

## MINÉRALISATIONS CUPRO-COBALTIFÈRES ASSOCIÉES AUX HORIZONS PYROCLASTIQUES SITUÉS DANS LE FAISCEAU SUPÉRIEUR DE LA SÉRIE DE ROAN, À SHITURU, SHABA, ZAÏRE

J. J. LEFEBVRE (\*)

### RÉSUMÉ

Le gisement de Shituru se situe à peu près au cœur du district cupro-cobaltifère du Shaba (Zaïre). La particularité de ce gisement est d'appartenir au Mwashya inférieur (R.4.1) et de présenter, malgré cette différence, de très fortes analogies avec les minéralisations de la *Série des Mines* conventionnelle (Faisceau médian de la Série de Roan).

La minéralisation de Shituru est associée à des roches volcano-sédimentaires et s'accompagne de manifestations hydrothermales parfois importantes.

Une étude préliminaire, sur des échantillons non altérés, permet une certaine approche dans la définition du type de gisement et des conditions de mise en place. La minéralisation est pour une part syngénétique, liée à un volcanisme métallogénique. Un remaniement, peut-être accompagné d'un enrichissement, résulte très vraisemblablement d'une activité hydrothermale tardi-volcanique.

L'intérêt économique de ce gisement réside plus particulièrement dans le remarquable enrichissement lié à une altération météorique intense.

### ABSTRACT

The copper deposit at Shituru is located almost in the center of the copper-cobalt-bearing district of Shaba. The most interesting feature of this deposit is that it belongs to the Lower Mwashya (R.4.1) and offers in spite of this difference, very strong analogies to the more common mineralization found in the *Série des Mines* (middle part of the *Roan*).

The Shituru mineralization is associated with volcanic-sedimentary rocks and is accompanied by locally important hydrothermal manifestations.

A preliminary study, on unweathered samples, allows a first approach in the definition of the type of deposit and of the conditions of formation. The mineralization is, for a part, syngenetic and bound to a metallogenic volcanism. A modification, perhaps accompanied by an enrichment, very likely results from late-volcanic hydrothermal activity.

The most prominent economic interest of this deposit lies in the remarkable enrichment resulting from an intense meteoritic alteration.

---

(\*) Générale des carrières et mines, département géologique, Likasi, province de Shaba, Zaïre.

## INTRODUCTION

La minéralisation au Shaba est classiquement liée à des horizons appartenant à la partie médiane du Roan. Hors la minéralisation filonienne dans le Calcaire de Kakontwe à Kipushi, il est courant d'admettre que seuls ces horizons sont susceptibles de présenter un intérêt économique.

Le faisceau <sup>(1)</sup> supérieur de la Série de Roan constitue une exception à cette règle. Quelques gisements ont déjà été reconnus dans les formations dolomitiques du Mwashya. Le plus important d'entre eux, le gisement de Shituru, déjà observé et décrit par J. Cornet au XIX<sup>e</sup> siècle, a été partiellement exploité. Des sondages, forés tout récemment à moyenne profondeur, ont montré que la minéralisation se poursuivait dans les zones moins oxydées. Dans un futur immédiat, d'autres sondages tenteront de recouper les couches minéralisées à des profondeurs que l'altération n'atteint pas.

Cette note est donc le résumé des observations effectuées sur les matériaux issus de ces prospections préliminaires.

### 1. Situation générale (fig. 1)

La carrière de Shituru s'ouvre à près d'un kilomètre au sud de Likasi. Cette agglomération est un nœud sur la route qui relie Lubumbashi à Kolwezi, à mi-chemin entre ces deux centres miniers.

La création de Likasi est liée à l'exploitation de deux gisements de cuivre appartenant à un même anticlinal de direction ouest-nord-ouest - est-sud-est et cerné de deux failles importantes, celles de Jadotville au nord et de Likasi au sud. Le gisement de Likasi est très classique, la minéralisation affecte les couches du faisceau médian du Roan, formant un bloc noyé dans la faille axiale de l'anticlinal (*écaille de la Série des Mines*). Dans le même anticlinal, plus au sud, la minéralisation de Shituru imprègne les lèvres de la faille axiale ; tandis que les *écailles* que l'on observe dans la brèche, à l'est du gisement, sont totalement stériles.

### 2. Stratigraphie générale (fig. 2)

Nous avons réparti les différents horizons observés à Shituru en quatre groupes. Le premier renferme les diamictites que l'on peut voir tout au nord et au sud du gisement. Ce sont les roches conglomératiques du Ki. I.I dans la nomenclature des géologues miniers (François, 1973).

Le contact de ces roches avec les pélites microgréseuses sous-jacentes est normal et progressif au nord ; il est nettement bréchié au sud.

---

<sup>(1)</sup> *Coordinator's note:* The stratigraphic nomenclature used here may appear confusing to readers who are not familiar with it. Therefore it may be useful to point out that:

a) the term *faisceau* is applied in Shaba to lithostratigraphic units, most of which would be given the rank of *groups* in the international system of nomenclature;

b) the term *groupe* is used here in a very loose sense.

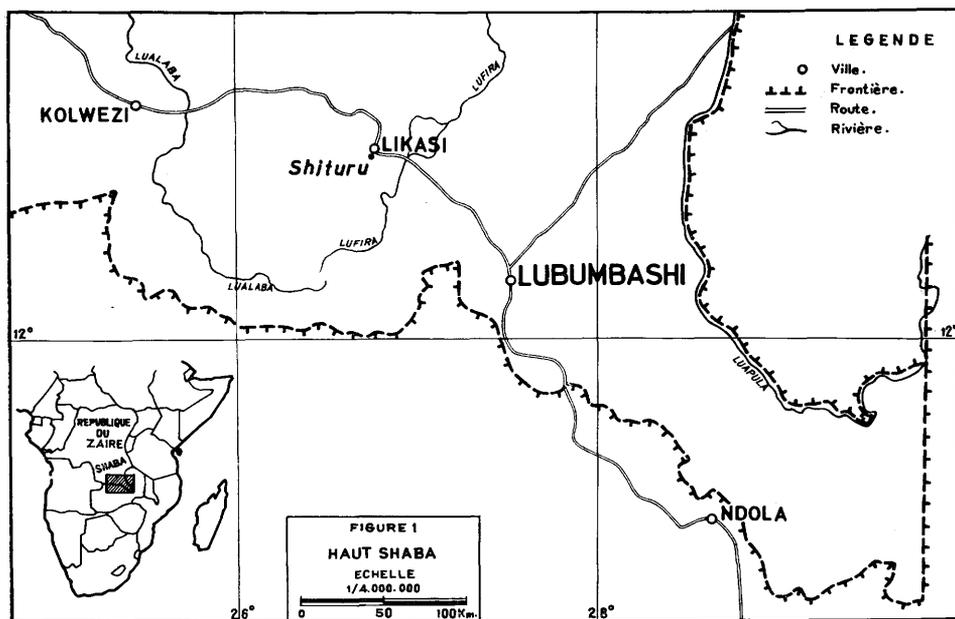


FIG. 1. — Situation générale.

