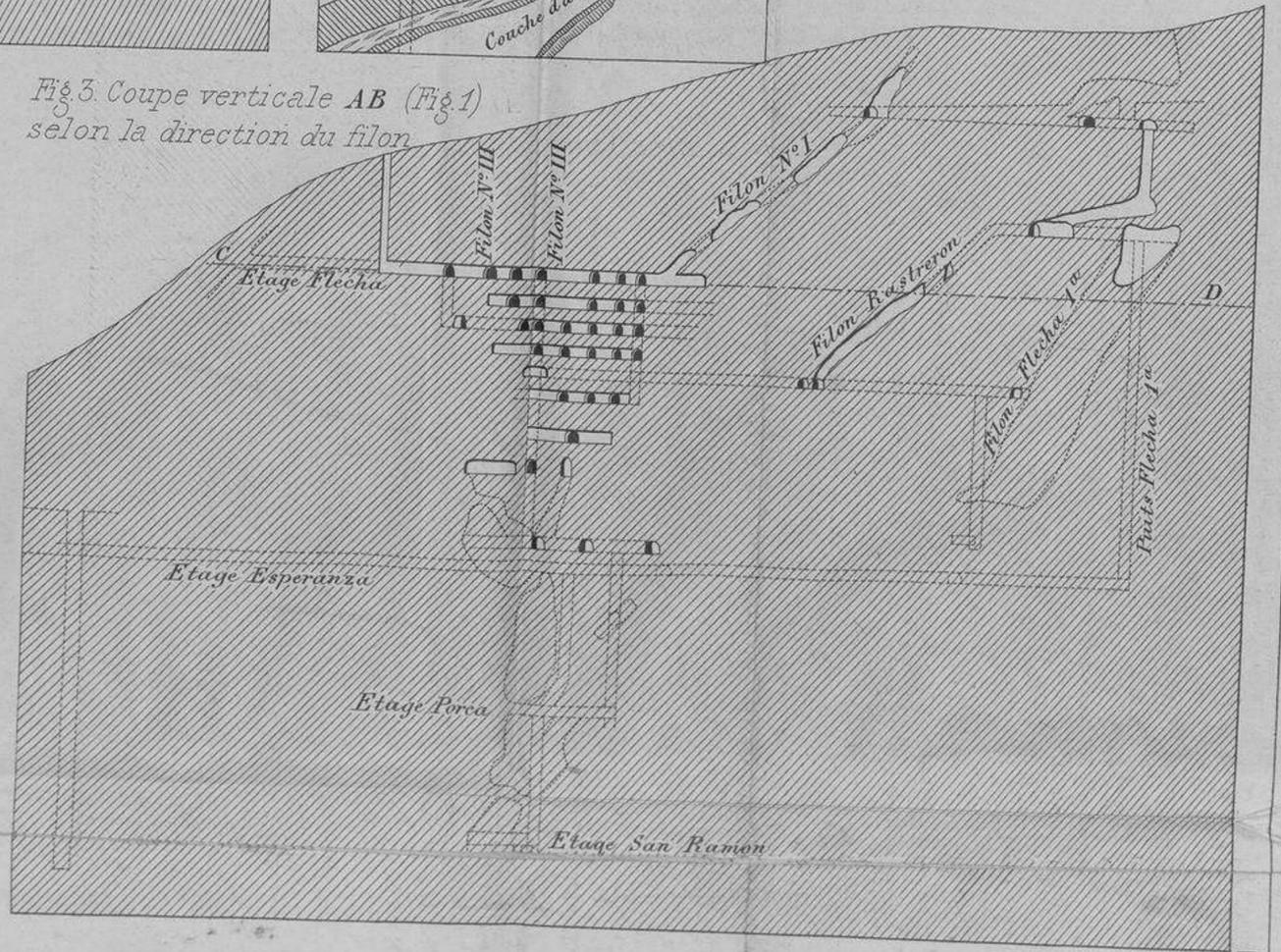


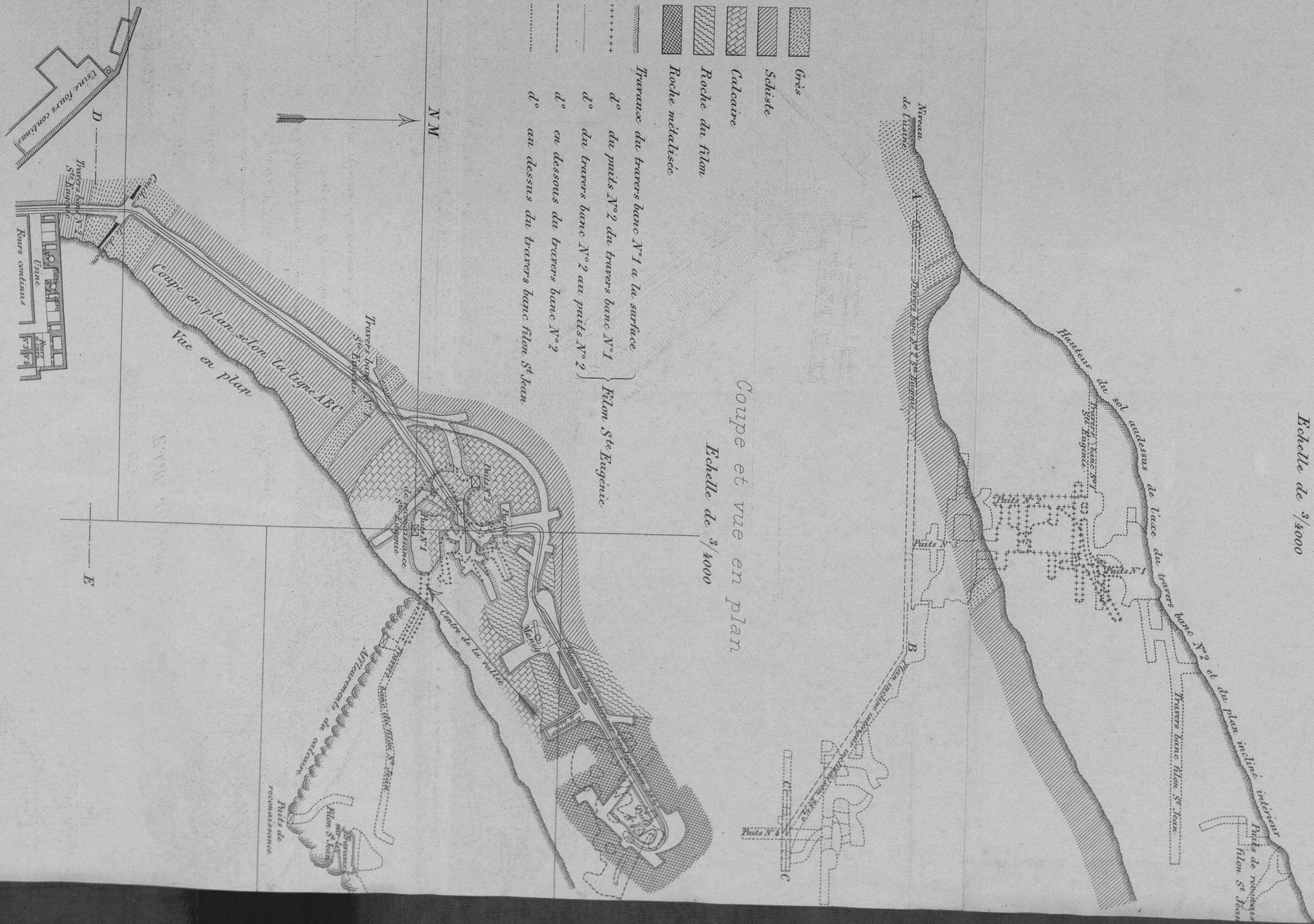
Fig. 3. Coupe verticale AB (Fig. 1)  
selon la direction du filon



