

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

COMITÉ DIRECTEUR

MM. E. DE JAER, Directeur général des Mines, à Bruxelles,
Président.

A. FIRKET, Inspecteur général des Mines, à Liège, *Vice-Président.*

J. DE JAER, Inspecteur général des Mines, à Mons.

J. SMEYSTERS, Ingénieur en chef, Directeur des Mines, à Charleroi.

L. DEJARDIN, Ingénieur en chef des Mines, Directeur à l'Administration centrale, à Bruxelles.

J. IBERT, Ingénieur en chef, Directeur des Mines, à Namur.

V. WATTEYNE, Ingénieur en chef des Mines, Directeur à l'Administration centrale, à Bruxelles, *Secrétaire.*

CH. GOOSSENS, Directeur à l'Administration centrale, à Bruxelles,
Secrétaire-adjoint.

La collaboration aux *Annales des Mines de Belgique* est accessible à toutes les personnes compétentes.

Les mémoires ne peuvent être insérés qu'après approbation du Comité Directeur.

En décidant l'insertion d'un mémoire, le Comité n'assume aucune responsabilité des opinions ou des appréciations émises par les auteurs.

MÉMOIRES

LES GISEMENTS D'ÉTAIN

DE LA GALICE (ESPAGNE)

PAR

J. KERSTEN

Ingénieur à la Société générale pour favoriser
l'Industrie nationale, à Bruxelles.

[55345(461)]

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉTAIN.

L'étain est un des métaux dont les minerais sont les moins répandus dans la nature. On le trouve et on l'exploite principalement à l'état de bioxyde (SnO_2) sous le nom de *cassitérite*. Quand elle est chimiquement pure, la cassitérite renferme de 60 à 75 % d'étain métal. Il existe également sous forme de sulfure allié au cuivre, au zinc et au fer; il porte alors le nom de *stannine*, mais ce minéral, encore plus rare, a beaucoup moins de valeur industrielle que la cassitérite. Celle-ci se présente en filons, plus souvent en stockwerks, ou en alluvions provenant de l'altération des premiers. On connaît l'étain en stockwerks en Saxe, en Bohême, au Cornwall, dans le Devonshire et en Bretagne. En Bolivie et au Mexique, il est allié à des roches trachytoïdes; en Toscane, il apparaît dans des calcaires sédimentaires, et à Malacca, Banka, Billiton, dans la Nouvelle-Galles du Sud et en Tasmanie, il est contenu dans des alluvions.

La cassitérite est presque toujours accompagnée d'autres minéraux qui rendent la préparation mécanique difficile et coûteuse : il faut citer en tout premier lieu le wolfram, tungstate double de fer et de manganèse, et le mispickel ou arsénio-sulfure de fer dont les poids spécifiques s'approchent beaucoup de celui du bioxyde d'étain et qui par conséquent se séparent mal de ce dernier dans les appareils de lavage. Il y a également la molybdénite, la topaze et des sels d'antimoine. Cependant, ces impuretés se rencontrent principalement dans les filons et les amas, tandis qu'elles sont beaucoup plus rares dans les alluvions qui ont déjà subi, sous l'action des agents extérieurs, une préparation mécanique prolongée.

Lorsque la préparation mécanique industrielle de la cassitérite est bien faite, on obtient un produit connu sous le nom d'étain noir (black tin) qui renferme de 50 à 70 % de bioxyde d'étain et dont le traitement métallurgique n'offre guère de difficulté. En particulier, si le wolfram et le mispickel sont complètement éliminés, on peut se dispenser de grillages spéciaux, toujours assez coûteux, et d'autre part, le wolfram recueilli au lavage a une certaine valeur marchande au point de vue de la fabrication des aciers au tungstène.

Les **pays producteurs** principaux de l'étain sont aujourd'hui les Détroits (Indes néerlandaises), le Cornwall et la Saxe. Il faut ajouter en deuxième ligne l'Australie, la Bolivie, la Russie, l'Allemagne et la France. Certains de ces pays exportent l'étain métal, mais d'autres, tels que la Bolivie produisent seulement le black tin qui est vendu en Europe ou aux États-Unis d'Amérique aux usines de réduction. Si l'on joint à cette liste quelques petits producteurs tels que l'Autriche, le Japon, le Mexique et le Portugal, on arrive pour les dernières années, aux productions mondiales suivantes :

1894	80,826	tonnes d'étain.
1895	83,416	id.
1896	83,237	id.
1897	75,409	id.
1898	74,489	id.