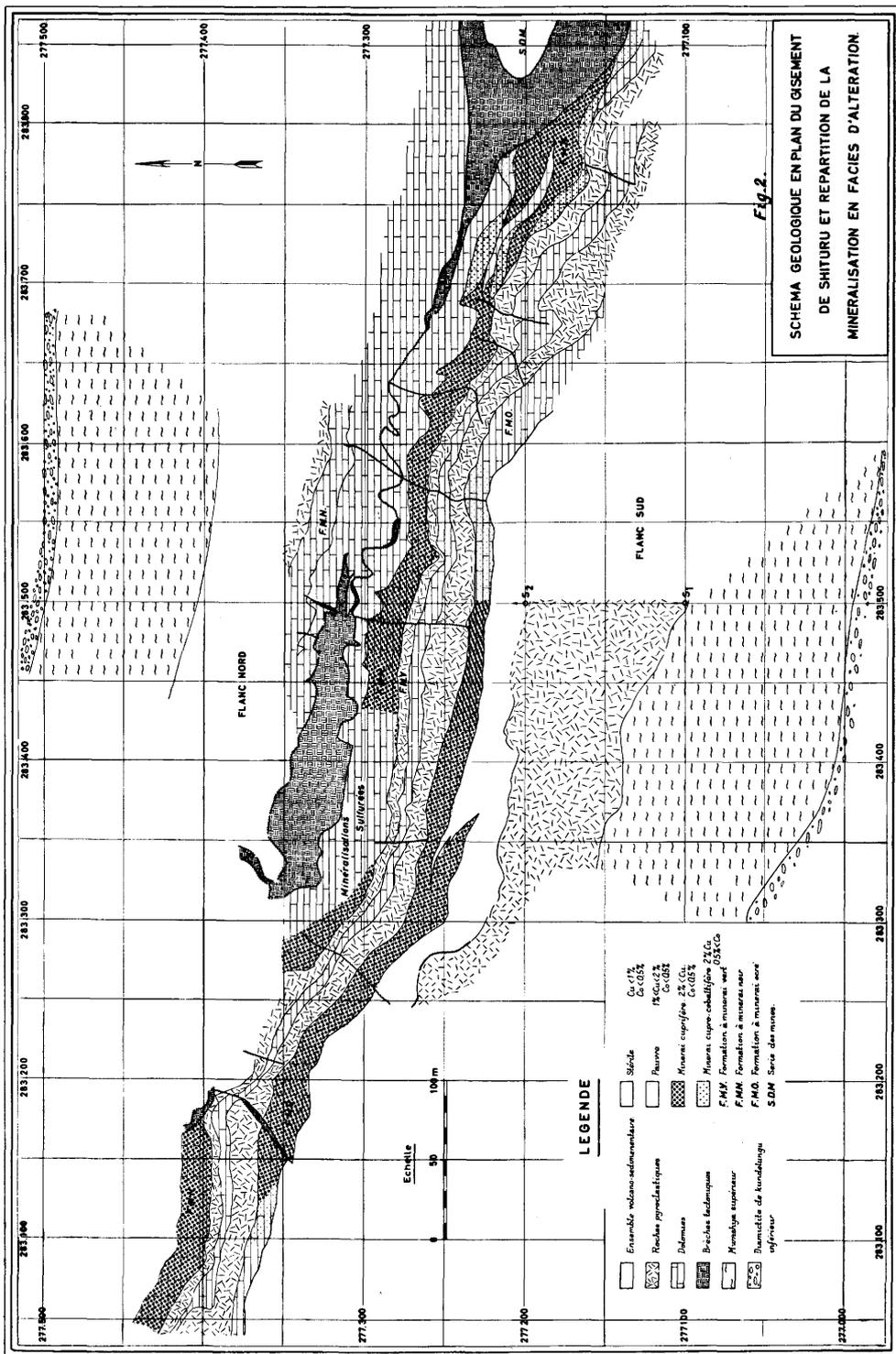
Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas invraisemblable de croire que ce contact anormal résulte d'une érosion anté-kundelungienne.

Le groupe suivant est formé de près de 80 mètres de pélites plus ou moins bien stratifiées, nettement plus massives à la base, vertes et peut-être tufacées. Ce groupe est fréquemment rattaché à la diamictite pour constituer un ensemble périglaciaire (Cahen, 1954). Nous continuerons de distinguer ces deux groupes, le deuxième étant dénommé provisoirement Mwashya supérieur ou R.4.2.

Le troisième groupe est, pour nous, le plus important, car il renferme la minéralisation ; c'est le Mwashya inférieur ou R.4.I, classique, aux multiples successions de dolomies souvent talqueuses, de grès argileux et de roches volcano-sédimentaires. Le passage du Mwashya inférieur au Mwashya supérieur est généralement souligné par un niveau dolomitique blanchâtre, silicifié, parfois très peu épais (1 cm).

Enfin, tout à la base de la coupe, près de la brèche axiale, la dolomie du Mwashya inférieur passe brutalement à une formation de roches stratifiées grises ou rouges, gréseuses et extrêmement riches en hématite, à niveaux dolomitiques roses et à oolites ferrugineuses. Nous avons rassemblé ces roches, non encore observées jusqu'alors, dans un dernier groupe, celui de Shituru.

La coupure entre les deux derniers groupes est brutale par la variation de l'aspect lithologique, mais aussi pour le changement rapide des conditions d'oxydation : le Mwashya inférieur est, à la base, nettement réducteur, tandis que le groupe de Shituru correspond à un milieu nettement oxydant.



SCHEMA GEOLOGIQUE EN PLAN DU GISEMENT  
DE SHITURU ET REPARTITION DE LA  
MINERALISATION EN FACIES D'ALTERATION

Fig. 2.

LEGENDE

- Ensemble volcano-sedimentaire
- Roches pyroclastiques
- Dolomites
- Breches tectoniques
- Mouilles supersees
- Dumouliére de l'undulatingu
- Sulfide
- Porphyre
- Minerals cuprifere
- Minerals cupro-sulfureux
- F.M.N. Formation à minerais vert
- F.M.G. Formation à minerais noir
- S.D.M. Serie des minerais

Cu 1%  
Co 0.5%

1% Cu, 2%  
Co, 0.5%

Minerals cuprifere 2% Cu,  
0.5% Co

Minerals cupro-sulfureux 2% Cu,  
0.5% Co

FIG. 2



### 3. Le Mwashya inférieur et le groupe de Shituru (fig. 3)

La stratigraphie du Mwashya inférieur, à Shituru, a déjà fait l'objet d'une étude de détail menée parallèlement à la cartographie de surface (Lefebvre, 1973). Les récents sondages ont confirmé les premières observations en les complétant et en les précisant. Comme le propos de cette note est surtout de définir la minéralisation à Shituru, nous nous en tiendrons à une image assez schématique de la stratigraphie. Quant à la pétrographie, nous nous contenterons d'en préciser les aspects qui semblent avoir une relation avec la mise en place de la minéralisation.

Par ses caractères stratigraphiques, pétrographiques et minéralogiques, le groupe de Shituru a un aspect assez tranché par rapport au Mwashya inférieur. Il s'agit d'un ensemble assez uniforme de roches grés-chloriteuses plus ou moins bien stratifiées. Entre le grès chloriteux et la pélite gréseuse, tous les intermédiaires existent. Il en va de même pour la dolomite qui peut être totalement absente ou abonder au point de transformer la roche en une dolomie impure, grés-chloriteuse. Certains bancs, peu épais, sont de véritables dolomies massives roses, très peu gréseuses.

Ces roches sont singulièrement tendres ; ceci explique aisément que la rupture, lors de tectogenèses, se soit faite à ce niveau.

Une autre caractéristique des roches de ce groupe se marque par des conditions nettement oxydantes du bassin de sédimentation, lors de leur dépôt. Il en résulte la couleur rouge ou rose de certains horizons, la présence d'oolites très ferrugineuses et surtout l'abondance de paillettes d'oligistes disséminées dans l'ensemble de la roche. Par ce dernier caractère, le groupe de Shituru s'apparente fort tant aux « roches grés-schisteuses » de la Dipeta (premières formations du faisceau supérieur) qu'aux R.A.T. lilas du faisceau inférieur de la Série de Roan.

Le Mwashya inférieur est extrêmement complexe par les successions multiples et variées des faciès, souvent lenticulaires, que l'on voit se succéder. D'une manière générale, il se dessine une courbe lithologique négative qui se marque par une abondance relative de dolomies à la base (alternance de dolomies et de dolomies très impures), tandis qu'au contact avec le Mwashya supérieur, la proportion est inverse (alternances de dolomies impures et pélites grés-carbonatées). Ce groupe joue un rôle de charnière entre la série de Roan nettement carbonatée et les faciès détritiques des séries kundelungiennes.

Cette séquence négative, nettement oscillante, est compliquée par des apports volcano-sédimentaires parfois très grossiers et de plus en plus importants. La dernière phase volcanique, avant le Mwashya supérieur, formée de grès tufacés, de tufs et de tufs lapilli, ne fait pas moins de 80 mètres d'épaisseur dans le flanc sud de l'anticlinal, dans la partie médiane de la carrière.