111  
SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT  
MÉTROPOLITAIN

PROJET DE TRAVAUX  
DE RÉNOUVELLEMENT  
DE LA VILLE DE  
PARIS

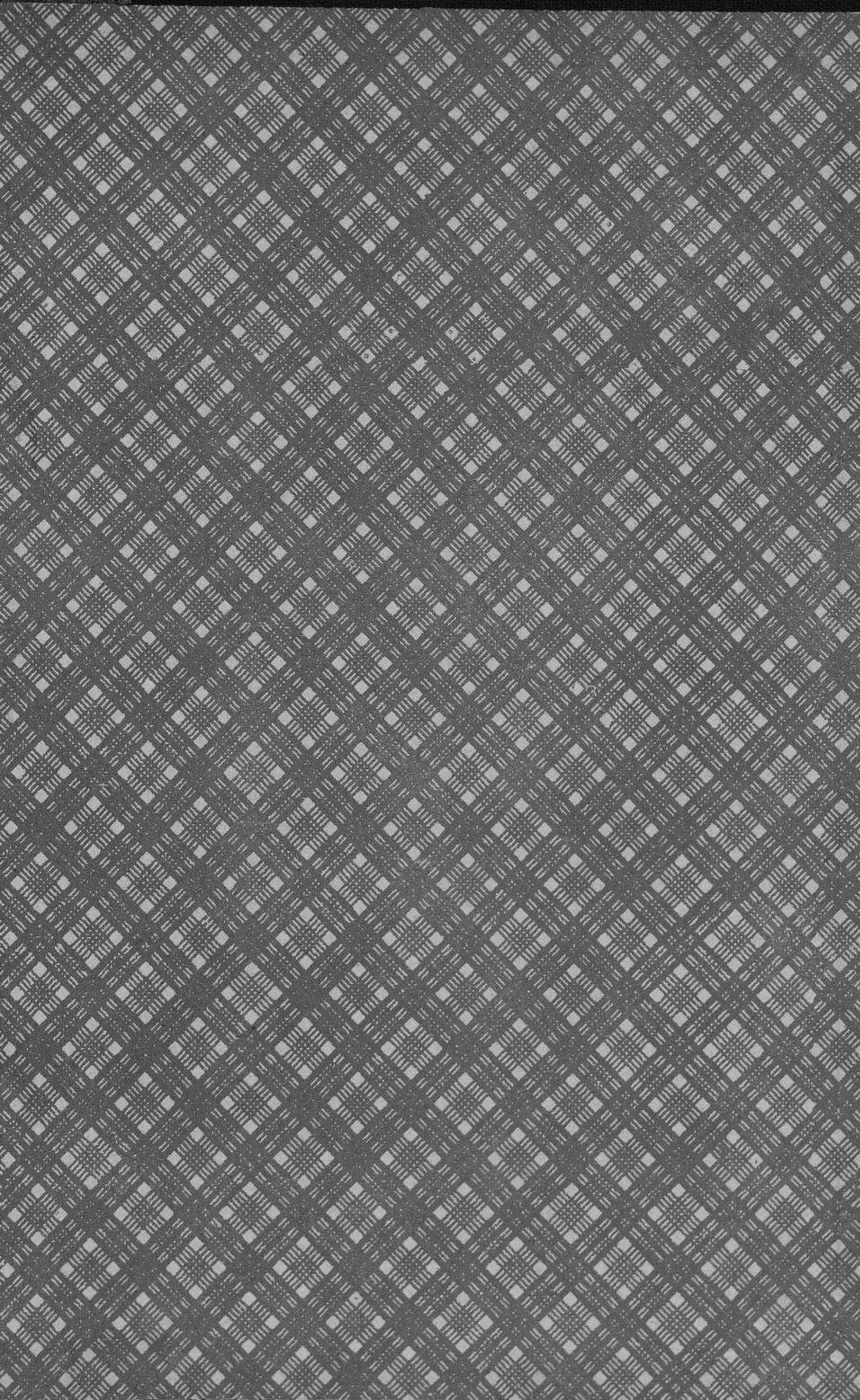














ASTURIAS

DE MINAS

278