Quant à l'Espagne, elle figure seulement dans les statistiques pour les chiffres suivants :

1894.	26	tonnes d'étain.
1895.	17	id.
1896.	59	id.
1897.	57	id.
1898.	4	id.

Pendant la même période, son exportation a été de :

1894.	16	tonnes d'étain.
1895.	10	id.
1896.	?	
1897.	?	
1898.	?	

tandis qu'elle importait en feuilles et en lingots :

1894	1,027	tonnes d'étain.
1895	825	id.
1896	1,080	id.
1897	923	id.
1898	834	id.
1899	937	id.

L'étain que l'Espagne a produit jusque maintenant est venu des gisements de Galice, qui sont voisins de ceux du Portugal, et il est probable que si cette industrie a subi un ralentissement, c'est à cause des résultats négatifs qu'elle donnait. D'autre part, certains gisements de pays grands producteurs s'épuisent visiblement; et c'est le cas pour ceux de l'Angleterre, comme le prouve l'inspection du

tableau ci-dessous, dont les chiffres se rapportent au black tin :

1894 . . .	13,117 tonnes de black tin.
1895 . . .	10,782 id.
1896 . . .	7,786 id.
1897 . . .	7,234 id.
1898 . . .	7,498 id.
1899 . . .	5,752 id.

Pendant que sa production propre diminuait, ce pays augmentait son importation dans la proportion suivante :

1894 . . .	4,508 tonnes de black tin.
1895 . . .	4,780 id.
1896 . . .	4,950 id.
1897 . . .	5,028 id.
1898 . . .	5,477 id.

Il faut remarquer, de plus, que les Etats-Unis d'Amérique, qui ne connaissent jusque maintenant aucun gisement d'étain, en importent également de grandes quantités et qu'il en est de même de l'Allemagne, qui traite principalement les étains noirs de Bolivie, lesquels laissent cependant beaucoup à désirer au point de vue de la teneur et de la pureté.

Les étains les plus demandés aujourd'hui sont ceux de Banca, et les marchés sont New-York, Londres, Amsterdam, Rotterdam, Paris, Marseille et Hambourg.

Les **prix de vente** de l'étain subissent des variations considérables. La production étant en effet très restreinte et se trouvant localisée dans quelques rares régions, il suffit d'une cause quelconque qui modifie l'extraction de l'une d'elles pour que la valeur marchande change aussitôt. C'est ainsi qu'on verra dans le tableau ci-dessous, qui donne quelques valeurs de la tonne d'étain de 1780 à 1838, qu'en

1810, lors de la guerre d'Espagne qui avait notablement ralenti la production de la péninsule, ce métal a haussé d'une façon très appréciable :

Années	Valeur de la tonne d'étain.	Production mondiale, en tonnes.
1780. . . .	1,684 francs.	3,230 tonnes.
1793. . . .	2,534 id.	3,400 id.
1801. . . .	2,620 id.	2,400 id.
1810. . . .	3,925 id.	2,100 id.
1817. . . .	2,825 id.	4,000 id.
1820. . . .	1,825 id.	2,890 id.
1838. . . .	2,050 id.	5,130 id.

De 1878 à 1894, le prix moyen de vente a été de 2,219 francs les 1,000 kilogrammes. Depuis cette année, voici quels ont été les prix sur le marché de Londres :

En 1895.	1,625 francs.
1896.	1,598 id.
1898.	1,950 id.
1899.	3,100 id.
1900.	3,500 id.
Moyenne.	2,335 francs.

Pour en finir avec cette question, nous donnons ci-après un tableau qui résume les prix de vente de l'étain métal en francs par tonne, dans différents pays producteurs :

	1894	1895	1896	1897	1898
Australie. . .	1,690	1,520	1,430	1,515	1,665
Autriche. . .	2,425	2,020	1,705	1,750	1,985
Angleterre. .	1,785	1,655	1,565	1,610	1,830
Allemagne. .	1,515	1,505	1,440	1,550	1,875
Russie. . . .	1,800	1,205	1,190		
Tasmanie. . .	2,110	1,525	1,450	1,510	1,730

Ces valeurs sont rapportées à la tonne d'étain prise à l'usine même.