La partie supérieure du Mwashya inférieur ne nous est pas encore apparue vierge de toute altération météorique. Malgré cela, on devine l'existence de variations dans le potentiel oxydo-réducteur du bassin de sédimentation.

Le contact entre le groupe de Shituru et le Mwashya inférieur se marque par le passage brutal de conditions oxydantes à des conditions réductrices. Les horizons volcano-sédimentaires ou franchement volcaniques sont abondamment pyriteux. Les dolomies de base affectent des couleurs bariolées et la pyrite y est rare ; mais dès avant la formation à minerai noir (F.M.N.), les teintes virent au gris verdâtre et les sulfures sont bien représentés. La formation à minerai vert (F.M.V.)

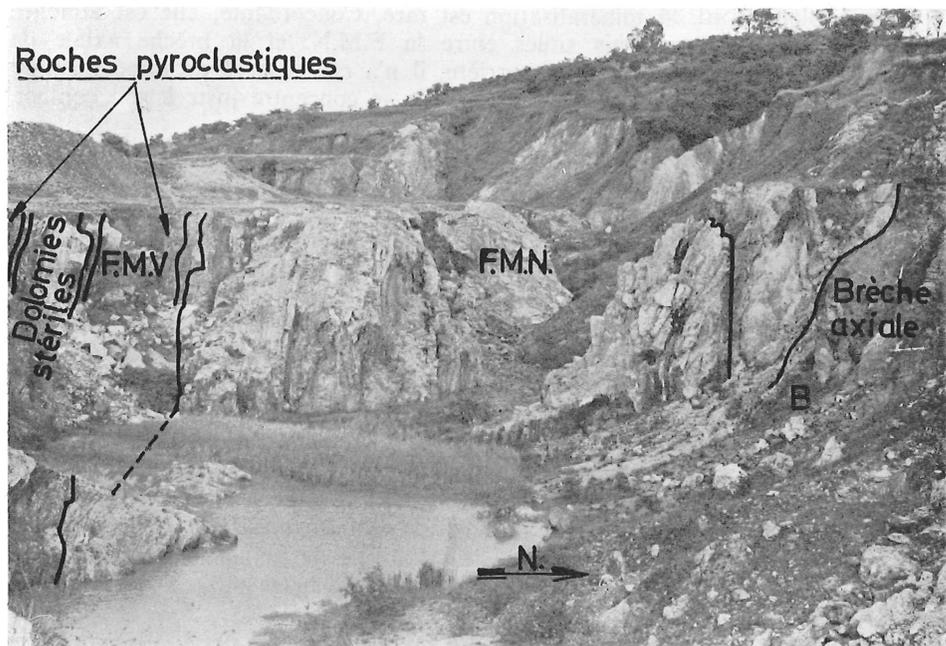


FIG. 4. — Flanc sud de l'anticlinal ; base du Mwashya inférieur et contact avec la brèche axiale.

qui est en fait une formation pyroclastique formée de tufs et tufs lapilli est également riche en pyrite (voir fig. 3).

Dans les dépôts plus récents, les conditions réductrices sont moins nettes quand les dolomies apparaissent à l'état non altéré ; elles ont des couleurs moins ternes et ne contiennent que des traces de pyrite. Les horizons volcaniques qui vont, dès lors, se succéder sont tous nettement oxydés. Le fer y est abondant, jusqu'à former localement des bancs où l'hématite est seule représentée (*fer du Mwashya*).

### LA MINÉRALISATION EN FACIÈS D'ALTÉRATION

En surface, la minéralisation prend une grande extension. Si on l'observe à l'emplacement de la F.M.N. avec des teneurs exceptionnelles (jusqu'à 25 % Cu), on la retrouve à peu près à tous les niveaux du Mwashya inférieur appartenant au flanc sud de l'anticlinal. Une exception toutefois, et elle est de taille, le dernier niveau de roches volcaniques, avant le Mwashya supérieur, est absolument stérile dans l'entièreté de ses 80 mètres de puissance. Pourtant, la minéralisation est présente, en traces faut-il le dire, dans les derniers niveaux du Mwashya inférieur, et même dans le Mwashya supérieur, à une ou deux reprises, à l'occasion de fractures parallèles à l'axe de l'anticlinal.

Dans le flanc nord, la minéralisation est rare. Concordante, elle est attachée à quelques niveaux peu épais situés entre la F.M.N. et la brèche axiale de l'anticlinal. En aucun endroit de la carrière, il n'a été observé de minéralisation en cuivre dans cette brèche axiale. Parfois, elle se concentre juste à son contact, jamais elle ne la pénètre.

Là où la fracturation n'amène pas des enrichissements locaux, trois formations sont minéralisées de manière plus nette. Ce sont les formations à minerai noir, ocre et vert des premiers exploitants (voir fig. 3).

Le plus jeune de ces corps minéralisés, la formation à minerai ocre (F.M.O.) est formée d'une dolomie impure, grège, qui par altération, se réduit à une roche pélitique jaune-ocre, chlorito-talqueuse et séricitique, souvent quartzeuse. Cette roche est très meuble et se défait sous la seule pression des doigts. Le seul minéral économique exprimé est la malachite qui peut se transformer en chrysocolle quand on se rapproche de la zone de cémentation. Elle se présente sous la forme de petites écailles et plaquettes dans les joints de stratification.

La formation à minerai vert (F.M.V.) est fréquemment enrichie en oxydes de cuivre aux épontes et plus particulièrement au mur (au contact avec la F.M.N.). A l'état non altéré, la roche est un tuf volcanique hydrothermalisé, de teinte grise et riche en pyrite. Ses constituants principaux sont le quartz, la chlorite et un mica blanc idiomorphe. Le minerai oxydé est formé de malachite granulaire ou en imprégnation intime d'une gangue grés-chloriteuse beige ou gris-vert, massive et indurée.

La formation à minerai noir (F.M.N.) est en fait une nette alternance de minerai jaune, très semblable au corps minéralisé supérieur, et d'un minerai noir à très forte teneur en cuivre. La gangue de ce minerai noir est presque essentiellement quartzeuse, parfois accompagnée d'un peu de mica blanc. La minéralisation consiste en granules de malachites noyés dans une substance noire, abondante, qui encroûte le quartz. Cette substance assez grasse et fort salissante ne donne aucune réflexion en diffractométrie de RX. Il s'agit vraisemblablement de cuprosbolane en abondance (De Leenheer, 1937). Ce minerai est le résidu de dissolution de niveaux dolomitiques assez purs.

Quel que soit le type de minerai, il se caractérise par la présence de tourmaline en quantité et celle, plus sporadique, d'apatite. La tourmaline, idiomorphe, incolore est une variété proche de la dravite. Le chimisme de ces minerais est très uniforme ; le seul élément réellement important est le cuivre ; viennent ensuite, en beaucoup moins grande quantité, le fer, le manganèse et le cobalt. Les autres éléments n'apparaissent qu'en traces géochimiques et sont le plomb, le nickel accompagnés d'indices de molybdène, de vanadium et de chrome. Zinc, sélénium, tellure et métaux précieux sont totalement inexistantes.

Hors ces trois corps minéralisés, les teneurs en cuivre dépassent rarement 2 % et, le plus souvent, restent inférieures à 1 %. Elles correspondent à des remplissages de cassures et diaclases, dans les roches tufacées et pyroclastiques, en belles associations de pseudo-malachite et de libéthénite. Il est plausible d'attribuer l'origine du phosphore, qui participe à cette minéralisation, à l'apatite fréquente dans tous ces horizons tufacés. Dans les autres niveaux, le plus souvent anciennement dolomitiques, c'est la malachite, en fines mouchetures, que l'on observe, disséminée dans la masse de la roche.

La minéralisation en fer (et manganèse) est incompatible avec la présence de cuivre oxydé ; une seule fois, près du contact avec le Mwashya supérieur,

il a été possible d'observer quelques enduits de malachite dans un niveau pélitique métasomatisé en oxyde de fer.

