

## MINÉRALISATION CUPRO-COBALTIFÈRE ET ZINCIFÈRE D'ASPECT ÉPIGÉNÉTIQUE A KABOLELA, SHABA, ZAIRE (\*)

par J. J. LEFEBVRE (\*\*)

(6 figures dans le texte, 1 figure hors-texte, 2 planches)

### RÉSUMÉ

Le gisement de Kabolela, situé dans la partie centrale de l'arc cuprifère shabien, contient, dans les niveaux correspondant au Groupe des Mines, une minéralisation cupro-cobaltifère et, localement, zincifère. Contrairement à la plupart des gisements du Shaba, cette minéralisation paraît épigénétique pour sa part la plus importante. Elle se surimpose à une minéralisation pauvre, à caractère diagénétique et essentiellement cuprifère. Elle est mise en relation avec une phase tectonique précoce, d'âge Mwashya, et aux sills d'intrusions basiques fréquemment minéralisés en cuivre et cobalt, qui se sont mis en place à une même époque dans le Groupe de la Dipeta.

### ABSTRACT

The Kabolela orebody is situated in the central part of the Shabien copper belt. In the levels corresponding to the « Groupe des Mines » it contains copper-cobalt and locally zinc mineralisation. In contrast to most of the Shaba orebodies, this mineralisation appears to be mainly epigenetic. It is superimposed on a weak copper mineralisation of diagenetic origin. It is related to an early tectonic phase, of Mwashya age, and to basic sills — frequently mineralised with copper and cobalt — intruded at the same time into the « Groupe de la Dipeta ».

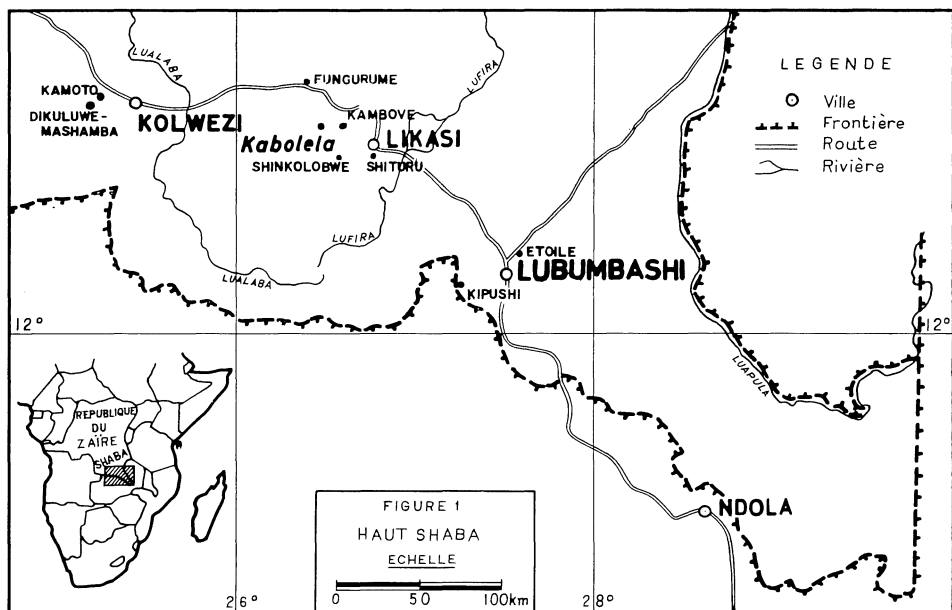
### INTRODUCTION

Situées dans la partie centrale de l'arc cuprifère shabien (Fig. 1), les minéralisations cupro-cobaltifères de Kabolela appartiennent au « Facies Menda » de A. François (1974), défini comme « souvent pauvre ou stérile, avec de belles taches minéralisées, cuprifères dans l'ore-body supérieur et cupro-cobaltifères dans l'inférieur ». Elles se mettent en place dans des lambeaux du Groupe des Mines associés à d'autres lambeaux stériles, appartenant au Groupe de la Dipeta et au Groupe inférieur ; l'ensemble flotte dans une vaste brèche de Roan (Fig. 2).

La partie nord-est de la zone minéralisée a déjà fait l'objet d'une étude (sondage Kab. 133 ; J. J. Lefebvre, 1975-a) que la présente note développe sur l'ensemble du gisement.

(\*) Communication présentée le 1<sup>er</sup> juin 1976, par M. P. Bartholomé. Manuscrit déposé à la même date.