Le black tin a naturellement un marché aussi variable : nous indiquons ci-après, le prix du black tin à 57 % d'étain sur la place de Londres, pour les cinq dernières années.

31 décembre 1895	fr.	978-75
30 juin 1896		930-00
31 décembre 1896		912-50
30 juin 1897		950-00
31 décembre 1897		945-00
30 juin 1898		999-00
31 décembre 1898		1,172-50
30 juin 1899		1,665-00
31 décembre 1899		1,981-00

D'après ce tableau, la moyenne de 1895 à 1899 est de 1,170 francs environ la tonne. Mais quand sa teneur varie, le prix du black tin change très rapidement. C'est ainsi que quand il tient de 68 à 75 % d'étain, il peut valoir dans certains cas jusque 2,000 francs, tandis que dans les mêmes circonstances, si sa richesse tombe à 57 %, il ne vaut plus que 1,400 francs. Le wolfram abaisse sa valeur de 20 à 30 %; d'un autre côté, quand le black tin contient du cuivre ou de l'arsenic, on peut les traiter et les vendre comme sous-produits.

Par suite de ces écarts considérables dans la valeur marchande de ce métal, il existe parfois un certain antagonisme entre les producteurs de minerai et les métallurgistes qui le réduisent; aussi est-il arrivé souvent, en Angleterre entr'autres, que les premiers ont monté des usines où ils traitent eux-mêmes leur minerai. Ceci nous paraît être dans bien des cas la véritable solution, car il faut remarquer que le producteur de minerai en effectue lui même la *préparation mécanique*, qui est très délicate, et que ce qu'il reste à faire pour obtenir l'étain métal est relativement peu de chose.

Cette **préparation mécanique** elle-même change beaucoup suivant le minerai auquel on a affaire. Quand on a du minerai de filon ou de stockwerk, il faut d'abord broyer les morceaux au moyen de bocards ou de cylindres, et comme il est très rare alors que l'on ne rencontre pas les impuretés dont nous avons parlé plus haut, il faut multiplier les lavages successifs pour les en retirer, et parfois même intercaler des grillages pour éliminer les sulfures.

Si l'on travaille des alluvions, le bocardage peut se réduire à très peu de chose et si, ce qui se présente souvent, les corps étrangers font défaut, le lavage est simplifié. Malheureusement il arrive fréquemment que les alluvions comportent une grande proportion d'argile fine (slime) dans laquelle sont disséminés de petits cristaux de cassitérite. Dès lors, le lavage demande à être poussé fort loin et il se fait même que l'on repasse sur les tables tournantes, qui traitent les argiles, les déchets de lavage ou tailings. D'une manière générale cependant, la préparation mécanique des alluvions ainsi que leur métallurgie sont toujours moins coûteuses que celles des minerais en roche. Aussi peut-on travailler avec profit des minerais d'alluvions très pauvres qui, se présentant en roches, ne procureraient que des pertes. Il y a donc une importance considérable dans l'étude d'un gisement à examiner soigneusement si la nature du minerai ne changera pas en profondeur ou autrement.

Nous croyons utile de citer à ce sujet quelques **prix de revient de traitement** obtenus dans certains pays producteurs.

Au Cornwall, le coût de la préparation mécanique du black tin revient à quelque chose comme 300 francs la tonne. Cette somme se décompose comme suit :

Cassage	48	francs ou	16 %
Bocardage.	81	id.	27 %
Main-d'œuvre avant grillage	90	id.	30 %
Grillage	18	id.	6 %
Main-d'œuvre après grillage	9	id.	3 %
Surveillance, essais	24	id.	8 %
Divers	30	id.	10 %

300 francs.

On voit d'après cela, que toutes choses égales, si l'on avait affaire à des alluvions, la préparation ne coûterait plus que 147 francs, puisqu'on éliminerait le cassage, le bocardage et le grillage. Mais ceci n'est que théorique puisque, comme nous l'avons dit, il y aurait en plus le traitement compliqué des slimes.

Si le black tin renferme 50 % de métal, on en déduit que pour les minerais rocheux, la préparation coûte 600 francs à la tonne d'étain; et si le minerai a une teneur de 1 % de métal, la préparation mécanique coûtera dans ces conditions, 6 francs par 1,000 kilogrammes de minerai extrait.