Si ces différents corps minéralisés sont remarquablement concordants, ils sont toutefois lenticulaires. Le flanc nord est quasi stérile, tandis qu'à l'est et à l'ouest, dans le flanc sud, les teneurs en cuivre baissent assez brutalement. Le cobalt, en général très mal représenté dans le cœur du gisement, devient nettement plus abondant avec des teneurs qui se rapprochent de 2 %. Ainsi, avant la disparition de la minéralisation, il se forme une auréole cobaltifère qui succède à une minéralisation cuprifère où le cobalt excède rarement le dixième de pour cent (fig. 2).

## LA MINÉRALISATION EN FACIÈS DOLOMITIQUES INALTÉRÉS

Le matériel mis à notre disposition par cette campagne préliminaire de sondage ne correspond qu'à d'assez faibles métrages en zones non altérées ou non cimentées. Il en résulte que la compréhension du phénomène régissant la mise en place de la minéralisation ne repose que sur un nombre relativement limité d'échantillons. Ce nombre reste toutefois suffisant pour une première approche et les observations sont assez nombreuses pour tirer quelques premières conclusions.

### 1. Répartition de la minéralisation

D'une manière générale, quand on quitte le domaine d'altération météorique, les corps minéralisés, précédemment décrits, s'individualisent d'autant mieux que la minéralisation secondaire, affectant les horizons réputés stériles, disparaît.

C'est en pénétrant le domaine dolomitique que l'on observe la disparition de la minéralisation dans la F.M.O. Dans le sondage SI, tant que la roche est encore profondément altérée, les teneurs en cuivre restent semblables à celles observées en surface. La partie inférieure de la formation est entièrement dolomitique et la seule minéralisation encore visible est une pyrite très finement disséminée en rares cristaux idiomorphes limonitisés. On peut donc prévoir que les sondages qui iront recouper cette formation à plus grande profondeur ne rencontreront aucune teneur en cuivre.

Le gisement de Shituru ne comporte donc qu'un seul corps minéralisé et celui-ci s'attache de manière parfaitement concordante aux deux formations que sont la F.M.V. et la F.M.N. Avec la profondeur, ce dernier corps voit ses teneurs en cuivre diminuer considérablement. Comme on a pu le voir pour la F.M.O., les enrichissements dus à l'altération météorique sont considérables ; mais ici, on peut croire que la diminution des teneurs découle également de ce que l'on s'écarte du cœur du gisement.

Les horizons volcaniques, plus jeunes que la F.M.V., conservent, dans les zones non altérées, leur faciès oxydé. Il en résulte que l'hématite continue d'être abondante, en bancs massifs ou en enrichissements dans les tufs et brèches volcaniques. Le cuivre qui s'associe à ces niveaux n'est visible qu'en traces et sous forme de chrysocolle.

Plus haut dans le Mwashya inférieur, à la base de la F.M.O. de même qu'entre les oolites noires et la forte puissance de tufs, des niveaux isolés de roches

jaspoïdes apparaissent non altérés, abondamment pyriteux et accompagnés de sulfures de cuivre en trace. La succession des dépôts en milieux tantôt oxydants, tantôt réducteurs est une réalité qui se montre plus nettement en profondeur, mais livre également à nos yeux sa pleine complexité.

Il semble que, au-delà de la F.M.V., les dépôts chimiques, c'est-à-dire les dolomies et les roches jaspoïdes d'origine volcanique se soient déposés dans des bassins en milieu plus réducteur. Avec l'apport en masse de sédiments volcano-détritiques, probablement accompagnés de mouvements affectant le fond du bassin, il s'est ensuivi des comblements rapides favorisant l'apparition des conditions de milieu oxydant.

L'existence de mouvements du bassin est attestée par l'observation, à au moins trois niveaux, de contacts ravinants ou rubéfiés entre des formations volcaniques et les dolomies sous-jacentes.

Il existe donc, à Shituru, au moins trois types de minéralisation différents :

- les minéralisations liées aux roches détritiques en milieu oxydant ;
- les minéralisations liées aux roches détritiques en milieu réducteur ;
- les minéralisations liées aux roches chimiques en milieu réducteur.

## 2. Les minéralisations liées aux roches détritiques en milieu oxydant

A toutes les couches pyroclastiques de la partie supérieure du Mwashya, est associée une minéralisation en fer. Sous forme d'hématite idiomorphe, le fer est parfois à ce point abondant qu'il constitue des bancs entiers à grande extension latérale et pouvant atteindre localement 2 mètres d'épaisseur. Ce minéral s'intègre de telle manière dans la succession stratigraphique que son origine sédimentaire ne fait aucun doute. Il résulte d'une précipitation tantôt isolée, tantôt liée à des brèches volcaniques, tufs et pélites tufacées que l'oxyde de fer métasomatise en partie.

Dans ces horizons, le cuivre est absent, sauf parfois en infimes quantités dans les brèches volcaniques. Dans ce cas, il apparaît sous forme d'une très fine dissémination de chalcopyrite, liée à un peu de pyrite fréquemment oxydée. En règle générale, quand on peut observer cette minéralisation en cuivre, elle est circonscrite aux éléments de lave qui constituent la brèche.

La précipitation du fer s'accompagne très souvent de silice ; elle forme alors des intercalations jaspoïdes rouges contenant une fine imprégnation d'hématite. Le manganèse est également présent dans ces niveaux, mais en très faible quantité ; on ne l'observe bien que dans les zones altérées où il remplit les cassures avec l'aspect d'un produit noir amorphe.

Cette minéralisation est remarquablement concordante et présente une extension non négligeable quand on sait que le *fer de Mwashya* est un horizon repère dans toute la zone cuprifère du bassin katangien. On la retrouve, bien entendu, dans le flanc nord de l'anticlinal de Shituru.

## 3. Les minéralisations liées aux roches détritiques en milieu réducteur

Elles s'attachent à la F.M.V. et, avec des teneurs extrêmement pauvres, à un horizon de faible épaisseur situé entre le groupe de Shituru et la F.M.N. Cet

horizon est une pélite dolomitique hydrothermalisée dont l'origine est mal définie. Il n'est pas invraisemblable que ce banc soit volcano-sédimentaire.

Dans la F.M.V., comme dans l'horizon hydrothermalisé, la minéralisation se présente comme une association de pyrite et de sulfures de cuivre ; le sulfure porteur de cuivre est la chalcoppyrite dans la F.M.V. et la bornite accompagnée d'un peu de chalcoppyrite dans le second niveau.

Dans un cas comme dans l'autre, sulfures de fer et de cuivre sont intimement liés, l'un ne paraissant pas remplacer l'autre. Généralement xénomorphe, le sulfure de cuivre est imbriqué ou en inclusion dans la pyrite. Cette pyrite est finement disséminée ou tend à former des nuages et localement de petits amas.

La F.M.V. est un tuf lapilli dont les éléments, d'origine volcanique, ne dépassent pas en diamètre le demi-millimètre et baignent dans un ciment profondément silicifié, à nombreuses inclusions d'origine vraisemblablement hydrothermale. La minéralisation en fer et en cuivre se retrouve dans l'entièreté de la roche ; le plus souvent dans le ciment, parfois elle gagne les éléments, mais elle conserve, par rapport à eux, un net état de postériorité.

Dans l'ensemble, la minéralisation est légèrement cimentée. La digénite et la chalcosine auréolent la bornite dans l'horizon inférieur. Dans la F.M.V., la chalcosine remplace directement la chalcoppyrite avec des figures de cémentation desquelles la bornite est exclue. Cette chalcosine montre parfois des inclusions claires, disposées en un fin alignement concentrique, peu éloigné du bord de la plage. Ce minéral à fort relief est une carrollite ou une linnéite qui semble correspondre à un épisode cobaltifère interrompant la cémentation.

Dans l'hydrothermalite inférieure, nous n'avons observé de sulfures de cobalt que dans de fins filonnets et partiellement digérés par la bornite. Cette bornite elle-même subit un début de transformation en chalcosine.

En s'accroissant, la cémentation provoque l'apparition d'amas de chalcosine, intimement liée à de la goëthite et à de la malachite ainsi qu'à des traces de cuprite.

