

## COBALT MAROCAIN ET MARCHÉ MONDIAL DU COBALT

### PREMIÈRE PARTIE

#### Historique, production, cours, emplois et métallurgie.

##### HISTORIQUE [1]

L'emploi des sels de cobalt pour obtenir des pâtes de verre et des vernis colorés remonte à une très haute antiquité ; on constate la présence du cobalt dans les verres bleus égyptiens, 13 siècles avant J.-C., ainsi que certains verres bleus de l'époque romaine à partir d'Hadrien.

Le procédé de fabrication des bleus de cobalt paraît s'être perdu jusqu'à la fin du Moyen-Age ; il réapparaît en 1540 avec Schurer qui fabrique le smalt (silicate de cobalt).

En 1735, le chimiste Brand, étudiant les verres teintés en bleu par le smalt, en retira un métal impur qu'il baptisa « kobalt » ; ce métal, ainsi que ses composés, devaient plus tard être étudiés par Thénard et Proust.

A l'origine, les seuls gisements de cobalt exploités étaient situés en Allemagne, en Saxe et dans le Hartz ; à la suite de l'apparition sur le marché de l'oxyde de cobalt de la Nouvelle-Calédonie, les mines allemandes furent éliminées du marché, la Nouvelle-Calédonie assurant plus des 3/4 de la consommation mondiale.

Jusqu'au début du siècle, le cobalt n'était utilisé que comme colorant dans les verres et les émaux ; depuis une quarantaine d'année le cobalt a pris une importance de plus en plus considérable à la suite d'applications dans la métallurgie ; il a commencé par être employé dans certains alliages présentant des propriétés magnétiques spéciales (aciers à aimants) ; puis on découvrit que son introduction dans les aciers à coupe rapide permettait de modifier sensiblement la température de trempe, d'obtenir un métal plus homogène et enfin d'améliorer les propriétés coupantes ; plus récemment on l'a utilisé dans des stellites, alliages complexes de compositions variées, où rentrent presque toujours le tungstène, et des éléments tels que le cobalt, le nickel, le chrome et le molybdène. Le cobalt intéresse au plus haut point les industries de défense nationale car on l'emploie maintenant dans certains aciers à blindage, dans la composition de certains alliages à base d'aluminium pour carters de moteurs et dans des aciers à soupapes pour moteurs à régime élevé et fort taux de compression ; le cobalt est également utilisé comme catalyseur dans la fabrication de l'essence synthétique à la pression ordinaire.

Enfin, il prend également une importance croissante en électroplastie comme sous-couche pour le chrome auquel il est d'ailleurs préféré comme revêtement externe en raison de son éclat bleuté.

##### LES MINÉRAIS DE COBALT [1]

Le cobalt accompagne presque toujours le nickel mais, en général, en moindre abondance ; le cobalt natif, très rare, a été signalé en petites quantités, dans le fer natif du Groënland, le platine de l'Oural et l'argent natif de l'Ontario ; les météorites contiennent presque toujours du cobalt en petite proportion.

*Arséniures de cobalt.* — La *smaltine* ou *smaltite*, de formule  $\text{Co As}_2$  est un des principaux minerais de cobalt ; elle se rencontre, en particulier, dans les gisements marocains ; on peut signaler également la *safflorite*, arséniure de cobalt et de fer qui se rencontre en Saxe et en Suède, la *skuttérudite*, de formule  $\text{Co As}_3$ , également présente dans les minerais marocains.

Les *Sulfures* sont moins importants que les arséniures ; nous ne mentionnerons que la *linnéite*, sulfure complexe de cobalt, de nickel et de fer.

Les sulfo-arséniures se rencontrent au Canada ; le principal d'entre eux est la *cobaltine* ou *cobaltite*  $\text{Co As S}$ .

Les principaux oxydes de cobalt sont l'*asbolane*, oxyde de manganèse contenant des quantités variables d'oxyde de cobalt, fréquente en Nouvelle-Calédonie et au Maroc, et l'*hétérogénite*, oxyde complexe de cobalt et de cuivre hydraté que l'on trouve également au Maroc.

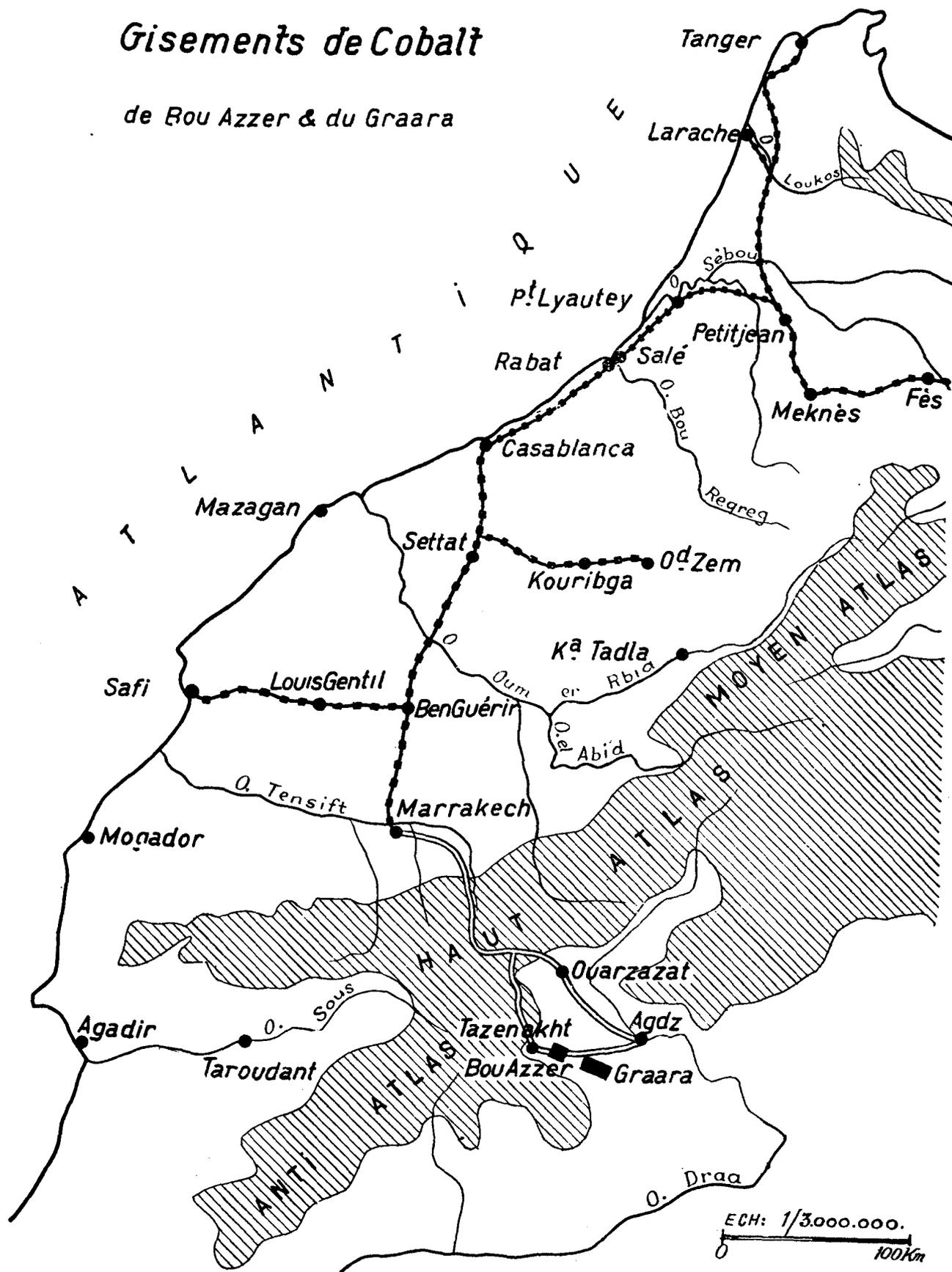
Dans la partie supérieure des gisements, la circulation des eaux oxydantes occasionne la transformation des arséniures en arséniate ; l'arséniate de cobalt, *érythrine* ou *érythrite*, de formule  $(\text{As. O}^4)^2 \text{Co}^3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$  est un minéral très fréquent dans les gisements marocains ; sa couleur d'un beau rose vif et son aspect soyeux, lorsque l'échantillon est cristallisé en fibres, sont très caractéristiques.