A Pérak, dans la presqu'île de Malacca, où l'on exploite des alluvions renfermant de 1 à 6 % d'étain, le prix de revient de la tonne d'étain, à l'usine même de traitement, s'évalue de la manière suivante :

Abatage, extraction, épuisement	875	francs.
Préparation mécanique	42	id.
Métallurgie	233	id.
Amortissement, transport à l'em- barquement.	50	id.
Redevance, frais généraux, etc.	320	id.

TOTAL. . . . 1,520 francs.

En Tasmanie, on travaille également des alluvions conte-

nant 2 à 3 % de cassitérite et rendant environ 1 % d'étain métal. De 1878 à 1896, on a produit 43,876 tonnes de métal avec un bénéfice moyen par tonne de 850 francs.

Toutes les opérations que l'on fait subir aux produits de l'extraction ne vont pas naturellement sans **pertes**, et celles-ci varient encore avec la nature de ces produits. C'est ainsi que pour un minerai contenant en moyenne 30 % de slimes, la perte à la préparation mécanique seule atteint 25 % de cassitérite, représentant 17 % de métal. Les slimes donnent une perte double de celle des sables, à poids égaux, et quand on ne traite que des slimes seules, le déchet peut arriver à 33 %. La perte à l'usine métallurgique est de 10 % d'étain métal environ. La perte totale est ainsi de $17 + 10 = 27$ % d'étain; donc un minerai sortant de la mine ne rend, tous travaux terminés, que 73 % de l'étain qu'il contient.

Il y a évidemment lieu de tenir compte de ceci dans l'élaboration d'un prix de revient que l'on calcule pour un gisement déterminé.

Il faut également examiner avec soin la **quantité d'eau** dont on dispose : on compte généralement qu'il faut environ 1,700 à 2,700 litres par minute ou 2 à 3 mètres cubes par bocards de 48 à 80 flèches, chaque flèche passant 1,000 kilogrammes de minerai par 24 heures.

Quant à la **métallurgie**, elle diffère beaucoup suivant la nature du minerai. Si l'on traite du black tin provenant d'alluvions, une simple réduction peut suffire; mais si l'on a affaire à des minerais de filon, contenant les impuretés que nous avons signalées plus haut, la chose se complique. Anciennement, on se débarrassait du wolfram par une fusion spéciale avec le carbonate de soude; mais ce procédé trop coûteux a été abandonné. Aujourd'hui, on élimine le

plus possible cette substance par une préparation mécanique plus soignée. Quant au mispickel, on l'enlève par un grillage puis un lavage subséquent qui dissout les sulfates produits; on recueille l'acide arsénieux dans des chambres de condensation. Si le minerai renferme de la pyrite de cuivre en grande quantité, on la travaille pour obtenir le cuivre par lixiviation. C'est seulement après toutes ces opérations que l'on peut procéder à la réduction de la cassitérite, qui donne alors un métal accusant une teneur pouvant aller jusque 99.95 % d'étain pur. Le prix de revient d'un traitement aussi compliqué s'élève dans certains districts du Cornwall jusque fr. 28-90 par tonne de minerai traité; aussi ne peut on l'appliquer qu'à des gisements riches, car il faut que la teneur soit au moins de 2 % d'étain pour faire tomber ce prix à 1,445 francs par mille kilogrammes de métal, somme dont il faut évidemment déduire la valeur des sous-produits.

GISEMENTS D'ÉTAÏN DE LA GALICE.

Les gisements de cassitérite de Galice se trouvent encaissés dans des terrains métamorphiques.

Quand on arrive dans la contrée par l'Est, on traverse le carbonifère après avoir passé les alluvions quaternaires de la province de Léon. Le carbonifère s'appuie directement sur les phyllades siluriennes et cambriennes; celles-ci, à leur tour, reposent sur le bord du grand massif granitique qui forme toute la partie N.-O. de la péninsule. Si l'on jette les yeux sur une carte géologique de l'Espagne, on remarque que ce grand massif est parsemé d'îlots de terrains cristallophylliens qui se composent principalement de gneiss et de micaschistes.

C'est dans ces îlots qu'apparaissent les filons d'étain.