#### **4. Les minéralisations liées aux roches chimiques en milieu réducteur**

Dans la partie supérieure du Mwashya, même les roches déposées en milieu réducteur sont dépourvues de cuivre. La précipitation conjuguée du fer et de la silice donne naissance à des roches jaspoïdes grises et pyriteuses. La pyrite est parfois framboïdale ; le plus souvent idiomorphe à subidiomorphe, elle forme des amas importants où pointent, de-ci, de-là, de très rares et très petites plages de chalcosine. Quant aux dolomies, elles sont totalement stériles, on n'y trouve que de rares grains de pyrite idiomorphe.

C'est dans des dolomies siliceuses, tout au bas du Mwashya, que se rencontrent les plus fortes concentrations en cuivre.

La F.M.N. est une succession de bancs, tantôt massifs, tantôt finement stratifiés, de dolomies souvent impures. Les phénomènes de silicification sont fréquents, on observe une quartzification assez systématique, tandis qu'une chertification s'installe sporadiquement. De nombreux bancs se caractérisent par la présence de nodules siliceux ellipsoïdaux, centimétriques.

Dans l'ensemble, la partie supérieure de la formation est, dans le sondage S 1, un peu moins riche que la partie inférieure. Les associations qui s'y forment sont de la pyrite et de la chalcoppyrite avec un peu de bornite ou de la pyrite

et des traces de chalcopryrite. Jamais la pyrite et la chalcopryrite n'apparaissent en contact, leur développement semble indépendant. Des phénomènes d'enrichissement sont nettement visibles ; c'est ainsi que la chalcopryrite se transforme en bornite et digénite avec parfois de belles figures de cémentation.

A un plus haut niveau d'enrichissement, on remarque les associations bornite-digénite, digénite-chalcosine et chalcosine seule. De son côté, la pyrite est digérée par la bornite qui s'auréole de digénite. La répartition de la minéralisation obéit à des impératifs qui naissent de la texture de la roche, mais la tendance est beaucoup plus nette dans la partie inférieure de la formation.

Vers le bas de la F.M.N., la minéralisation n'est généralement plus formée que de chalcosine. Elle montre des aspects très différents qui sont intimement liés à la texture de la roche. D'une manière générale, elle épouse la dimension des grains de la gangue. Dans les zones massives, grossièrement recristallisées, elle est disséminée, largement cristallisée, souvent pœcilitique. On la retrouve avec le même faciès dans les nodules quartzo-dolomitiques et dans les filonnets et cassures. Autour de ces filonnets, la présence de *halos*, où toute minéralisation paraît lessivée, est un fait assez fréquent. Dans les zones où la roche montre une texture plus fine, orientée, la chalcosine, en petits grains ramassés, est très abondante et liée préférentiellement aux joints phylliteux. Quelquefois on retrouve, dans de grandes plages de quartz ou de dolomite recristallisée, une très fine dissémination de chalcopryrite ou de bornite. Une seule fois, il nous a été donné d'observer, dans les mêmes conditions, un nuage de très fins grains de pyrite associée à un peu de bornite. Certains échantillons contenaient une chalcosine liserée de sulfure de cobalt.

Enfin, les dolomies comprises entre la F.M.N. et le groupe de Shituru sont également minéralisées, mais très faiblement. Les associations que l'on y trouve expriment un état de déséquilibre : de la pyrite xénomorphe à inclusions de bornite, est englobée de chalcosine à auréole de sulfure de cobalt.

Dans la carrière, quelques pointements de roches dolomitiques appartenant à ces niveaux montrent des associations qui ressemblent à s'y méprendre à celles que l'on a coutume de rencontrer dans la *Série des Mines*. Dans une dolomie massive, recristallisée, de grandes plages idiomorphes d'un sulfure de cobalt (carrollite ?) se disposent sans ordre. De petites inclusions (5 à 10 microns) de bornite et de pyrite, sont parfois visibles dans ce sulfure. Ce mineral est en passe d'être transformé par de la bornite qui, elle-même s'enrichit en chalcosine. Entre ces figures, d'abondantes plages de bornite pœcilitique se cémentent pour donner des associations du type bornite-digénite-chalcosine. Une fois de plus on observe un sulfure de cobalt, de seconde venue, en bordure de la chalcosine.

Dans le flanc nord, où la F.M.N. est réputée stérile, l'examen au microscope met en évidence l'abondance de pyrite en très fine cristallisation disséminée, idiomorphe à subidiomorphe, accompagnée, tout à la base de la formation, d'un peu de chalcopryrite et parfois de bornite. Tantôt cette minéralisation s'aligne sur la stratification, tantôt elle se rassemble en bouffées nuageuses dans une dolomie massive à gros cristaux noirs de dolomite.

## 5. Successions et paragenèse des sulfures

La minéralisation initiale semble avoir été formée de l'association pyrite et chalcopryrite avec peut-être un peu de bornite. C'est elle que l'on observe dans

les minerais non enrichis, c'est elle que l'on peut voir parfois en inclusion dans les minéraux de cristallisation tardive comme le quartz, la dolomite et même le sulfure de cobalt idiomorphe.

Ce sulfure de cobalt, quand il existe est métasomatisé par de la bornite. Enfin la chalcosine tend à remplacer le tout avec, fréquemment, une interruption qui correspond à un épisode cobaltifère.

On aurait donc, dans l'ordre :

1. pyrite, chalcopyrite (bornite) ;
2. sulfure de cobalt ;
3. bornite ;
4. sulfures simples de cuivre.

### **TRANSFORMATIONS DE LA GANGUE ET ALTÉRATIONS HYDROTHERMALES**

Le groupe de Shituru est fréquemment recoupé par des filons à remplissage de dolomite accompagnée de quartz et d'un peu de calcite. Au contact, on observe des transformations très nettes qui se marquent par de grandes masses phylliteuses verdâtres qui noient la texture de la roche. Dans ces masses, de grands cristaux idiomorphes d'apatite orange croissent jusqu'à atteindre des tailles d'un demi-centimètre. L'examen diffractométrique des parties argileuses de la roche et des produits de transformation verdâtres fait apparaître une succession complexe de chlorite, chlorites ouvertes, interstratifiés, d'une kaolinite qui s'apparente à la dickite, et probablement aussi d'une montmorillonite. On a le sentiment que la chlorite qui constituait initialement la partie argileuse de la roche se métasomatise en dickite au contact des filons, en laissant subsister tous les stades intermédiaires de sa transformation. En plus de l'apatite, il faut noter la remarquable abondance de tourmaline incolore et de rutile parfaitement idiomorphes.

Dans l'ensemble du Roan de Shituru, on remarque des recristallisations qui font intervenir les mêmes minéraux. C'est ainsi que la tourmaline de néoformation est présente dans tous les niveaux, idiomorphe et incolore dans les dolomies ou en auréole limpide de cristallisation autour des tourmalines vertes détritiques du groupe de Shituru. Elle est brun sale dans les roches pyroclastiques et parfois abondante au point que certaines brèches volcaniques ont le ciment transformé en une véritable tourmalinite. Par contre, c'est encore une tourmaline incolore qui envahit l'hydrothermalite sous-jacente à la F.M.N.

L'apatite de néoformation se retrouve, idiomorphe et pœcilitique dans toutes les roches et s'associe de manière assez systématique à la quartzification des dolomites. De plus, il n'est pas de dolomie qui n'ait subi de recristallisations ; certains bancs arborent même une dolomite noire, macroscopique, en croissance désordonnée. Dans les roches pyroclastiques, la silicification se marque par la métasomatose à la fois du ciment et des baguettes de plagioclase. Il est significatif de constater que, dans l'ensemble de ce groupe, à caractère franchement volcanique, aucun feldspath n'ait jamais été mis en évidence, même par diffractométrie des rayons X.

Le rutile est très abondant dans l'ensemble des roches volcano-détritiques ainsi que dans les lits pélitiques et un peu gréseux des dolomites. Toutefois, sauf dans les brèches volcaniques, il montre un aspect nettement détritique. En ce qui regarde les roches pyroclastiques, le rutile et le leucoxène qui les dévore littéralement paraissent appartenir à une phase antérieure à la sédimentation des débris d'origine effusive.