(\*\*) C/o UMEX Corp. Ltd. 1935 Leslie street, Don Mills, Toronto, Canada M3B2M3.



LITHOSTRATIGRAPHIE DANS L'ARC CUPRIFÈRE  
Cycle Katangien

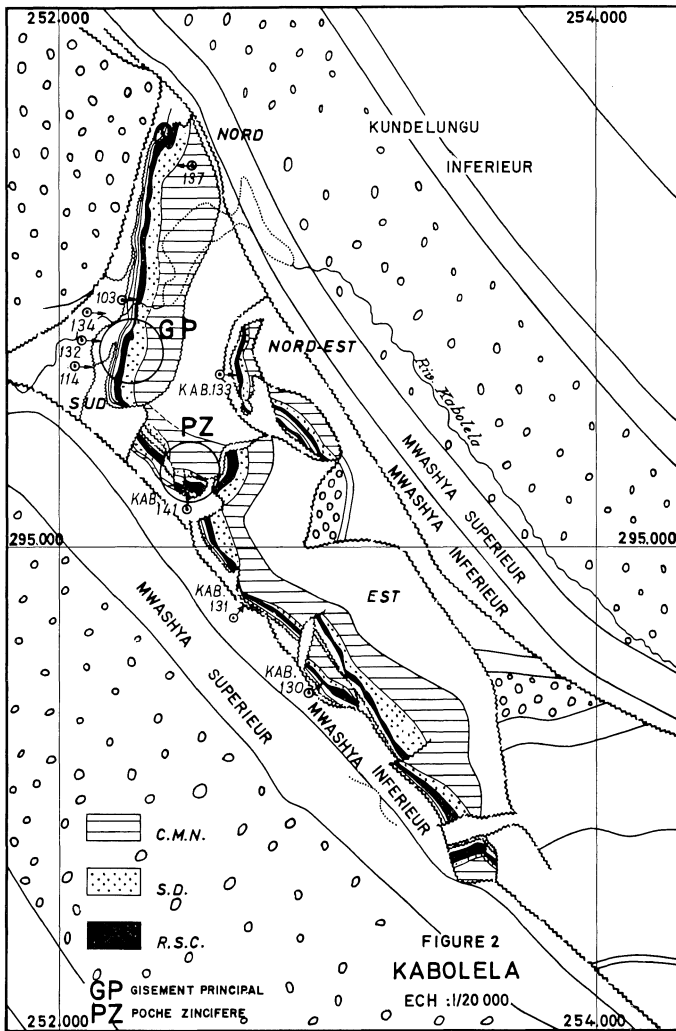
Supergroupe du Kundelungu

- Groupe du Kundelungu supérieur (diamictite à la base)
- Groupe du Kundelungu inférieur (diamictites à la base)

Supergroupe du Roan

- Groupe du Mwashya  
(Hiatus)
- Groupe de la Dipeta  
(Hiatus)
- Groupe des Mines (s.l.)
  - Sous groupe du C.M.N. (\*)
  - Sous groupe des Mines (s.s.)
  - Formation des S.D.
    - S.D. supérieurs (S.D.S.)
      - S.D.3b pélite charbonneuse
      - S.D.3a psammite claire
      - S.D.2d pélite charbonneuse
      - S.D.2c psammite claire
      - S.D.2b dolomie
      - S.D.2a pélite charbonneuse
      - S.D.1a dolomie impure (B.O.M.Z.)

(\*) En référence aux travaux sur le C.M.N. de Kambove où plusieurs formations distinctes et cartographiables ont pu être mises en évidence, y compris des roches d'origine vraisemblablement volcanique.



S.D. de base (S.D.B.)

S.D.1a psammite claire à nodules

Formation des R.S.C.

Formation dolomitique inférieure

R.S.F.

D. Strat.

Formation des R.A.T. grises

(Hiatus)

Groupe inférieur (R.A.T. lilas)

(Hiatus)

## STRATIGRAPHIE DU GROUPE DES MINES

Ce groupe est remarquable par la continuité de sa lithologie que l'on retrouve et différencie sans peine de la région de Kolwezi, à l'ouest, jusqu'au sud-est de Lubumbashi. A Kabolela, il apparaît toutefois des variations de puissance notables par rapport aux gisements de l'ouest. On y observe, de surcroît, des changements sensibles de sondages à sondages (fig. 3).

*C.M.N.* (calcaire à minerai noir)

Le C.M.N. est rarement recoupé par les sondages et est, de ce fait, fort mal connu. On y observe des roches de même type que celles des formations inférieures mais avec une prédominance de dolomies massives, parfois talqueuses.