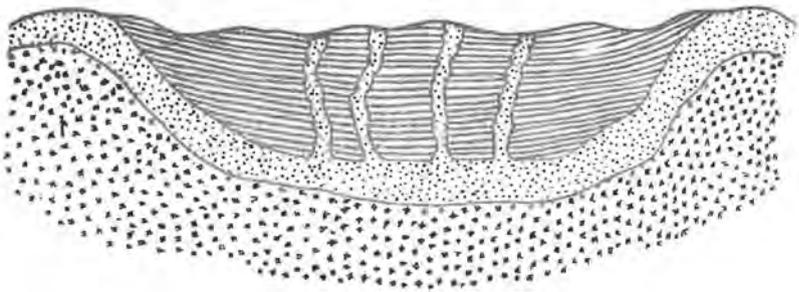
Si l'on admet, comme nous tâcherons de l'établir plus loin, que la cassitérite est venue au jour en compagnie de la granulite, on peut accepter pour la **genèse de la formation du gisement**, l'interprétation suivante :

La première croûte solide qui s'est formée lors de la constitution géologique de la Galice, est encore représentée aujourd'hui par les îlots de terrains cristallophylliens dont nous parlions ci-dessus. Mais à peine arrivée à la surface, cette croûte a été probablement soulevée, disloquée et surtout métamorphosée par des poussées granitiques qui en ont sensiblement changé la nature et en ont fait les gneiss et les micaschistes que nous apercevons aujourd'hui. Ce qui tend à prouver que cette théorie est possible, c'est que partout où nous avons pu apercevoir le contact, nous avons observé que les micaschistes présentaient une foliation dont les lits étaient inclinés suivant la pente de la dernière paroi granitique.

D'autre part, il est intéressant de faire ressortir que la roche qui forme la calotte des injections granitiques est, partout où nous avons pu la voir, non pas du granit, comme dans la profondeur, mais bien de la granulite. Dès lors, n'est-il pas admissible de supposer que lors du soulèvement du magma, la première croûte disloquée et par conséquent fendillée a laissé pénétrer par ces cassures une partie de la pâte granulitique qui, en différents endroits était chargée de cassitérite (fig. 1). Cette circonstance peut avoir pour l'avenir une grande importance, car si cette théorie est exacte, il est possible que les filons se continuent à une assez grande profondeur en se présentant toujours accompagnée d'une certaine quantité de bioxyde d'étain.

La **surface du sol** est fort accidentée et il n'est pas rare de voir la route franchir des hauteurs élevées de 125 mètres au-dessus du fond des vallées. En certains endroits, on

aperçoit des filons de quartz laiteux qui traversent les schistes, et il y a même des places où ces filons, sans grande épaisseur cependant, sont très nombreux. Lorsque l'altération des micaschistes est poussée fort loin, elle donne lieu à une argile maigre diversement colorée et qui, dans la partie supérieure chargée d'humus, passe au noir et devient propre à nourrir une maigre végétation représentée presque exclusivement par de la bruyère, des genêts



 *Schiste métamorphique.*

 *Granulite.*

 *Granit.*

et quelques bouquets de chênes, de noyers et de cerisiers. Dans les fonds des vallées coulent des sources abondantes sortant de différentes fissures des schistes et quand la terre arable tapisse les bords de ces ruisseaux, il en résulte un sol assez humide pour pouvoir entretenir l'herbe d'une prairie et quelques plantes légumineuses. Mais, partout sur les flancs des montagnes, l'argile a été en grande partie enlevée par les pluies, la végétation est réduite à la bruyère

et ce n'est que vers le bas que l'on trouve des bouquets d'arbres.

Les concessions que nous avons examinées plus spécialement englobent une colline dont l'altitude la plus élevée au-dessus des vallons environnants est d'environ 200 mètres. Cette colline, dont le grand axe est orienté sensiblement N.-S., est contournée par deux ruisseaux qui donnaient de l'eau en abondance lors de notre visite et qui, d'après ce qu'on nous dit, ne tarissent jamais en été. Il est juste d'ailleurs de remarquer qu'il pleut souvent dans le pays.

Sur ces ruisseaux sont placés quelques petits moulins à seigle de très peu d'importance.

Une des concessions se prolonge à l'Est sur une deuxième colline dont elle n'occupe qu'une partie du flanc Ouest.