L'ensemble des niveaux liés au volcanisme est caractérisé par une importante chloritisation. C'est un phénomène général et les roches effusives, connues au Shaba, participent toutes, en se dévitrifiant, à un phénomène semblable.

A Shituru, dans les faciès à caractère réducteur, les roches pyroclastiques ont leur mésostase chloriteuse constituée essentiellement d'une clinocllore du type leuchtenbergite. En milieu oxydant, accompagnant des traces de leuchtenbergite, c'est une magnésio-rhipidolite (Tröger, 1971) vert pâle que l'on observe en quantité. C'est dans ce dernier faciès que l'on a pu mettre en évidence la présence d'un matériel kaolinique que nous rapportons, avec réserves, à de la dickite et de la kaolinite en mélange. Dans ces mêmes roches, la séricite idiomorphe apparaît en amas nébuleux.

Au mur de la F.M.N., un banc de dolomie impure très fine, ainsi que l'hydrothermalite qui lui est sous-jacente, montrent une croissance multiple et désordonnée de plages rectangulaires de trois à quatre millimètres de longueur, larges de près d'un millimètre, à remplissage de chlorite ; c'est une rhipidolite ferrique (Tröger) à nombreuses inclusions de tourmaline, quartz, dolomite, apatite, pyrite et mica blanc qui résulte de la transformation d'un minéral inconnu.

La montmorillonite est fréquente dans les dolomies sous-jacentes à la F.M.N.

Enfin, le talc est abondant dans certains horizons du groupe de Shituru et présent dans les niveaux impurs des dolomies du Mwashya inférieur. Toutefois, il ne paraît lié en aucune manière aux transformations hydrothermales (Oosterbosch, 1960, Lefebvre, 1973). Il en va de même pour des traces de biotite et de phlogopite observées tant dans les dolomies que dans les grès tufacés.

Il est très difficile de juger des relations qui peuvent exister entre cet hydrothermalisme et la minéralisation. Pour l'instant, les observations ont mis en évidence une métasomatose de la dolomite secondaire par la chalcosine et l'absence de relation entre la silicification et la minéralisation. D'autre part, la transformation hydrothermale est nettement secondaire par rapport à la cristallisation de la pyrite.

## INTERPRÉTATION MÉTALLOGÉNIQUE

La minéralisation à Shituru est concordante. Les dépôts d'hématite et de roches jaspoides pyriteuses montrent un coefficient de stratiformité (Péllissonnier, 1973) remarquablement grand. Pour ce qui regarde les corps minéralisés en cuivre et cobalt, les teneurs exploitables occupent un espace également concordant, mais nettement plus lenticulaire. Cependant, dans le flanc nord, la minéralisation se poursuit avec de la pyrite et de rares traces de chalcopyrite. Des teneurs exploitables ont été observées, également à hauteur de ces niveaux, en d'autres points du Shaba (Van Eyll, 1973).

Dans les roches jaspoides pyriteuses, l'existence de structures de type framboïdal représente, pour la pyrite, un argument favorable à une sédimentation sous

forme de gels sulfurés. Enfin, nous croyons en l'existence d'un volcanisme métallo-génique attesté par la présence de chalcopryrite et de pyrite dans les éléments des brèches volcaniques. Pour une part, au moins, la minéralisation est du type syngénétique familial (Routhier, 1967) et trouve sa source dans un volcanisme basique proche des zones de dépôt.

Nous engloberons dans un même phénomène toutes les minéralisations correspondant à l'association pyrite-chalcopryrite (et bornite), c'est-à-dire celles que l'on observe dans les roches pyroclastiques en milieu réducteur ainsi que celles de la F.M.N. et des dolomies sous-jacentes, qu'elles soient vierges de tout enrichissement, comme dans le flanc nord de l'anticlinal, ou à l'état de minéralisation relique dans le flanc sud. Cette minéralisation est très finement disséminée dans les roches de précipitation chimique (dolomies) ; dans les roches volcaniques, elle s'attache au ciment mais gagne, par métasomatose, les lapilli. Elle acquiert, de ce fait, un caractère secondaire qui la lie, sans doute, aux phénomènes diagénétiques. Elle provient, à notre avis, d'une même source que la précédente, à la différence que sa mise en place résulte d'une précipitation chimique en milieu réducteur.

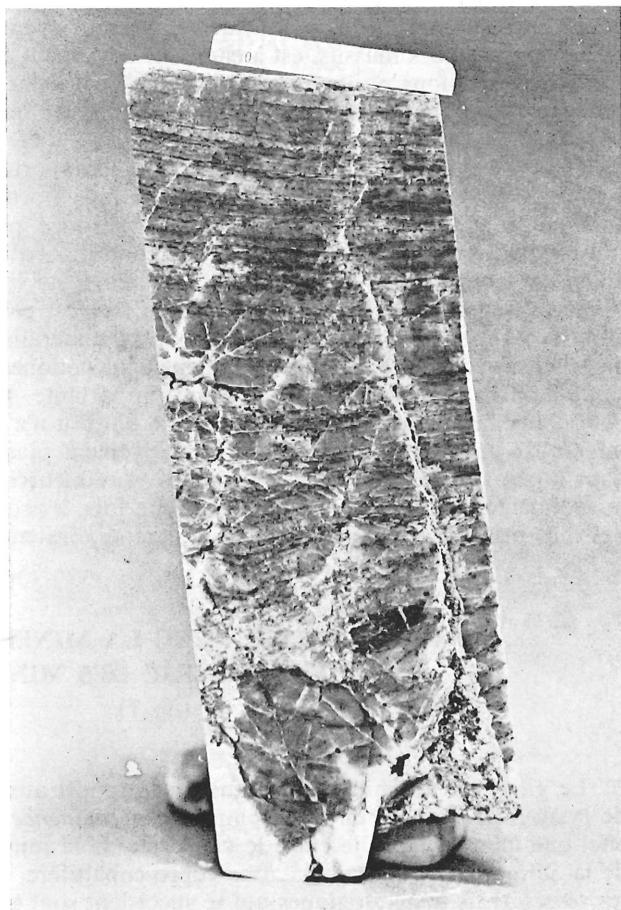


FIG. 5. — F.M.N. inférieur minéralisé en chalcocite ; les sulfures apparaissent en noir sur la photo et se concentrent dans les joints de stratification.

En conclusion, pour cette première phase, le schéma serait assez simple. Un volcanisme basique alimente en fer et en cuivre le bassin de sédimentation, sous la forme de sulfures emprisonnés dans les éléments détritiques et en solution dans l'eau de mer. Nous ne pouvons pas savoir si cette mise en solution s'est faite à partir du lessivage des roches volcaniques par venues fumerolliennes ou directement à partir d'ions métalliques primitivement contenus dans ces fumerolles, ou par toute autre manière encore. Mais il est certain qu'il se précipitera davantage de fer pour des conditions de Eh oxydantes et que le cuivre, lui, ne précipitera qu'en milieu réducteur.

Les conditions oxydantes du groupe de Shituru ont pu se maintenir pendant un temps assez long et favoriser un enrichissement progressif et continu des solutions de cuivre jusqu'à une rupture brutale qui coïncide avec l'apparition du Mwashya inférieur et des minéralisations sulfurées. Ceci suppose que les horizons détritiques du groupe de Shituru soient également liées à des phénomènes volcaniques. Ce qui n'est pas invraisemblable si on en juge par la texture et la composition des roches.

Dès lors, l'aspect épigénétique des associations qui vont se succéder va apparaître nettement. La phase de minéralisation en cobalt où les sulfures correspondants sont idiomorphes, pœcilitiques et se retrouvent préférentiellement dans les bancs dolomitiques massifs, est à caractère nettement secondaire.

Les associations pyrite-bornite et pyrite-chalcosine sont l'expression d'un déséquilibre thermodynamique qui ne peut s'expliquer que par des apports successifs (Bartholomé, 1971).