##### LES PAYS PRODUCTEURS

Nous avons déjà vu plus haut que les minerais de cobalt, presque exclusivement produits par l'Allemagne jusqu'en 1880, avaient été éliminés du marché par les minerais de la Nouvelle-

# Gisements de Cobalt

de Bou Azzer & du Graara



Calédonie ; ceux-ci devaient eux-mêmes disparaître devant l'apparition, en 1903, du cobalt canadien de la région de l'Ontario ; en 1910 la Nouvelle-Calédonie ne produisait pratiquement plus de cobalt.

Depuis la guerre le Canada a continué son activité, avec cependant une légère tendance à la baisse ; des petits gisements tels que l'Australie ont pu, vers 1923, produire jusqu'à 100 tonnes de cobalt métal contenu dans leur minerai, mais ils sont maintenant tombés à zéro.

En 1924, apparaît le gisement du Katanga (Congo Belge) qui, en 5 ans, devait prendre sur le marché mondial la place prépondérante qu'il occupe toujours. En 1928 l'Inde anglaise, avec les gisements de Birmanie, commençait également une production assez forte mais qui ne dépassait pas le 1/5<sup>e</sup> environ de la production du Katanga.

Enfin, en 1933, les gisements marocains, apparus les derniers sur le marché, commençaient une ascension que l'on peut, sans exagération, qualifier de foudroyante, puisque la produc-

tion, comptée en cobalt métal, passait de 40 tonnes en 1933 à 400 tonnes en 1935 et 482 tonnes en 1936. En 1935, le Maroc avait déjà pris le 3<sup>e</sup> rang dans la production mondiale, derrière le Katanga (production non encore rendue officielle mais qui doit atteindre 8 à 900 tonnes) et la Rhodésie-Nord avec 417 tonnes ; les gisements de la Rhodésie-Nord étaient en effet apparus sur le marché en 1933, en même temps que les gisements marocains ; leur ascension, d'une extraordinaire rapidité, dépassait légèrement celle du Maroc.

Le tableau ci-dessous donne les renseignements statistiques sur la production du minerai de cobalt dans les principaux pays producteurs et dans le monde, exprimée en tonnes de métal contenu.

Nous devons faire remarquer que les renseignements statistiques concernant le Katanga n'ont pas été publiés depuis 1934 inclus ; enfin les renseignements portant sur l'année 1936 n'ont pas encore été rendus officiels.

*Production de minerai de cobalt (en tonnes de métal contenu)*

	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928
Rhodésie-Nord .....	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Australie .....	»	40	50	100	90	45	14	»	8
Burma .....	»	»	»	»	»	»	»	»	167
Canada .....	248	114	279	403	430	498	302	399	434
Congo belge (Katanga) .....	»	»	»	»	273	192	305	360	450
Maroc .....	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Divers .....	52	16	11	17	17	15	9	181	21
Production mondiale .....	300	170	340	520	810	750	630	940	1.080

*Production de minerai de cobalt (en tonnes de métal contenu) (suite)*

	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936
Rhodésie Nord .....	»	»	»	»	118	581	417	?
Australie .....	20	3	»	3	6	8	»	?
Burma .....	136	134	102	127	117	177	218	?
Canada .....	422	310	236	223	212	270	309	?
Congo belge (Katanga) .....	697	700	370	335	618	?	?	?
Maroc .....	»	»	»	»	40	146	400	482
Divers .....	5	3	28	17	15	4	?	?
Production mondiale .....	1.280	1.150	736	705	1.126	?	?	?

N. B. — Les renseignements statistiques relatifs au cobalt du Congo belge ne sont pas publiés depuis 1934.

## COURS DU COBALT ET DE SES COMPOSÉS [2, 3, 4]

Aux bourses des métaux, on cote couramment le *cobalt-métal*, contenant 98 à 99 % de Co et de l'*oxyde noir de cobalt* contenant 70 % de Co ; les cours en dollars de la bourse de New-York et ceux en livres du Métal Exchange de Londres, sont à peu près équivalents ; le tableau ci-après donnant les valeurs de la tonne métrique de cobalt-métal et d'oxyde noir, exprimées en livres sterling, est établi en se basant sur les cours de Londres.

Sur ce tableau on constate que le cours du cobalt métal, si l'on fait abstraction de la pointe à 2.475 £ de 1921, est passé de 1.375 £ en 1922 à 530 £ en 1935 ; si l'on compare les valeurs exprimées en livres-or, la baisse est encore plus nette puisqu'elle fait tomber le cours de 1.375 livres-or en 1922 à 320 livres-or en 1935.

L'oxyde noir de cobalt dont nous donnons les cours à partir de 1924 a baissé de 50 % depuis cette date jusqu'en 1935.

Cours du cobalt métal et de l'oxyde noir de cobalt (en livres sterling par tonne)

	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928
Cobalt-métal .....	2.475	1.375	1.265	1.100	1.245	1.100	1.000	1.100
Oxyde noir de cobalt 70 % de Co .....	»	»	»	1.000	1.100	900	900	900

Cours du cobalt métal et de l'oxyde noir de cobalt (en livres sterling par tonne) (suite)

	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936
Cobalt-métal .....	1.100	1.100	875	875	720	750	530	675
Oxyde noir de cobalt 70 % de Co .....	900	900	800	825	700	700	500	600

## CONSOMMATION DES MINÉRAIS DE COBALT [5]

Les renseignements statistiques de consommation sont assez mal connus ; selon M. Glasser on peut estimer, en gros, que les Etats-Unis absorbent la moitié de la production mondiale, l'Angleterre le quart, la France n'intervenant ensuite que pour 10 % environ.

## LES EMPLOIS DU COBALT ET DE SES SELS

Les emplois du cobalt et de ses sels peuvent se diviser en trois grandes catégories : industrie chimique, industrie métallurgique, cobaltage et divers. Nous conseillons au lecteur désireux d'obtenir des renseignements détaillés de se reporter à la remarquable étude de R. Perrault, parue dans « Le génie civil » du 14 mars 1936 (n° 6 de la bibliographie).

A. — *Emplois du cobalt dans l'industrie chimique* [1]. — La première couleur de cobalt que l'on ait réussi à préparer, abstraction faite des verres bleus et des poteries des anciens, fût un silicate de cobalt, le smalt, qui n'a plus qu'un intérêt historique.

Les principales couleurs de cobalt actuellement utilisées sont :

a) le *bleu de cobalt* ou *bleu Thénard*, préparé par calcination d'un mélange de sulfates de cobalt bivalent et d'aluminium, additionné

de sulfate de zinc ; l'addition de phosphate de cobalt donne au bleu Thénard une teinte violacée.

Le *bleu d'azur* constitué par du stannate de cobalt est préparé par calcination ; il est employé en peinture ;

b) le *vert de Rinmann* est un produit complexe constitué par des sulfates de zinc et de cobalt ;