Sur ces deux collines, comme sur les collines environnantes, on trouve de nombreuses traces de terres blanches, jaunâtres, qui apparaissent surtout dans les sentiers. Ces terres, qui renferment de la cassitérite, sont connues depuis très longtemps des habitants du pays même qui savent parfaitement qu'elles contiennent de l'étain et qui les ont souvent travaillées à la battée.

A cet endroit, on a ouvert des tranchées qui permettent de se rendre compte d'une façon approchée de la constitution du gisement. La terre a une couleur très variable : tantôt elle est franchement blanche et constituée par du kaolin très pur, tantôt elle passe au jaune et même au brun clair avec des trainées de teinte rougeâtre. Presque toujours elle est accompagnée de paillettes nombreuses de mica blanc ou muscovite qui est comme on le sait, le compagnon inséparable de la granulite; elle fourmille de cristaux de quartz littéralement empâtés dans la masse. On y aperçoit aussi des petits points noirs qui, regardés à la

loupe, sont reconnus pour des cristaux de cassitérite, fréquemment mâclés. En beaucoup de places, les terres sont comme parsemées de blocs de granulite, gros souvent comme le poing et toujours très riches en cassitérite; mais quand on rencontre ces blocs, on trouve également dans leur voisinage, des morceaux de granulite fortement chargés de mispickel. Nulle part, nous n'avons vu de wolfram ni de lépidolithe.

La première de ces deux substances existe cependant, puisque l'analyse chimique a décelé sa présence, mais ce doit être à l'état de très petits cristaux englobés dans la masse.

Ces constatations sont importantes : en effet, nous retrouvons dans les terres blanches, les trois éléments principaux constitutifs de la granulite, qui est, comme on le sait, la roche qui a servi le plus souvent de véhicule aux minerais d'étain : ce sont le mica blanc ou muscovite, le quartz et la terre elle-même, qui n'est que le produit de l'altération du feldspath de la granulite. Comme celle-ci est toujours largement pourvue de muscovite, il est naturel que l'on retrouve ce mica en grande quantité dans la terre; et de plus, le petit volume des cristaux de quartz correspond bien à la texture de la granulite dans laquelle le quartz se concentre en grains au milieu du feldspath, au lieu de former de grandes étendues comme dans le granit ou d'autres roches acides. En conséquence, nous croyons que ces terres blanches sont tout simplement les têtes de filons granulitiques altérés, ce qui est d'autant plus vraisemblable que la granulite présente peu de cohésion et s'effrite assez rapidement. Et puisque nulle part nous avons vu de lépidolithe dont le fluor aurait pu être la cause de la transformation du feldspath en kaolin et amener ainsi la décomposition de la roche, nous sommes autorisé à admettre que l'altération de la granulite est due aux agents extérieurs et que par consé-

quent elle doit cesser à une certaine profondeur où l'on retrouvera la granulite en roche et contenant ces cristaux de mispickel dont on aperçoit des échantillons inclus dans des morceaux de quartz.

Les filons de terre que nous avons étudiés sont sensiblement parallèles : leur pente est toujours vers le S.-E. et elle passe de 20° à 70° suivant les endroits.

Les filons coupent les foliations des micaschistes qui eux ont une pente moyenne vers l'Ouest. Leur épaisseur est très variable, nous en avons mesuré depuis 20 centimètres jusque 3^m75. Nous avons rencontré entr'autres les dimensions suivantes :

1° Direction : 340°. — Pente : 30° — Epaisseur : 3^m75.

A la partie supérieure du filon, se trouvent deux intercallations de micaschiste dont la foliation est parallèle à celle des bancs encaissants; preuve nouvelle que la granulite a été injectée dans des cassures voisines et a isolé les quelques bancs de terrains métamorphiques qui se trouvaient entre elles.

2° Direction : 330°. — Pente : 60°. — Epaisseur : 1^m20.

3° Id. 330°. — Id. 60°. — Id. 0^m30.

4° Id. 320°. — Id. 50°. — Id. 0^m80.

5° Id. 320°. — Id. 25°. — Id. 0^m40.

6° Id. 300°. — Id. ? — Id. 0^m30.

7° Id. 300°. — Id. 70°. — Id. 1^m00.