Le contact avec les S.D.S. est placé en un endroit où, de manière évidente, des pélites gréseuses, micacées et dolomitiques, cèdent la place à des horizons plus nettement dolomitiques. Ce contact est généralement marqué par une teneur élevée du carbone dans les pélites (S.D.3b). Cette coupure paraît assez imprécise si l'on sait que le C.M.N. présente d'importantes variations de faciès et que les dolomies sont souvent lenticulaires. Enfin, à Kabolela, les S.D.3b sont parfois faibles en épaisseur et peuvent ne pas être toujours présents (sondages Kab. 103, 133 et 137).

*S.D.* (Schistes dolomitiques)

La puissance des S.D.S. de Kabolela est relativement faible et extrêmement variable. Elle est minimale dans le sondage Kab. 133 où la subdivision en unités lithostratigraphiques conventionnelles n'est plus possible (Kabolela nord-est ; J. J. Lefebvre, 1975-a). Dans la plus grande partie du gisement, les S.D.3a, tantôt grises, tantôt verdâtres, se distinguent aisément de l'ensemble grâce à la présence d'un horizon charbonneux à la base (S.D.2d), d'épaisseur très variable.

Plus bas, les subdivisions se montrent beaucoup plus délicates à établir. Les S.D.2b et c se confondent et ne sont pas toujours limités à la base par un horizon charbonneux S.D.2a. Le B.O.M.Z. (\*) (S.D.1a) n'apparaît que rarement et le plus souvent, il se réduit à un fin lit de quelques millimètres d'épaisseur (Kabolela nord). Les S.D.B. (\*\*) sont parfois abondamment charbonneux et les petits nodules qui, dans les autres gisements, les caractérisent si parfaitement peuvent se retrouver en quantité appréciable dans les couches supérieures, jusque dans les S.D.3b.

A la base des S.D.3a de Kabolela, on observe de manière très nette une abondance de lits blancs, parfaitement concordants dont les contacts avec la pélite encaissante sont tantôt progressifs, tantôt tranchés. Ces lits dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à une dizaine de centimètres sont le plus souvent vierges de tout minéral détritique. Le quartz, quand il est présent, résulte de recristallisations ultérieures sous forme de calcédoine, chert ou poches quartzieuses à structure en mosaïque.

Quelques fois une écharde de quartz allogène s'aligne selon l'allongement du lit. La masse de la roche est formée d'un fond phylliteux cryptogrenu, vaguement orienté. Dans tous les cas, des analyses diffractométriques de R.X. ont révélé l'existence de mica blanc surtout et de chlorite incolore magnésienne. On y retrouve quelques fois de la pyrite de recristallisation grossière, de petits amas de leucoxène —

(\*) B.O.M.Z. — Black Ore Mineralized Zone.

(\*\*) S.D.B. — Schistes dolomitiques de base.