On est tenté, pour ces faciès nouveaux, d'apporter pour réponse les manifestations hydrothermales. Leur présence est bien normale dans un environnement volcanique et déjà leur importance s'est marquée profondément dans les transformations de la gangue. Que la source du cobalt et des enrichissements en cuivre se trouve dans les fluides appartenant à un hydrothermalisme tardi-volcanique consanguin, cela est probable, mais ce n'est pas certain. Le rôle des fluides a pu se limiter au seul remaniement de la minéralisation. Il existe toutefois un argument favorable à un enrichissement épigénétique : la minéralisation syngénétique-familier présente une extension importante pour une faible puissance ; l'enrichissement qui définit le gisement de Shituru n'a que la dimension d'un corps minéralisé, mais pour une puissance relativement plus importante. La délimitation dans la stratigraphie de zones oxydantes et réductrices, qui sont apparues lors de la sédimentation, a pu servir, une nouvelle fois, à provoquer une fixation sélective des ions métalliques à partir des fluides minéralisateurs.

## PARALLÉLISME AVEC LA MINÉRALISATION DE LA « SÉRIE DES MINES »

(fig. 7)

Le gisement de Shituru constitue, par rapport aux minéralisations stratiformes de la *Série des Mines*, un bel exemple de *permanence* (Zuffardi, 1969). Il existe en effet une identité parfaite entre le chimisme de la minéralisation à Shituru et celui de la *Série des Mines* dans la zone cupro-cobaltifère. Si le chimisme est identique, les associations minéralogiques qui se succèdent sont très semblables (Oosterbosch ;

Bartholomé). Il est impossible de distinguer à l'examen des paragenèses, un échantillon de l'un ou l'autre type de gisement, au moins en ce qui concerne les minéralisations en milieu réducteur.

Une comparaison des stratigraphies fait apparaître des conditions de dépôt très semblables.

Après un épisode gréseux, assez long, à caractère oxydant, entrecoupé d'épisodes plus dolomitiques, on débouche, dans un cas comme dans l'autre, sur des dolomies correspondant à des conditions de dépôt en milieu euxinique. C'est alors que la minéralisation se met en place au sein de dolomies stratifiées ou massives et construites. Des dolomies du type R.S.C., R.S.F., D. Strat, se retrouvent dans la F.M.N. mais en désordre et avec des puissances différentes. Le phénomène des R.S.C. stériles coincées entre des bancs minéralisés peut se représenter à Shituru et même plusieurs fois à la suite, mais avec des dimensions beaucoup plus restreintes (fig. 6).

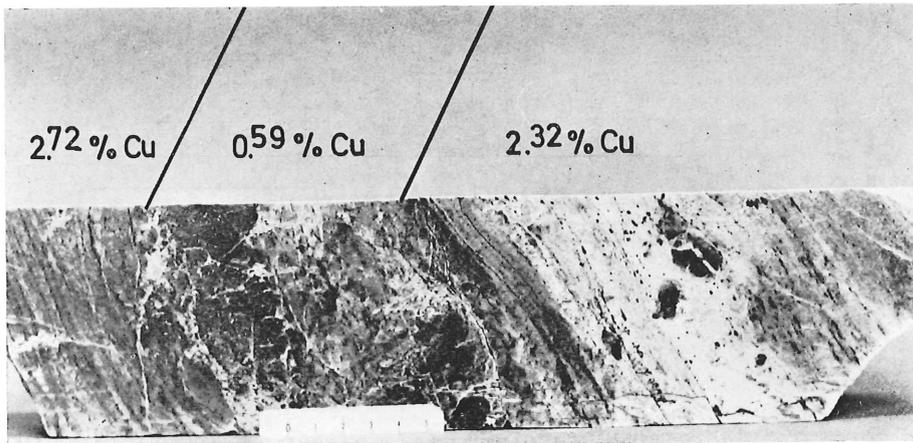


FIG. 6. — De part et d'autre d'une dolomie massive à faible teneur en cuivre, des faciès, de type R.S.F. à gauche et de type D. Strat. à droite, mieux minéralisés.

Des roches du type R.A.T. grises et S.D. se retrouvent à Shituru, très semblables en texture et en composition, mais dans ce cas, il s'agit de grès et de pélites tufacées.

Si l'on connaît, au sein des corps minéralisés du faisceau médian du Roan, des phénomènes de silicification et de recristallisation dolomitique importants, la tourmaline est un peu moins fréquente qu'à Shituru ; par contre, l'apatite peut être plus abondante encore. Le rutile d'origine détritique est fréquent dans les R.A.T. et les S.D. et la chloritisation est un phénomène général. Enfin, à Kambove et à Kbolela, il nous a été donné d'observer dans les R.A.T. lilas sous-jacentes à la *Série des Mines* d'importantes manifestations hydrothermales où de la dickite, de la montmorillonite et des interstratifiés remplissaient de nombreux filons et cassures, avec transformation correspondante de la roche (Lefebvre, 1972).

D'après une étude récente (François, 1973), la minéralisation dans la *Série des Mines* paraît se mettre en place par taches. Ces taches montrent une auréole nettement cobaltifère.

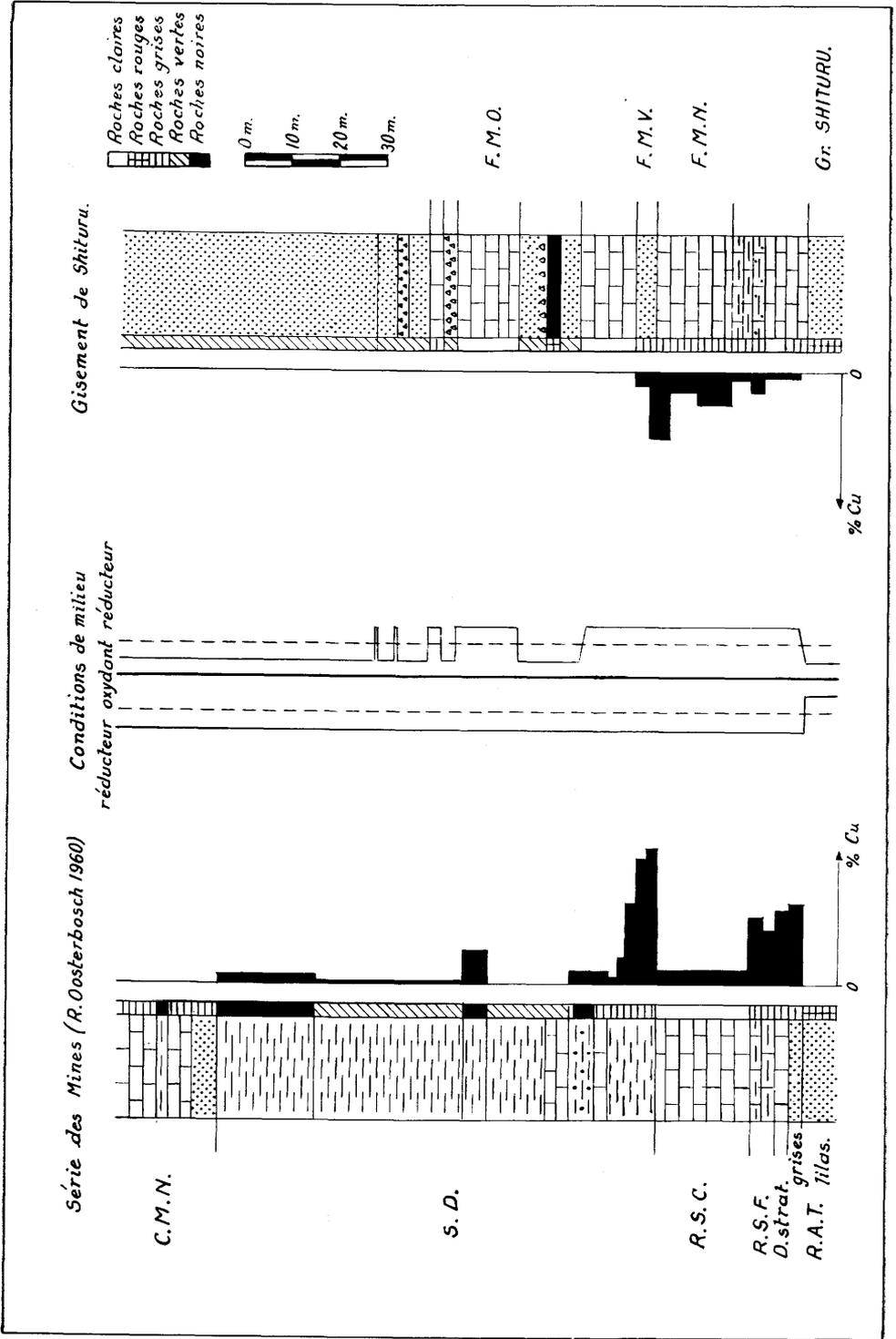


FIG. 7

Il existe toutefois une différence importante et elle réside dans l'absence de talc au sein des assises inférieures du faisceau médian du Roan. Par contre, à Kambove, où l'on trouve une fois de plus une minéralisation cupro-cobaltifère, mais cette fois dans les assises supérieures du même faisceau, le talc est présent en quantité. C'est dans le C.M.N. inférieur, correspondant à ce faisceau médian, qu'il nous a été donné d'observer des roches qui s'apparentent de manière troublante aux roches pyroclastiques de Shituru (Ducci-Kolebacki, 1974).