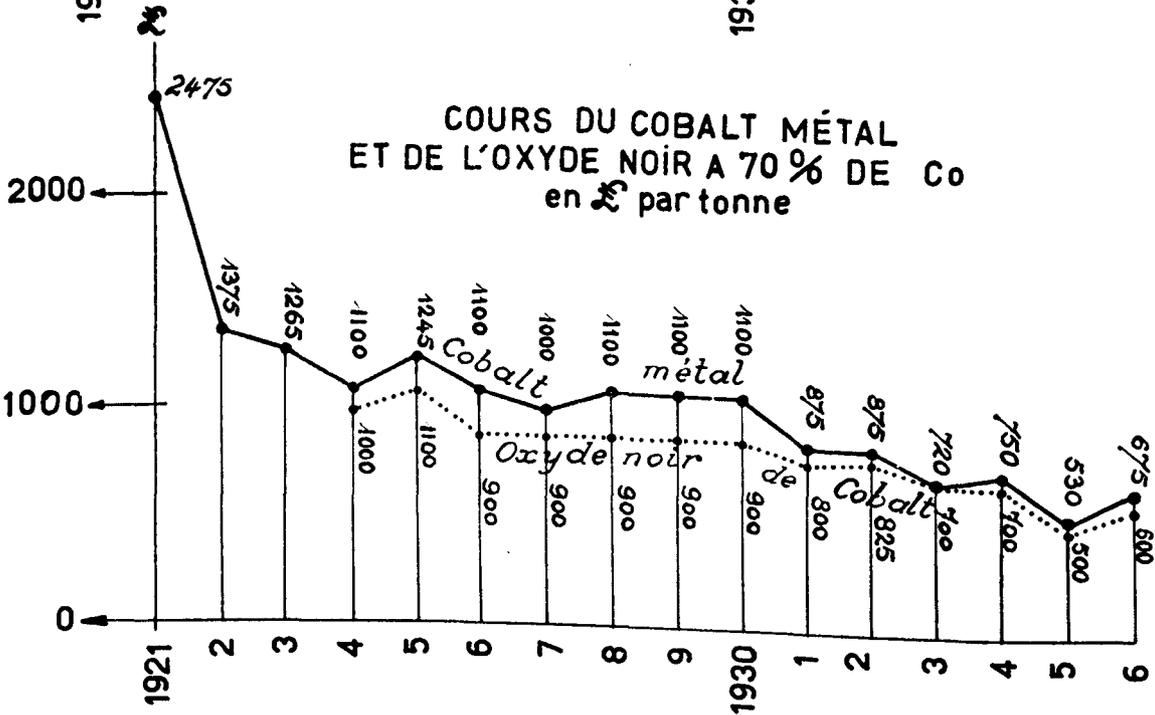
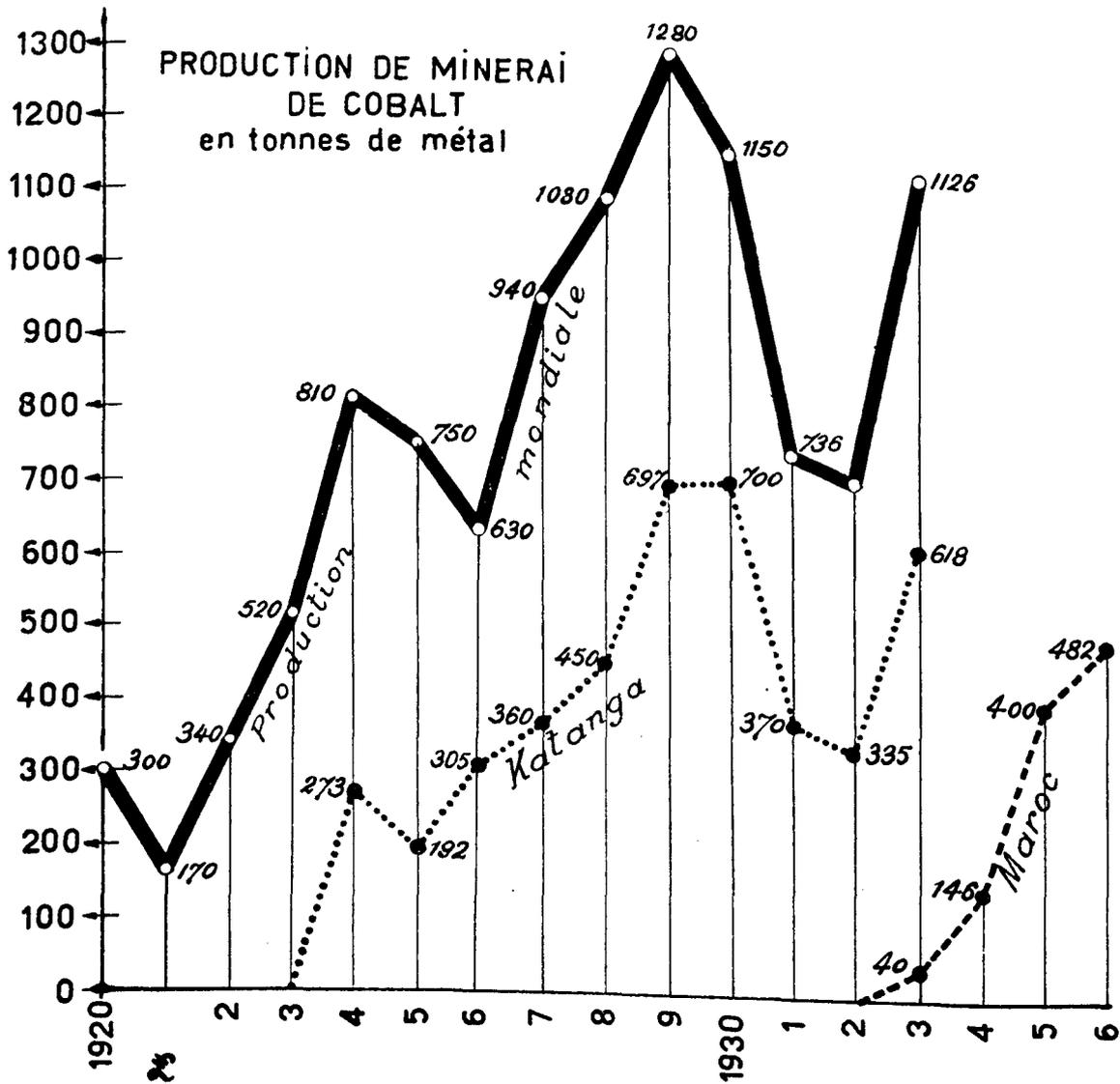
Le *vert turquoise*, utilisé en peinture et en céramique, contient du carbonate de cobalt et des composés de l'aluminium et du chrome .

c) les *violettes de cobalt* sont obtenus par l'adjonction de phosphates alcalins à certains sels de cobalt ;

Le *jaune de cobalt* est un cobaltonitrite de métaux alcalins.

Dans l'industrie chimique le cobalt est également employé comme catalyseur dans la fabrication synthétique des carbures d'hydrogène liquides en partant du gaz à l'eau, en opérant à la pression ordinaire et une température relativement peu élevée (200°) [6].

Les recherches de Fischer et Tropsch de l'Institut Kaiser-Wilhelm à Mulheim, ont montré que les meilleurs catalyseurs des réactions donnant des carbures liquides sont constitués par



des mélanges de kieselguhr, de cobalt et de thorium : le mélange catalyseur est obtenu à partir des nitrates que l'on précipite par la soude; la présence de cuivre dans le catalyseur permet d'abaisser la température de réaction.

**B. — Emplois du cobalt dans l'industrie métallurgique.** — L'introduction du cobalt dans les aciers leur donne des propriétés spéciales, nettement différentes des aciers au nickel, bien que, chimiquement, le nickel soit très voisin du cobalt.

**Aciers magnétiques.** — Les propriétés magnétiques des aciers au cobalt, étudiées par Weiss et Honda et Takuji, paraissent spécialement intéressantes : les aciers à aimant qui donnent les meilleurs résultats contiennent 30 à 40 % de cobalt, 5 à 9 % de tungstène, 1,5 à 3 % de chrome et 0,4 à 0,8 de carbone [7].

**Résistances électriques.** — Comme nouveaux emplois du cobalt on peut également citer certains alliages à forte résistance électrique tels que l'alliage Kantal [7] qui a pour composition : Cr = 18 à 22, Al = 2 à 8, Co = 0,5 à 3, Fe = 0,5 à 0,75.

Cet alliage permet d'atteindre des températures pouvant dépasser 1.300° : il est spécialement résistant à l'oxydation.

**Aciers à coupe rapide [8].** — Le cobalt est un important constituant des aciers à coupe rapide : la structure micrographique des aciers au cobalt ne semble pas différer sensiblement de celle des aciers sans cobalt ; ces aciers se traitent

comme les aciers à coupe rapide courants, mais leur température de trempe est généralement plus élevée.

Leurs propriétés mécaniques sont remarquables, spécialement les duretés élevées obtenues par la trempe : la température de revenu influe considérablement sur les propriétés mécaniques et demande à être déterminée de façon très précise pour chaque variété de métal.

De façon générale, on peut dire que les aciers à coupe rapide au cobalt, contiennent de 15 à 22 % de tungstène, de 4 à 10 % de cobalt, de 3 à 6 % de chrome, de 1 à 2 % de vanadium et de 0,3 à 0,7 % de molybdène : on doit noter que la proportion de cobalt dans ces aciers tend à croître de plus en plus et peut atteindre 12 % comme dans l'acier « triple géant ».

Nous citerons la composition de l'« Acier rapide spécial » donnée par Mars et Pétrot [8] :

C = 0,8, Tg = 20, Cr = 4,5, Va = 1,6, Mo = 0,8, Co = 4.

Les aciers à coupe rapide au cobalt atteignent une grande dureté et peuvent usiner des métaux spécialement durs, tels que l'acier Hadfield au manganèse.

**Aciers à soupapes [8].** — On doit encore citer certains aciers à soupapes employés, en raison de leur grande résistance à la corrosion, dans les moteurs à explosion à grande compression et régime élevé : nous donnons ci-dessous deux compositions d'aciers tirées de l'ouvrage de Mars et Pétrot [8].