FIGURE 3

# LITHOSTRATIGRAPHIE ET MINERALISATION

KABOLELA NORD

KAB. 103

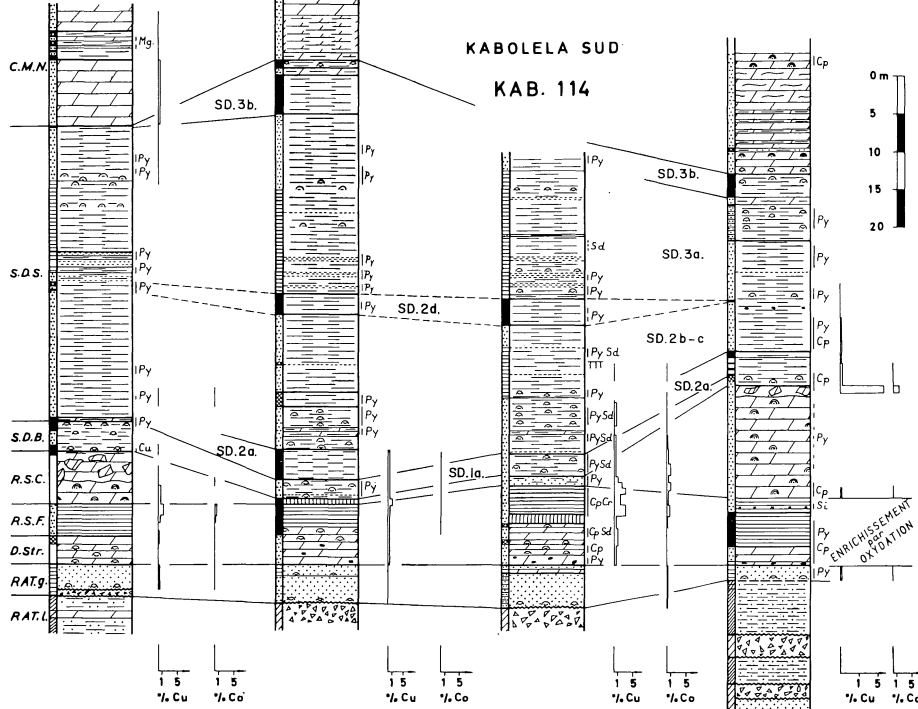
KAB. 134

KABOLELA EST

KAB. 130

KABOLELA SUD

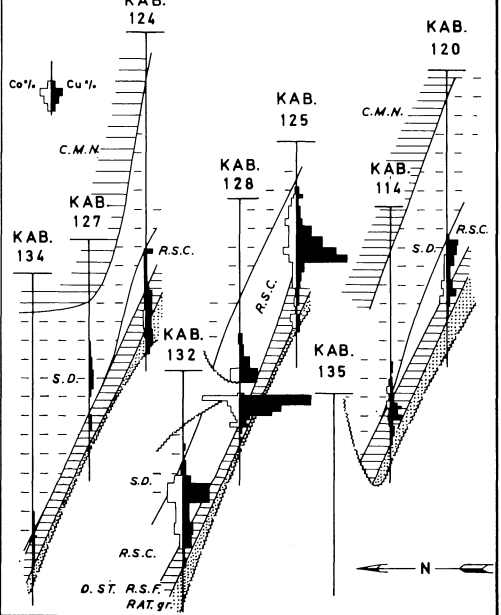
KAB. 114



## LEGENDE

- |              |                   |                            |
|--------------|-------------------|----------------------------|
| Grès         | Grès              | Roche siliceuse feuilletée |
| Grès sombre  | Pépite            | Quartzolite                |
| Noir         | Dolomie           | Brèche tectonique          |
| Grès vert    | Mg Magnésite      | Brèche récifale            |
| Rouge clair  | Cp Chalcopryrite  | Cinérite blanche           |
| Rouge sombre | Cr Carrollite     | Contact tectonique         |
| Py Pyrite    | Cu Cuivre natif   | TTT Fentes de retrait      |
| Sd Sidérite  | Si Chert          |                            |
|              | Module            |                            |
|              | Elément chertueux |                            |
|              | Stromatolite      |                            |

## REPARTITION DE LA MINERALISATION DANS KABOLELA SUD



rutile et quelques grains de monazite authigène. Une abondante recristallisation dolomitique peut localement submerger le tout.

Nous pensons qu'il s'agit là de cendres recristallisées résultant d'un volcanisme de composition acide. Des lits semblables s'observent également dans les S.D.2b et même dans les S.D.1a (S.D.B. du sondage 134), mais en nombre beaucoup plus restreint.

#### *R.S.C.* (Roches siliceuses cellulaires)

Les R.S.C. de Kabolela sont remarquablement lenticulaires (Fig. 3). Dans les parties les plus épaisses, des figures stromatolitiques nombreuses sont parfaitement visibles dans un ensemble quartzo-dolomitique, massif, souvent grossièrement recristallisé. Au sein de ces massifs organiques, il s'intercale parfois des niveaux de pélites gréseuses (photo 1) dont l'aspect rappelle tantôt les S.D.S. (type psammite), tantôt les R.A.T. grises (grès fins chloriteux massifs). Des brèches récifales, parfois grossières, apparaissent dans la partie supérieure des R.S.C. de certains sondages (sondages Kab. 103 et 130).

Aux endroits où la puissance des R.S.C. s'amenuise considérablement, la dolomie stromatolitique fait place à une roche massive, très quartzreuse et riche en sulfures idiomorphes (Kab. 134) ou encore à un sable noir, riche en pyrite, très peu argileux (Kab. 114) alternant avec une pélide gréseuse micacée, massive.

#### *R.S.F.* (Roches siliceuses feuilletées)

Ce sont des dolomies quartzreuses à texture feuilletée que la recristallisation efface parfois en partie. La roche est gris-sombre, parfois noire et riche en matière carbonneuse ; elle contient le plus souvent du mica blanc d'allure détritique. Par ces caractères la roche s'apparente aux facies sud-est de l'arc cuprifère shabien. Il nous a été possible d'observer, à la base des sondages 131 et 141, un horizon très siliceux noir et d'aspect oolitique identique à celui défini à l'Étoile, au nord-ouest de Lubumbashi (J. J. Lefebvre et J. Cailteux, 1975).