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la direction de la Gécamines d'avoir permis la publication de cette note et plus particulièrement M. Oosterbosch et M. A. François, Directeur du Département géologique de la Gécamines, pour leur aide et leurs conseils avisés.

## Bibliographie

- ANDERSON, C. A. (1967). — Massive sulfide deposits and volcanism. *Econ. Geol.*, 64, No. 2, p. 125-146.
- BARTHOLOMÉ, P. (1962). — Les minerais cupro-cobaltifères de Kamoto (Katanga ouest). I. Pétrographie; II. Paragenèse. *Studia Universitatis « Lovanium », Fac. Sc. (Kinshasa)*, n° 14, 40 p.
- BARTHOLOMÉ, P., EVRARD, P., KATEKESHA, F., LOPEZ-RUIZ, J. and NGONGO, M. (1972). — Diagenetic ore forming process at Kamoto, Republic of Zaire. In: G. C. Amstutz and A. J. Bernard, ed., *Ores in Sediments*, p. 21-42. Springer-Verlag, Berlin.
- BERTRAND, M. F. (1922). — Parallélisme entre les gisements cuprifères du Katanga et du Niari. *Congrès Géol. Int.*, XIII<sup>e</sup> session, p. 771-795.
- BESSION, M. (1973). — La formation ferrifère de Pierrefitte. *Bull. B.R.G.M.*, sect. II, n° 2, p. 89-114.
- BROWN, G. (1961). — *The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals*. London, Mineralogical Society.
- BUTTGENBACH, H. (1947). — *Les minéraux de Belgique et du Congo belge*. Dunod, Paris, Vaillant-Carmanne, Liège, 573 p.
- CORNET, J. (1897). — Observation sur les terrains anciens du Katanga faites au cours de l'expédition Bia-Francqui (1891-1893). *An. Soc. géol. de Belgique*, t. XXVI, p. 25-190.
- CORNET, J. (1903). — Les gisements métallifères du Katanga. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XVII, p. 3-47.
- DE LEENHEER (1937). — *Sur quelques minerais de manganèse du Katanga*. Comité spécial du Katanga, t. XXX, p. 62.
- DELFOUR, J. (1971). — Les minéralisations sulfurées de Nuqrah et de Jabal Sayid (Arabie Séoudite). *Bull. B.R.G.M.*, sect. II, n° 6, p. 51-67.
- DESPREZ, D. et SOLER, E. (1971). — Les minéralisations pyriteuses et manganésifères liées aux formations volcano-sédimentaires de la Province de Huelva (sud-ouest de l'Espagne). *Bull. B.R.G.M.*, sect. II, n° 6, p. 5-16.
- DUCCI, E. et KOLEBACKI, H. (1974). — *L'écaille de Kambove Ouest ; les problèmes du C.M.N.* (sous presse).
- FRANÇOIS, A. (1973). — *Extrémité occidentale de l'arc cuprifère shabien. Etude géologique*. Gécamines, Likasi, Shaba, République du Zaïre.
- HONNOREZ, J. (1969). — La formation actuelle d'un gisement sous-marin de sulfures fume-rolliens à Vulcano (mer Tyrrhénienne). *Min. Deposita*, 4, p. 114-131.
- KINKEL, A. R., Jr. (1966). — Massive pyritic deposits related to volcanism, and possible methods of emplacement. *Econ. Geol.*, 61, p. 673-694.

- LEFEBVRE, J. J. (1972). — *Manifestations hydrothermales dans les R.A.T. lilas de Kambove*. Rapports non publiés.
- LEFEBVRE, J. J. (1973). — Identification d'une sédimentation pyroclastique dans le Mwashya inférieur du Shaba méridional (ex-Katanga). *Ann. Soc. géol. Belg.*, p. 197-218.
- LOMBARD, A. (1956). — *Géologie sédimentaire. Les séries marines*. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris, 722 p.
- LOVERING, T. S. (1963). — Epigenetic, diplogenic, syngenetic and lithogene deposits. *Econ. Geol.*, 58, p. 315-330.
- LUSK, J. (1972). — Examination of volcanic-exhalative and biogenic origins for sulfur in the stratiform massive sulfide deposits of New Brunswick. *Econ. Geol.*, 67, p. 169-183.
- NICOLINI, P. (1970). — *Gitologie des concentrations minérales stratiformes*. Gauthier-Villars, 792 p.
- OOSTERBOSCH, R. (1950). — *La Série des Mines dans le polygone de Fungurume*. Comm. 50<sup>e</sup> Ann. Comité spécial du Katanga, n<sup>o</sup> 14.
- OOSTERBOSCH, R. (1951). — Copper mineralization in the Fungurume region, Katanga. *Econ. Geol.*, 46, p. 121-148.
- OOSTERBOSCH, R. (1960). — Les minéralisations dans le système de Roan au Katanga. In : *Gisements stratiformes de cuivre en Afrique*. Symposium coordonné par J. Lombard et P. Nicolini, 1<sup>re</sup> partie : *Lithologie-Sédimentologie*.
- PÉLISSONNIER, H. (1965). — Le problème de la concentration naturelle des substances minérales. *Ann. des Mines*, déc. 1965, p. 889-924.
- PÉLISSONNIER, H. (1971). — Le gisement de cuivre stratiforme de Cerro-Negro (Aconcagua, Chili). *Bull. B.R.G.M.*, sect. n<sup>o</sup> 6, p. 43-50.
- PÉLISSONNIER, H. (1972). — *Les dimensions des gisements de cuivre du monde. Essai de métallogénie quantitative*. Mém. du B.R.G.M., n<sup>o</sup> 57, 405 p.
- PETTJOHN, F. J., POTTER, P. E. and STEVER, R. (1972). — *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 618 p.
- RICKARD, D. T. (1973). — Limiting conditions for synsedimentary sulfide ore formation. *Econ. Geol.*, 68, p. 605-617.
- ROUTHIER, P. (1963). — *Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche*. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris, 2 vol., 1 282 p.
- ROUTHIER, P. (1967). — Le modèle de la genèse. *Chron. des Mines et de la Rech. min.*, 35<sup>e</sup> année, n<sup>o</sup> 363.
- TRÖGER, W. E. (1971). — *Optische Bestimmung der gesteinsbildende Minerale. Teil I: Bestimmungstabellen*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 188 p.
- UYTENBOGAARDT, W. and BURKE, E. A. J. (1971). — *Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals*. Ed. Elsevier Publ. Co., 2nd ed.
- VAN EYLL, M. (1973). — *Le gisement de Kahumbwe et de Luita*. Rapport non publié.
- WISSINK, A. (1972). — Les gisements de manganèse du monde. Conditions de dépôt, typologie et métal contenu. *Bull. B.R.G.M.*, sect. II, n<sup>o</sup> I, p. 33-48.
- ZUFFARDI, P. (1969). — La métallogénie du plomb, du zinc et du baryum en Sardaigne : un exemple de permanence, de polygénétisme et de transformisme. *An. Soc. géol. de Belgique*, 92, p. 321-344.