Aciers à soupapes au cobalt [8]

	C	Si	Mn	Cr	Co	Mo	S + P
I .....	0,95	0,4	0,4	18,5	2	1,0	≤ 0,05
II .....	1,3	0,4	0,4	12,5	1,2	1,0	≤ 0,05

**Les stellites.** — On désigne sous le nom de stellites des alliages complexes, à grande dureté, non forgeables, contenant en général une forte quantité de tungstène et, fréquemment, quelques dizaines d'unités pour cent de cobalt. Les stellites ont fait leur apparition depuis la guerre et se sont très rapidement répandues dans l'indus-

trie. On les emploie comme parties coupantes d'outils en particulier pour les trépan, sous forme de mises rapportées par brasure ou par fusion au chalumeau.

Le tableau suivant donne la composition de stellites au cobalt d'après Mars et Pétrot [8].

Stellites au cobalt [8]

DÉSIGNATION	C	W	Co	Fe	Ni	Cr	Mo	OBSERVATIONS
Widid .....	5,68	87,40	6,10	»	»	»	»	Krupp.
Elemarid .....	5,9	83,0	4,5	0,4	»	»	»	
Carboloy .....	»	94	6,0	»	»	»	»	
Akrite .....	2 à 5	16	33,0	»	10	30	4	Les aciers spéciaux.
Cédite .....	3	16	45	2	»	33	»	
Celcite .....	2,8	25	31	4,6	»	26	»	
Stellite ordinaire .....	2	5	25	»	20	33	5	Patentschrift n° 463.832.

*Les alliages durs frittés* [6]. — Ces alliages, relativement très nouveaux, sont utilisés à la fabrication d'outils de coupe à rendement élevé et à la confection de pièces travaillant à très haute température.

Ils se composent en principe d'un constituant réfractaire très dur, tel qu'un carbure de tungstène, de tantale, de molybdène ou de titane, et d'un métal à point de fusion relativement peu élevé, tel que le cobalt, qui joue le rôle de liant.

La fabrication nécessite un mélange intime des constituants préalablement broyés au maximum ; le mélange est d'abord chauffé vers 900° en atmosphère neutre ou réductrice pour obtenir l'agglomération ; l'outil est alors ébauché par compression puis usiné.

Le frittage proprement dit s'effectue vers 1.500° en atmosphère réductrice ; l'outil usiné est maintenu pendant quelques heures à cette température, puis refroidi brusquement ; il paraît avantageux de pratiquer ensuite l'opération du revenu.

Les outils ainsi obtenus possèdent des propriétés mécaniques remarquables même à très haute température ; ils sont utilisés pour le travail des métaux tels qu'aciers à haute résistance, acier Hadfield, etc... ; on les emploie également pour fabriquer des poinçons, des filières et des matrices d'estampage et, dans l'industrie minière, concurremment avec les stellites, pour constituer des taillants d'outils.

C. — *Emplois divers du cobalt*. — *Cobaltage* [6]. — Le cobaltage a pris dans ces dernières années un essor considérable principalement causé par la baisse du cours du cobalt métal.

Le cobalt déposé par électro-plastie peut être utilisé comme sous-couche ou comme revêtement extérieur ; ses avantages sont les suivants :

a) Il possède une dureté et une résistance à l'usure meilleure que celles du nickel ;

b) Il adhère parfaitement sur les surfaces des métaux à recouvrir ;

c) La finesse de grain du dépôt permet un excellent polissage ; la teinte bleutée des surfaces cobaltées est très agréable à l'œil ce qui fait préférer le cobalt au nickel comme revêtement externe.

*Métal « Stainless Invar »* [6]. — Cet alliage contient 54 % de cobalt, 37 % de fer et 9 % de chrome ; son coefficient de dilatation est pratiquement nul et très sensiblement inférieur à celui du métal Invar ordinaire ; sa résistance à la corrosion est excellente et on le travaille facilement.

LA MÉTALLURGIE DES MINÉRAIS DE COBALT [1, 9]

Le traitement des minerais de cobalt comporte en général trois stades successifs : l'enrichissement des minerais fournis par la mine, la fusion qui élimine la majeure partie de la gangue et donne un concentré de cobalt appelé

*speiss*, le traitement chimique qui donne l'oxyde de cobalt. Une quatrième série d'opérations permet d'obtenir le cobalt-métal.

#### A. — *Enrichissement des minerais*

L'enrichissement des minerais avant fusion est réservé aux produits dans lesquels le cobalt existe en quantité relativement grande et non à ceux dans lesquels il constitue un élément secondaire, comme les minerais de cuivre cobaltifères du Katanga.

L'enrichissement s'opère, soit par scheidage dans le cas de minerais très riches, comme au Maroc, soit par lavage par gravité dans des bacs ; la flottation ne semble pas donner de bons résultats. Il faut également signaler la possibilité d'un enrichissement magnétique, après broyage, les oxydes de cobalt possédant une grande perméabilité magnétique.

#### B. — *Préparation du speiss*

Les minerais arséniés ou arsénio-sulfurés se traitent indifféremment au water-jacket ou au four électrique ; il n'est pas de même des minerais oxydés qui doivent passer au four électrique : le cobalt, en effet, se scorifie très facilement lorsqu'il n'est pas en présence d'arsenic ou de soufre.

On obtient après passage au four :

a) un *speiss* mélange d'arséniures de cobalt, de nickel, de fer, etc..., dans lequel les métaux précieux du minerai se sont également concentrés ;

b) une scorie ;

c) des fumées d'anhydride arsénieux que l'on recueille dans les conduits de fumée.

#### C. — *Traitement chimique*

Le traitement chimique peut s'opérer, soit sur le *speiss*, soit directement sur les minerais enrichis lorsque leur teneur en cobalt est suffisante.

Le *speiss* est en général traité par l'acide sulfurique, parfois après un broyage préalable, suivi d'un grillage (Katanga) ; la solution obtenue renferme les sulfates métalliques et l'arsenic. Le fer est oxydé au maximum par injection d'air et est ensuite précipité par la chaux qui élimine l'arsenic et le fer.

On peut alors, soit précipiter le cobalt à l'état d'hydrate par addition d'hypochlorite de chaux (Canada), soit à l'état de carbonate par addition de carbonate de soude (Katanga) ; l'oxyde noir de cobalt est ensuite obtenu par calcination.

#### D. — *Préparation du cobalt-métal*

D'après R. Perrault [9], on mélange l'oxyde noir à la dextrine pour obtenir des agglomérés que l'on réduit à haute température (1.400°) ; on obtient des lingots de cobalt (Katanga).

Le cobalt peut être également préparé par électrolyse d'une solution de sels de cobalt (Katanga, Rhokana).

## DEUXIÈME PARTIE

## Les principaux gisements de cobalt

Nous étudierons de façon succincte les gisements de la Nouvelle-Calédonie, du Canada, du Katanga, de la Birmanie et de la Rhodésie-Nord (Rhokana) ; nous donnerons ensuite des renseignements plus détaillés sur les gisements marocains.

Avant d'entreprendre cette description, nous devons faire remarquer que les données géologiques et minières relatives aux gisements étrangers, Canada excepté, ne sont pas très abondantes ; nous ne pouvons donner sur certains gîtes que des renseignements assez vagues, alors que leur importance aurait mérité une documentation plus précise et plus étendue.

## A) GISEMENTS DE NOUVELLE-CALÉDONIE [5]

Le cobalt de la Nouvelle-Calédonie a été signalé pour la première fois en 1876, dans l'importante formation de serpentine qui renferme également les gisements de nickel et de chrome ; le cobalt s'y rencontre sous forme d'*asbolane* (oxyde de cobalt manganésifère).

L'exploitation du gisement commençait vers 1880, pour atteindre son maximum vers 1905 et retomber pratiquement à zéro en 1910, au début de l'essor des minerais de cobalt canadiens. La production, évaluée en oxyde de cobalt n'a jamais dépassé 500 tonnes.

*Géologie et minéralisation.* — La partie sud de la Nouvelle-Calédonie est formée par un massif de péridotites, en voie assez avancée de serpentinisation ; les minerais de cobalt se présentent sous l'aspect de rognons caverneux de dimensions variables, d'une teinte noire à reflet bleu avec une cassure brillante. Selon M. Glasser, on peut déduire de la forme de ces rognons, qui se présentent parfois sous l'aspect de nids d'abeilles, que leur formation correspond à des incrustations de sources ruisselantes ; les rognons sont disséminés de façon très irrégulière dans les argiles rouges formées par la décomposition superficielle des serpentines ; étant donné l'irrégularité du gisement, l'exploitation ne pouvait pas s'effectuer suivant un plan bien déterminé et laissait une grande part à la chance.