8° Id. 300°. — Id. 62°. — Id. 1^m20.

Dans l'état actuel des recherches, il est impossible de dire à combien de filons on a affaire parce que les tranchées sont disposées aux endroits où la terre se montrait à la surface, mais il n'y a aucun travail en direction qui permette de suivre, sur une certaine longueur, les filons qui sont naturellement recouverts partout, comme le restant du sol, par les produits de l'altération des micaschistes. Il en résulte de plus que les dimensions que nous donnons ci-

dessus n'ont rien d'absolu, car elles peuvent se modifier notablement en direction et en profondeur.

En plusieurs places, des filons de quartz traversent les terres blanches presque normalement; ils ont en effet, presque tous, une direction de 270° avec une pente de 70° . Ces filons passent sans changement à travers tout : roches encaissantes et filons; ils sont donc postérieurs à la venue de la granulite et remplissent probablement les fissures de retrait que cette dernière a produites en se refroidissant avec les micaschistes. Ces constatations ne font donc que renforcer les hypothèses générales que nous émettons plus haut.

Nous avons pris sur les lieux de nombreux échantillons de terre blanche et nous les avons mélangés pour avoir une teneur moyenne. Une analyse chimique a donné les résultats suivants :

Oxyde d'étain	0.735 %
Etain métallique	0.574
Silice (SiO^2)	62.525
Acide tungstique	0.173
Tungstène métallique	0.134
Fluor.	0.041
Antimoine	»
Cuivre	»
Plomb	»
Perte au feu	6.560
Molybdène	trace.
Chaux	0.035

Une autre analyse a établi ce qui suit :

Etain métallique	0.424
Silice (SiO^2)	65.05
Alumine	21.14
Oxyde ferrique	1.34
Fluor.	»
Perte à la calcination	5.49

Enfin, nous avons fait procéder à une concentration sur table à secousses de laboratoire. On a opéré sur un poids d'un kilogramme de terre et on a recueilli 7.5 grammes de cassitérite, ce qui représente une teneur de 0.75 %, sensiblement égale à celle obtenue dans la première analyse.

Nous avons exécuté sur place plusieurs lavages à la battée. Ces lavages ne donnent évidemment que des résultats peu approximatifs, mais ils ont cependant l'avantage de montrer ce que l'on peut attendre d'une préparation mécanique bien faite.

Les résidus du lavage étaient composés de grains de quartz de la grosseur d'un pois, de paillettes de muscovite, de sable quartzeux plus ou moins fin et d'une argile jaune très fine qui contenait de nombreux cristaux excessivement petits de cassitérite. Nous avons remarqué que cette argile représentait au moins 50 % de la masse totale. Cette circonstance est défavorable parce qu'il est très coûteux d'enrichir industriellement les argiles qui contiennent des morceaux de minerais presque imperceptibles; et si ces morceaux sont en grande quantité, le rendement du minerai peut en être fortement atteint.

Les gisements d'étain de Galice étant aujourd'hui peu ou point travaillés, il est fort difficile de se faire une idée de leur importance par suite du manque de travaux d'exploitation ou de recherche.

Si notre théorie est exacte, il est vraisemblable qu'il existe en profondeur des filons de granulite en roche. Quelle sera la teneur de ces granulites? Personne ne le sait. De plus, si maintenant l'on connaît à peu près la richesse et la nature même du minerai aux têtes de filon et si l'on peut ainsi étudier l'atelier de préparation mécanique qui joue un si grand rôle, on doit cependant attendre des recherches pour savoir quelle serait éventuellement l'usine à créer pour faire face à un moment donné au

lavage d'un minerai en roche qui demandera certainement un bocardage plus complet que celui que l'on devra faire sur les blocs de granulite inclus dans les terres, et dont les produits bocardés n'ayant plus du tout la même composition que les terres blanches, devront être passés sur des appareils différents ou tout au moins fonctionnant différemment. En outre, il faut remarquer que les minerais des filons sont toujours plus impurs que ceux d'altération et il n'est donc pas impossible qu'en profondeur, on trouve une cassitérite alliée à de plus grandes quantités de wolfram, de mispickel et de molybdénite, ce qui compliquerait la préparation mécanique et la métallurgie.