Toujours selon M. Glasser, les concentrations de cobalt rencontrées dans les argiles proviendraient du cobalt, disséminé en très faible quantité dans la serpentine, qui se serait rassemblé lors de l'altération des massifs serpentiniteux ; le cobalt se serait associé au manganèse de la serpentine pour former l'*asbolane* ; notons que les minerais bruts contenaient de 2 à 10 % d'oxyde de cobalt.

## B) GISEMENTS DE COBALT DU CANADA [10]

La presque totalité des gisements de cobalt canadiens se trouve dans la partie Est du district de l'Ontario, dans la région de Cobalt, à 5 milles à l'Ouest du lac Temiskaming. Ils furent découverts en 1903 lors de la construction du Northern Ontario Railway ; la mise en valeur du gisement s'effectua de façon très rapide et le Canada devint vite le premier producteur du monde en minerai de cobalt, déterminant l'arrêt des exploitations de la Nouvelle-Calédonie.

*Géologie et minéralisation.* — La région de Cobalt est constituée presque uniquement par des terrains précambriens ; la minéralisation est concentrée dans « les séries de Cobalt » et « les séries de Keewatin » ; ces formations se composent de conglomérats, de grauwackes et de quartzites, ces dernières paraissant d'origine fluviale. Un important sill de diabase, appelé le sill de Nipissing, émet des apophyses doléritiques abondantes qui sillonnent les « séries de Cobalt » et le Keewatin.

Ces séries sont profondément injectées par un réseau filonien très serré dans lequel se rencontre la minéralisation ; les principaux minéraux des filons sont la smaltine ( $\text{Co As}_2$ ) et la nickeline ( $\text{Ni As}$ ) ; une minéralisation secondaire a amené de la calcite, de l'argyrose ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) ainsi que de l'argent et du bismuth natifs.

Selon les géologues canadiens, les minerais de cobalt-nickel-argent seraient en liaison étroite avec le sill de Nipissing.

Quelques filons ont été travaillés jusqu'à une centaine de mètres de profondeur, avant d'atteindre des teneurs intéressantes ; néanmoins la majorité des filons est productive à partir des affleurements. Les minéraux métalliques se localisent en général sur les épontes et peuvent même imprégner les morts-terrains sur une profondeur de plusieurs pieds.

La minéralisation en argent et cobalt est spécialement abondante à la base des séries de Cobalt, à proximité de leur contact avec le Keewatin ; cette zone riche possède une puissance moyenne de 15 à 20 mètres à partir du contact ; il arrive parfois que la minéralisation du Keewatin soit plus intéressante que celle de la série supérieure, comme, par exemple, à la Deaver Mine.

Les mines de la région de Cobalt étaient primitivement exploitées pour l'argent et le cobalt ne constituait qu'un sous-produit ; il n'en va plus de même aujourd'hui et il n'est pas rare de voir

exploiter certains filons riches en cobalt et pauvres en argent, dans lesquels le cobalt constitue le métal principal et l'argent un sous-produit.

Depuis 1920 la production du Canada en minerai de cobalt et exprimée en métal contenu a atteint son maximum en 1928 (434 tonnes) ; après une baisse sensible qui a donné le minimum de 212 tonnes en 1933, la production paraît reprendre et elle a atteint 309 tonnes en 1935.

La principale société productrice de minerai du Canada est « l'Aganico Cobalt Mines Ltd. Cobalt (Ontario) » ; les minerais de cobalt du Canada sont en majeure partie traités par l'International Nickel Cy, Port-Colborne (Canada).

#### C) LES GISEMENTS DE COBALT DU KATANGA (Congo Belge) [5]

Le Katanga renferme en abondance des minerais de cuivre cobaltifères : cette colonie qui est en très bon rang dans la liste des producteurs de cuivre, a pris la tête dans l'extraction et la préparation du cobalt depuis une dizaine d'années.

*Géologie et minéralisation.* — Les gisements de cuivre cobaltifères sont situés dans l'Ouest et le Nord-Ouest d'Elisabethville : dans cette région le cuivre se rencontre à la base d'un complexe sédimentaire appelé « Système du Katanga » et qui comprend probablement le Cambrien, le Silurien et le Dévonien ; les dolomies y sont abondantes.

Les gisements, d'allure stratiforme, sont essentiellement minéralisés par des composés oxydés du cuivre, parmi lesquels la *malachite* ( $\text{Co}^2 \text{Cu} \cdot \text{Cu} (\text{OH})^2$ ) est la plus abondante ; ces composés oxydés se présentent en imprégnations de couches, ainsi qu'en enduits, masses concrétionnées et remplissages de fissures : ils sont fréquemment associés aux chrysocolle ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $2 \text{H}_2\text{O}$ ).

La présence du cobalt dans les minerais de cuivre leur donne une teinte noirâtre : le cobalt se rencontre également à proximité du cuivre, mais à l'état de minéralisation indépendante, soit sous forme de *linnéite* (sulfure de cobalt  $\text{Co}^2 \text{S}^2$ ), soit d'*hétérogénite* ( $\text{Co O} \cdot 2 \text{Co}^2\text{O}^3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) et d'hydrates divers, soit enfin de *sphérocobaltite* ( $\text{Co CO}^2$ ) : l'hétérogénite forme en général des concrétions noirâtres en liaison avec la malachite, alors que la sphérocobaltite, d'une belle teinte rose, forme des enduits sur les terrains encaissants.

Les minerais de cuivre, qui, pour permettre l'extraction du cobalt doivent être suffisamment riches, se divisent en deux catégories :

1° Minerais contenant environ 4 % de cobalt et 18 % de cuivre et de fer ; après traitement au water-jacket et au four électrique ils donnent un alliage ternaire à 30 % de cobalt, 40 % de fer et 26 % de cuivre ; cet alliage est expédié à Oolen, en Belgique, où le cobalt est extrait par dissolution dans l'acide sulfurique, comme nous l'avons vu plus haut ;

2° Minerais plus riches en cobalt qui peuvent contenir 10 % de cobalt et des proportions voisines de cuivre et de fer ; ces minerais sont traités au four électrique et donnent à peu près le même alliage ternaire que ci-dessus.

Le cobalt du Katanga est un véritable sous-produit du cuivre, et grâce à son prix de revient minime il est devenu le plus utilisé pour l'approvisionnement mondial.

La production du Katanga exprimée en cobalt-métal est passée de 273 tonnes en 1924 à 700 tonnes en 1930, pour atteindre 618 tonnes en 1933 ; les renseignements statistiques n'ont pas été publiés à partir de 1934.

Les gisements de cuivre cobaltifère du Katanga appartiennent à l'Union minière du Haut-Katanga, 48, rue de Namur, Bruxelles ; les speiss sont traités par la Société métallurgique d'Hoboken, Hoboken et Oolen (Belgique).

#### D) LES GISEMENTS DE COBALT DE BIRMANIE [11]

Dans les mines de cuivre de Babaï (région du Jaïpur) on rencontre un minerai de cobalt complexe, connu par les indigènes sous le nom de *sehta* et qui contient de la *cobaltine* ( $\text{Co As S}$ ) et de la *danaïte* (variété de mispickel cobaltifère) ; il y est associé avec des minerais de cuivre et de la pyrite de fer ; ces minéraux sont répartis de façon très irrégulière dans les terrains encaissants, en pseudo-filons-couche ou en lentilles de dimensions très variables ; les terrains encaissants comprennent principalement des schistes noirs siliceux à éclat brillant, avec d'assez nombreuses intercalations de bancs de quartzites ; l'ensemble du système est profondément injecté par des amphibolites.

L'exploitation de la mine est à peu près arrêtée ; on extrait cependant des silicates de cobalt bleus employés par les bijoutiers du Jaïpur.

Signalons, d'autre part, à titre de curiosité minéralogique, que, dans le Trabancore, on rencontre des minerais de manganèse, très riches en cobalt, mais ne présentant qu'un faible tonnage.

Les gisements actuellement exploités en Birmanie renferment le cobalt associé au plomb et au zinc :

a) Dans les gisements de plomb et de zinc de Bawdwin le minerai contient de petites quantités de cobalt de l'ordre de 0,2 à 0,5 % ; dans la zone d'altération superficielle le cobalt se rencontre à l'état d'érythrine qui est exploitable ;

b) A la mine de Nam Tu, le cobalt est présent dans un minerai complexe contenant du cuivre, du plomb et du nickel à l'état de sulfures et d'arsénio-sulfures ; l'usine de fusion de Nam Tu produit un speiss qui contient de 3 à 4 % de cobalt.

La production de la Birmanie a commencé en 1928 avec 167 tonnes ; elle s'est élevée à 218 tonnes en 1935.

Les principaux gisements appartiennent à la Burma Corporation Ltd, Nam Tu, Ferated Shan States, Indes Britanniques ; les speiss sont en général expédiés en Allemagne où ils sont traités par la G. V. Giesche's Erben, à Breslau.

#### E) LES GISEMENTS DE COBALT DE LA RHODÉSIE-NORD (Rhokana) [12]

Le cobalt de la Rhodésie-Nord est presque entièrement fourni par la mine de N'kana, de la Rhokana Corporation ; le gisement, situé à 40 milles au Nord-Ouest de N'Dota, est à l'altitude de 1.300 mètres environ.

*Géologie et minéralisation.* — La minéralisation affecte la série dite « Bwana M'kubwa », formant deux bassins synclinaux de roches sédimentaires reposant en discordance sur la série métamorphique des « schistes de base » ; cette dernière série est injectée et profondément métamorphisée par les « vieux granites ».

La série Bwana, composée de grès et de conglomérats avec, au sommet, des grès feldspathiques, des quartzites et des dolomies, est intimement pénétrée par des dykes de pegmatites et des filons acides issus du massif des « granites récents » et, de ce fait, antérieurs à ces granites ; on y rencontre également de nombreuses intrusions de roches basiques (microgabbros, diabases, etc...) sous forme de dykes, de filons et de filons-couche.

Suivant les différentes régions étudiées la minéralisation paraît contemporaine des dernières manifestations éruptives basiques ou légèrement postérieure (?)

La zone minéralisée se présente en gros sous la forme d'une couche, épaisse d'une dizaine de mètres, composée à la base de schistes micacés et au sommet de grès argileux avec quelques passées schisteuses. Dans la partie Est du gisement la couche minéralisée est à une profondeur assez grande, de l'ordre de 5 à 800 mètres environ ; dans la partie ouest un plissement brutal en genou l'amène à une quarantaine de mètres de la surface. La partie la plus intéressante au point de vue du gisement paraît être le dressant et la région profonde.

La couche minéralisée, reconnue par une campagne de sondages, donne des teneurs en cuivre atteignant 4% en moyenne; dans les zones de faible profondeur les circulations d'eaux superficielles ont amené un enrichissement notable qui peut porter la teneur en cuivre à 10% ; les principaux minéraux sont la *malachite*, le *chrysocolle*, la *cuprite* et l'*azurite*, fréquemment associés à des oxydes de manganèse.

Plus en profondeur, le minerai oxydé passe à un complexe de sulfures et de produits oxydés qui descend jusqu'à une centaine de mètres environ, avec la *bornite*, la *covelline*, la *chalcopyrite* avec, par endroits, un peu de cuivre natif ; la minéralisation est toujours concentrée dans les bancs les plus siliceux.

Au-dessous de ces deux zones apparaissent enfin les composés du cobalt, principalement sous forme de *linnéite* en association avec des sulfures de cuivre dans les grès argileux et les schistes, et contenant 0,5% de cobalt environ.

D'après les géologues rhodésiens, la minéralisation contemporaine de la mise en place des venues basiques, se serait concentrée dans les couches poreuses ; l'expérience montre, en effet, que la minéralisation ne dépasse jamais le toit des grès argileux ; l'argile agissant comme couverture imperméable aurait arrêté la montée des venues minéralisantes et conditionné le dépôt des minerais à son mur.

La production en cobalt-métal de la Rhokana a débuté en 1933 avec 118 tonnes pour atteindre 581 tonnes en 1934 et 417 tonnes en 1935 ; la statistique de 1936 n'est pas encore parue.

Les gisements appartiennent à la Rhokana Corporation Ltd., à N'kana, Rhodésie du nord ; les minerais sont traités sur place par la même société.

#### F) LES GISEMENTS DE COBALT DU MAROC [4]

Les gisements de cobalt du Maroc sont situés dans la région des plateaux du Drâa, entre l'Anti-Atlas proprement dit et le djebel Sarho, à une cinquantaine de kilomètres au sud de Ouarzazate, dans la région désertique dite de Bou Azzer-Grâara, à 170 kilomètres à vol d'oiseau au Sud-Est de Marrakech.

Par la route, la distance à Marrakech est de 265 kilomètres, avec d'assez fortes dénivellations correspondant à la traversée du flanc Est du Siroua et du Grand-Atlas ; les altitudes du parcours sont, en gros, les suivantes : Bou-Azzer 1.400 mètres, Tizi-n'Bachkoun 1.750 mètres, Oued-Iriri 1.300 mètres, Tizi-n'Tichka 2.250 mètres, Zerekten 1.350 mètres, col du Guedrouz 1.700 mètres, Marrakech 400 mètres.

*Géologie.* — La région des Plateaux du Drâa, de même que l'Anti-Atlas proprement dit et le djebel Sarho, situés respectivement à l'Ouest et à l'Est, est formée de terrains cambriens et ordoviciens, laissant apparaître le Précambrien en boutonnières.

Le Cambrien comprend en général, à la base, une formation puissante de coulées de rhyolites et d'andésites, surmontée par des conglomérats et des grès avec intercalations de calcaires dolomitiques chamois ; le Cambrien supérieur (Acadien) ainsi que l'Ordovicien montrent des schistes verts gréseux et micacés avec des grès et des quartzites dont l'importance croît lorsque l'on s'élève dans la série.

Dans la région des mines de cobalt, un anticlinal érodé sensiblement rectiligne et dirigé Est 30° Sud, fait apparaître deux boutonnières de Précambrien :

a) La boutonnière de Bou-Azzer, traversée dans sa plus grande longueur par la route de

Tazenakht à Agdz, a la forme d'une ellipse allongée mesurant 8 kilomètres sur 2 environ ;

b) La boutonnière du Grâara, longue de 45 kilomètres environ, est parcourue par la piste des mines entre Aghbar et les Aït Amane ; la largeur de la boutonnière à la limite Est de la partie minéralisée (Aït Amane) est de 4 kilomètres environ.

Les roches de ces deux boutonnières comprennent, de bas en haut, les termes suivants :

1° Diorites quartziques de composition chimique assez variable et tendant parfois vers les grano-diorites (Aït Abdallah) ;

2° Micaschistes et gneiss (Bou-Azzer) ;

3° Complexe ankaramites - serpentines, affleurant de façon presque continue entre Bou-Azzer et les Aït Amane ;

4° Série sédimentaire, peu ou pas métamorphique, débutant soit par des quartzites à bancs conglomératiques, soit par des conglomérats francs et surmontés par des schistes verts psammitiques (djebel Bou Arrab, Aït Amane).

La série sédimentaire [4] se présente sous forme d'un anticlinal érodé dont l'axe coïncide avec celui de la boutonnière ; les diorites quartziques, les ankaramites et les serpentines apparaissent au cœur de l'anticlinal. Dans la région du Grâara, les schistes verts psammitiques disparaissent sous les andésites géorgiennes ; mais, quelques kilomètres à l'est des Aït Amane, les laves manquent et les calcaires géorgiens subhorizontaux reposent sur les schistes pendant à 70° Nord : la série [4] est donc algonkienne.

A un kilomètre à l'est des Aït Amane, on peut relever, de bas en haut, la coupe suivante :

Série éruptive [3] :

1° Complexe ankaramites-serpentines ;

Série sédimentaire [4] :

2° Conglomérats à éléments de serpentine et de diorite ..... 10 mètres

3° Alternances de schistes verts et de coulées d'ankaramite ..... 20 mètres

4° Schistes verts.

On en déduit que les ankaramites sont les laves de base de notre série algonkienne et que leur émission s'est prolongée après le début de la sédimentation.

Les galets de diorite quartzique abondent dans les conglomérats algonkiens ; d'autre part, les filons d'ankaramite injectent les diorites (Bou-Azzer) et les grano-diorites (Aït Abdallah). Les diorites quartziques sont donc antérieures aux formations [3] et [4] ; nous les classerons dans l'Archéen.

Les diorites quartziques forment des massifs abondants dans la région de Bou-Azzer, la région de Tamdrost et le Sud des Aït Amane, ainsi qu'aux Aït Abdallah.