Pour ce qui est de la métallurgie des étains noirs obtenus avec la terre blanche, elle paraît devoir être assez simple. Il suffirait, en effet, de séparer au préalable presque tout le mispickel par un simple scheidage, étant donné que ces cristaux sont très visiblement disséminés dans la masse. Quant aux impuretés, il faudrait examiner si on ne peut s'en débarrasser à la préparation mécanique.

On pourrait ainsi se borner à une réduction unique de la cassitérite, suivie peut-être d'un raffinage au bois vert qui est peu coûteux.

Un point important dans cette question est l'emploi du four à manche marchant au charbon de bois. Si ce système peut être utilisé, il constituerait certainement une grande économie de premier établissement et de fonctionnement. Dans la Galice, il existe, paraît-il, une petite usine anglaise, située à Noïa, port voisin de la Corogne, qui marche de cette manière avec succès.

Quoi qu'il en soit, si l'on tient compte de la faible teneur du minerai, des circonstances locales et du coût du transport du métal jusqu'à un port de mer, il semble peu probable que l'exploitation des minerais d'étain de la Galice puisse s'effectuer aujourd'hui avec un certain profit.

Nous avons dit, en effet; plus haut que dans le Cornwall, on perd à la préparation mécanique jusque 25 % de cassitérite représentant environ 17 % d'étain. Cette perte dépend naturellement de la proportion de sable et d'argile que contient le minerai. Comme, dans les terres qui nous occupent, l'argile entre pour 50 %, il y a lieu de prendre pour base la perte maxima constatée au Cornwall, où ce pourcentage n'est pas même aussi considérable. A l'usine métallurgique, il faut compter sur un déchet de 10 % de métal. On aura ainsi une perte totale de $17 + 10 = 27$ % d'étain, et le minerai ne rendra par conséquent que 73 % de sa teneur théorique. Donc si nous tablons sur un minerai contenant 0.57 % d'étain métal, il faudra, pour produire une tonne d'étain, extraire :

$$\frac{100}{0.57 \times 0.73} = 238 \text{ tonnes de terre}$$

et dans ce cas, le prix de revient par tonne d'étain peut s'estimer comme suit :

Extraction, 238 tonnes de terre à 8 pesetas	1,904 pesetas.
Préparation mécanique	366 id.
Métallurgie	250 id.
Emballage	10 id.
Transport: Frais de port et d'embarquement.	41 id.
Frêt jusqu'en Angleterre	19 id.
Redevance fixe $\frac{400 \times 15}{250}$ (1)	24 id.
Redevance proportionnelle $0.02 \times 2,250$.	45 id.
Frais généraux.	91 id.
TOTAL.	2,750 pesetas.

(1) Pour les mines d'étain, la redevance fixe est de 15 pesetas par hectare, ce qui, dans la supposition d'une concession de 400 hectares et d'une production annuelle de 250 tonnes, s'amortit par $\frac{400 \times 15}{250} = 24$ pesetas à la tonne. La redevance proportionnelle est de 2 % du prix de vente. En admettant que celui-ci soit de 2,250 francs, elle s'élève ainsi à $2,250 \times 0.02 = 45$ pesetas par tonne.

ou en comptant sur le cours de fr. 0.75 pour la pesetas :

$$2,750 \times 0.75 = \text{fr. } 2,062-50.$$

Quand on devra traiter du minerai en roche, voici quelle sera approximativement la valeur du prix de revient.

Si l'on admet encore la même teneur de 0.57 % d'étain et une perte de 20 % au traitement, il faudra, par 1,000 kilogrammes de métal, extraire :

$$\frac{100}{0.57 \times 0.80} = 220 \text{ tonnes de granulite.}$$

et le prix de revient se décomposera comme suit :

Extraction : 220 tonnes à 13 pesetas	2,860 pesetas
Préparation mécanique	480 id.
Métallurgie	300 id.
Transport et emballage	70 id.
Redevance	69 id.
Frais généraux	91 id.
Total.	<u>3,870 pesetas</u>

ou $3,870 \times 0.75 = \text{fr. } 2,902-50$

D'après cet aperçu sommaire des prix de revient probables on voit, je le répète, en comparant ces chiffres aux prix de vente de l'étain métal pratiqués actuellement, que l'exploitation des gisements de Galice ne pourrait donner aujourd'hui qu'un profit très aléatoire.

Bruxelles, novembre 1901