Ce sont des roches très variables d'aspect, ce qui les avait fait classer, avant les études de laboratoire, en « granites » et en « gabbros » ;

les anciens granites, qui se rencontrent dans la région des Aït Abdallah et qui sont en réalité des diorites quartziques tendant vers les grano-diorites, ont une teinte générale rosée ; ils présentent du quartz très abondant et de gros cristaux de feldspaths roses avec de petites quantités de hornblende verte ; les anciens gabbros (région de Bou-Azzer et du djebel Bou Arab) sont des roches vert foncé, compactes, dans lesquelles on peut distinguer du quartz abondant, des feldspaths altérés ainsi que de l'amphibole (ouralite) en grandes plages presque noires ; ce sont des diorites quartziques de type classique.

Les micaschistes et les gneiss ne se rencontrent que dans la boutonnière de Bou-Azzer ; les gneiss, de couleur rosée, sont très altérés et ne peuvent recevoir de dénomination précise ; les micaschistes, relativement bien conservés, ont une composition qui tend à les faire rattacher à un magma dacitique.

Les serpentines constituent les roches les plus abondantes des boutonnières ; elles se présentent en grandes étendues mollement ondulées, d'une teinte vert-pomme caractéristique.

Les ankaramites sont des laves basiques, à grain très fin, de couleur noire ou gris foncé, que l'on rencontre en amas informes à l'intérieur des massifs de serpentine et, spécialement, dans la région des Aït Amane ; il semble possible que ces laves constituent la roche mère de la serpentine.

La série sédimentaire comprend quelques conglomérats à éléments de diorite quartzique et de serpentine et des grès verts micacés assez profondément injectés, par place, par des filons de dacite. Dans la région de Bou-Azzer, on a rencontré dans les serpentines (travers-banc zéro) un dyke de basalte labradorique à périclote d'une dureté exceptionnelle.

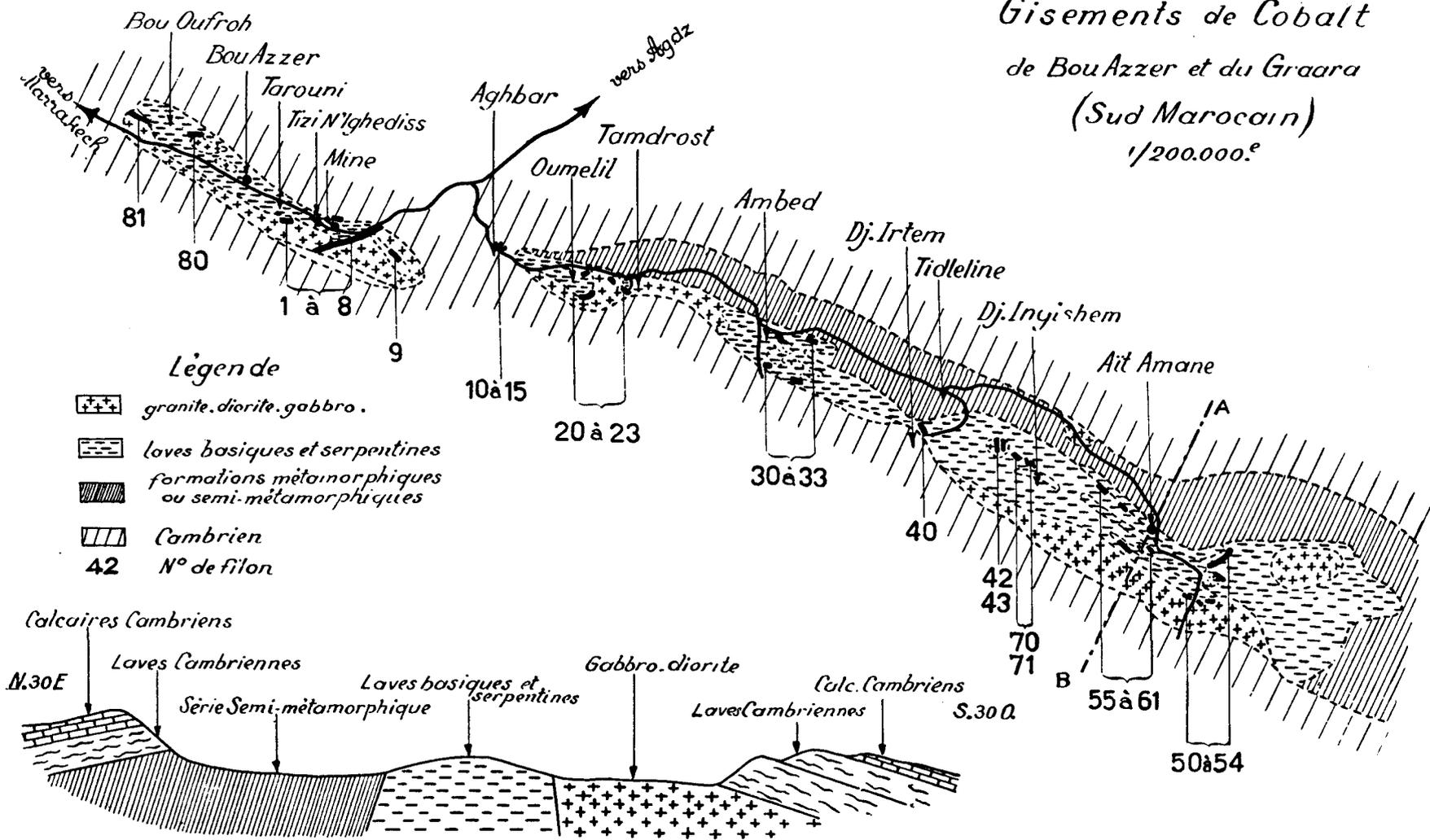
*Minéralisation.* — Les boutonnières précambriennes de Bou-Azzer et du Grâara sont recoupées par un champ filonien relativement serré qui ne paraît jamais affecter les terrains cambriens ; on peut donc actuellement admettre que la minéralisation serait précambrienne.

Certains filons sont minéralisés en arséniures de cobalt, de nickel et de fer et, accessoirement en sulfures de cuivre. Dans les zones superficielles les minerais oxydés se rencontrent sous forme d'arséniates et d'oxydes.

Les minéraux arséniés ont été étudiés par J. Orcel et Jouravsky [13] ; ils ont mis en évidence la *smalline* (Co As<sup>2</sup>), la *skuttérudite* (Co As<sup>3</sup>) la *safflorite* (Co As<sup>2</sup>), la *nickeline* (Ni As), la *rammelsbergite* (Ni As<sup>2</sup>) et la *löllingite* (arséniure de fer) fréquemment cobaltifère.

Les minéraux oxydés qui ont fait l'objet d'une très originale étude de J. Burghelle [14] ont mis en évidence la présence de l'*érythrine* (arséniate de cobalt hydraté), de l'*hétérogénite* (oxyde de cobalt Co<sup>2</sup>O<sup>3</sup>), de l'*hydrate de nickel* (Ni (OH)<sup>2</sup>) et des arséniates de fer et de chaux.

*Gisements de Cobalt  
de Bou Azzer et du Graara  
(Sud Marocain)  
1/200.000<sup>e</sup>*



*Légen de*

- granite, diorite, gabbro.
- laves basiques et serpentines
- formations métamorphiques ou semi-métamorphiques
- Cambrien
- 42** N° de filon

*Coupe AB passant par les Ait Amane  
1/50.000<sup>e</sup>*

*Description sommaire du champ minéralisé.* — Les minerais de cobalt et de nickel se rencontrent dans des filons ou des masses filoniennes de forme assez irrégulière ; en général le filon productif se trouve au voisinage du contact ou au contact même des serpentines et des diorites ; les filons encaissés dans les serpentines sont cependant relativement fréquents, alors que les filons dans les diorites sont très rares.

La gangue des filons est constituée par du quartz, de la calcite et de la dolomie ; la minéralisation en cobalt et nickel paraît liée à la présence des carbonates dans la gangue.

*Secteur de Bou-Azzer.* — Les filons les plus intéressants sont le filon I ou de Tarouni qui a donné une puissance moyenne de 0 m. 30 en smaltine et érythrine rubannées ; un échantillon de tout venant a donné les teneurs suivantes :

Co = 9 % Ni = 1 % Au = 45 grs/tonne.

Dans le filon 2 qui se suit en affleurement sur près de 1 kilomètre, on a trouvé d'intéressantes parties minéralisées.

Dans le filon 5 d'importants travaux par puits et galeries ont reconnu une minéralisation parfois abondante.

Mais le filon le plus important du secteur de Bou-Azzer est le filon 7 au contact de la serpentine et de la diorite ; dirigé sensiblement Est-Ouest et à peu près vertical, son remplissage est constitué par du quartz et des carbonates ; il est minéralisé en smaltine et érythrine avec de très intéressantes teneurs en or. Un puits de recherches et d'exploitation foncé dans une petite vallée qui entaille profondément le filon 7, a atteint la profondeur de 150 mètres ; il est équipé de façon très moderne avec un chevalement métallique de 11 mètres, un treuil électrique et deux cages d'extraction. Les travaux du filon 7, amorcés à des niveaux différents en principe de 25 mètres, ont permis de reconnaître et d'exploiter partiellement un fort tonnage de smaltine et d'érythrine.

*Secteur d'Aghbar.* — Ce secteur, mis en exploitation depuis la fin de 1935 a donné un tonnage très important malgré sa faible étendue ; on se trouve en présence de masses filoniennes puissantes et de filons d'allure générale capricieuse minéralisés en smaltine et en érythrine ; une grande partie des travaux a pu être faite en carrière.

*Secteurs d'Oumllil, Tamdrost et Ambed.* — On y a rencontré, soit de la löllingite avec de faibles quantités de cobalt comme à Oumllil, soit des chapeaux d'oxydation de filons présentant des tonnages considérables d'arséniates et de produits oxydés divers ; en particulier le secteur d'Ambed a donné, concurremment avec les produits oxydés, un important tonnage de nickeline.

*Secteur d'Irtem.* — La région d'Irtem montre l'existence d'une très importante colonne minéralisée principalement en cobalt, colonne dont la section horizontale peut atteindre et

même dépasser 100 mètres carrés ; la minéralisation, constituée en majeure partie par de la smaltine et de la skuttérodite bien cristallisées, est remarquablement intéressante et contribue, pour une large part, à l'obtention du tonnage extrait.

Les affleurements des parties minéralisées ont donné plusieurs centaines de tonnes d'érythrine très pure ; la teneur en or des minerais du secteur d'Irtem est en général assez faible.

Les travaux de profondeur ont mis en évidence l'existence de veines de smaltine massive pouvant dépasser 50 centimètres de puissance.

*Secteur des Aït Amane.* — Dans la région des Aït Amane une dizaine de filons, minéralisés en érythrine aux affleurements et, en profondeur, en arséniures de cobalt et de nickel, ont été relativement peu travaillés jusqu'à ce jour ; leur étude est actuellement en cours et paraît réserver d'intéressantes possibilités.

*Préparation mécanique.* — Les minerais de cobalt se rencontrent en général sous une forme massive et parfois à large cristallisation ; leur scheidage est très facile et permet d'obtenir un minerai marchand contenant de 12 à 15 % de Co ; les minerais mixtes sont broyés et lavés dans des bacs. Une usine de préparation mécanique est actuellement en construction à Bou-Azzer.

*Historique de l'exploitation.* — Les gisements ont été attribués en 1933 à la Société minière de Bou-Azzer et du Gràara (S.M.A.G.), dont le siège est à Casablanca, 81, avenue de Mazagan.

Au moment de l'institution des permis, la région de Bou-Azzer et du Gràara, au climat déjà désertique et présentant tous les caractères d'un pays pré-saharien, n'était habitée que par des populations misérables.

En quelques années, les travaux de recherche et d'exploitation menés avec vigueur, ont transformé la région en un centre minier important ; en juin 1937, la S.M.A.G. occupait sur ses chantiers plus de 700 indigènes, assurant ainsi l'existence de centaines de familles.

Le centre de l'exploitation (logements, bureaux, ateliers, centrale) est situé à Bou-Azzer, à proximité de la route de Tazenakht à Agdz ; son édification a changé profondément la physiologie du désert primitif et l'a transformé en paysage industriel ; certains pourront se plaindre de ces changements qui ont altéré le type de la région ; il n'en reste pas moins vrai que l'exploitation de la mine a sauvé de la misère et de la déchéance les populations des alentours.

*Statistique des exportations.* — L'exploitation et les exportations commençaient en 1933 ; les minerais enrichis sur place étaient expédiés pour traitement soit en Belgique dans les usines de l'Union minière du Katanga, soit en France.

L'ascension extrêmement rapide de la mine est mise en valeur par le tableau suivant qui indique, à partir de 1933, les exportations exprimées en minerai, les quantités de cobalt et d'or contenues.

## Exportations de la S.M.A.G.

	1933	1934	1935	1936	1937 5 premiers mois
Minerais .....	330 t.	1.221 t.	3.787 t.	4.166 t.	1.544 t.
Co contenu .....	41 t.	146 t.	400 t.	482 t.	221 t.
Teneur moyenne en Co .....	12,27 %	11,91 %	10,56 %	11,57 %	14,29 %
Or contenu .....	»	»	25 kg. 800	41 kg. 500	15 kg. 200
Teneur moyenne en Au .....	»	»	6 gr. 82 à la t.	9 gr. 97 à la t.	9 gr. 81 à la t.

L'évacuation des minerais s'opère par camions jusqu'à Marrakech et, de là jusqu'à Casablanca, par camions ou chemin de fer suivant le cas.

*L'or de Bou-Azzer et du Graara.* — Le tableau des exportations montre que les minerais de cobalt marocain contiennent une importante quantité d'or ; les minerais aurifères paraissent relativement plus riches dans la région de Bou-Azzer que dans le reste du gisement.

Certains minerais aurifères ont été étudiés par M. Orceel [13] qui a décelé la présence d'or natif dans la smaltine et la skuttérodite de Fou-natif ; les teneurs en or sont d'ailleurs très irrégulières et l'on peut citer, à simple titre de curiosité minéralogique, une teneur atteignant plusieurs centaines de grammes à la tonne.

## CONCLUSION

Dans les précédents numéros du « Bulletin économique » L. Clarioud et nous-même avons insisté sur le fait que le Maroc est le seul territoire de l'Empire français renfermant des gisements exploitables de manganèse et de molybdène, métaux intéressant au plus haut point l'industrie métallurgique et les industries de défense nationale.

Si l'on fait abstraction de la Nouvelle-Calédonie, dont les possibilités de production en cobalt paraissent actuellement minimes, on voit que le Maroc est également le seul producteur de cobalt de l'Empire français ; en quelques années il s'est élevé au troisième rang dans la production mondiale, suivant de très près la Rhodésie du Nord.

Les monographies minières parues dans le « Bulletin économique » sur le manganèse, le molybdène et le cobalt, mettent en évidence la

situation exceptionnelle du Maroc comme fournisseur de métaux indispensables à la défense nationale.

JACQUES BONDON.

*Ingénieur au Corps des Mines,  
Chef-adjoint du Service des Mines.*

## BIBLIOGRAPHIE

1. P. PASCAL. — « *Traité de chimie minérale* » tome X. (Masson et C<sup>o</sup>) Paris, 1933.
2. M. MEISNER. — « *Wellmontanstatistik 1920-1930* ». Ferdinand Enke Stuttgart, 1932.
3. « *Minerals Yearbook* ». Government Printing Office, Washington, 1920-1935.
4. Archives de la Société minière de Bou-Azzer et du Graara (S.M.A.G.). Casablanca.
5. M. GLASSER. — « *Le Cobalt* » (*Les ressources minérales de la France d'Outre-Mer*). Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales. Paris 1934.
6. R. PERRAULT. — « *Quelques nouveaux emplois du cobalt* » (*Le génie civil*) tome CVIII, n<sup>o</sup> 11. Paris 1936.
7. L. GUILLET. — « *Les applications des métaux coloniaux* » (*Les ressources minérales de la France d'Outre-Mer*). Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales. Paris 1934.
8. G. MAHS et E. PETROT. — « *Les aciers spéciaux* ». Dunod. Paris 1932.
9. R. PERRAULT. — « *Le cobalt. Gisements, préparation et emplois* ». (*Le génie civil*), tome CV, n<sup>o</sup> 11. Paris 1934.
10. E. HALSE. — « *Cobalt ores* ». John Murray. London 1924.
11. J. CORGIN BROWN. — « *India's Mineral Wealth* ». Oxford university press, 1936.
12. BANCROFT et PELLETIER. — « *Notes on the geology of Northern Rhodesia* ». Wallach's Ltd. Prétoria 1929.
13. J. ORCEEL et G. JOURAVSKY. — « *Le minerai de cobalt de Bou-Azzer (Maroc)* ». Congrès international des Mines. Paris 1935.
14. J. BERGHELLE. — « *Les minéraux oxydés du gisement de Bou-Azzer* ». Service des mines et de la carte géologique. Rabat 1935.