#### *D.Strat.* (Dolomies stratifiées)

Dans la majorité des sondages, l'absence du lit siliceux noir à la base des R.S.F. rend difficile la localisation du contact avec les D.Strat. D'autant plus difficile que le passage de l'un à l'autre est progressif et que le sommet des D.Strat. est souvent fort enrichi en carbone, de la même manière que les R.S.F. de certains lambeaux. Seuls l'épaississement des strates, parfois insensible, et l'apparition de gros nodules chertueux noirs permettent d'être fixé sur l'identité du membre.

Quelques-uns de ces nodules contiennent une abondance de figures oolitiques grises et pisolitiques blanches (Kab. 134), très semblables macroscopiquement aux « oncolites » du Mwashya inférieur. A la base des D.Strat., la dolomie s'éclaircit très généralement, tandis qu'à proximité de son contact inférieur des figures étranges font leur apparition. Ce sont des formes effilées, chertueuses et noires, ou de très petites poches (max. 5 mm.) claires, quartzo-dolomitiques, à liséré limonitique brun rouge, à contour net en forme d'étoile écrasée, enfin de petits batonnets rectangulaires (1 à 2 mm.), brun rouge, limonitiques (photo 2).

Les quelques 5 à 20 premiers centimètres des D.Strat. sont caractéristiques du gisement de Kabolela et consistent en une brèche sédimentaire (?) à texture largement empâtée. Il s'agit, d'une dolomie claire, massive, très finement cristallisée, un peu quartzreuse et pauvre en phyllites. Les éléments dispersés sont noirs, de dimen-

sion variable (0,1 à 2 cm.) et anguleux à subarrondis. Leur masse est microcherteuse, finement ponctuée de grains cryptomorphes de dolomite (photo 2).

#### *R.A.T. grises* (Roches argilo-talqueuses)

Ce sont des roches massives grises ou gris-vert, abondamment chloriteuses et plus ou moins silteuses. Des passes dolomitiques impures peuvent s'intercaler dans cette formation (sondages Kab. 114, 128 et 133), mais le plus souvent la fraction dolomitique de ces roches paraît résulter d'une cristallisation tardive qui submerge la masse chloriteuse en plages allongées, effilochées et entre-croisées. A certains niveaux, on observe de nombreuses poches informes à recristallisation grossière de dolomite, de quartz, de leuchtenbergite en grandes gerbes et de pyrite idiomorphe. A la dolomite s'associe un mica blanc néogène en belles et longues paillettes encroustées de limonite. L'hydroxyde de fer se retrouve systématiquement en périphérie de ces poches (R.A.T. grises à géodes de chlorite ; François, 1974). C'est une association minéralogique semblable qui se forme dans de gros filons à structure en « dents de peigne » et qui recourent, nombreux, les R.A.T. grises du sondage Kab. 114. Enfin, dans le sondage 134, la partie supérieure des R.A.T. grises se charge de lits chertueux rougeâtres partiellement disloqués. Ces fins niveaux chertueux sont fréquemment envahis par la dolomite grossière riche en hydroxyde de fer, associée à du quartz de recristallisation et à de nombreuses paillettes de mica blanc (photo 3).

Un contact anormal, associé ou non à des brèches tectoniques, sépare les R.A.T. grises de roches rouges ou roses, très semblables pétrographiquement aux R.A.T. lilas, ou de dolomies et de grès tufacés verts appartenant au Mwashya inférieur du flanc sud de l'anticlinal de Kambove.

### MINÉRALISATIONS ET TRANSFORMATIONS DE LA GANGUE

#### *Kabolela nord*

C'est un ensemble de lambeaux considérés comme économiquement stériles (teneurs en cuivre inférieures à 2 %). L'étude du sondage 133 qui a fait l'objet d'une précédente note (J. J. Lefebvre, 1975-a) définit l'aspect des minéralisations sulfurées dans cette partie nord du gisement. L'observation des sondages 103 et 137 confirme l'existence d'une minéralisation pyriteuse stratiforme liée à des traces de cuivre (0,2 % Cu). Une minéralisation cuprifère, plus tardive, se présente sous la forme de chalcoppyrite surtout, associée à de la dolomie et de la dahllite en remplissage de filons. Dans ces deux sondages, le cobalt, presque inexistant, forme dans les zones cimentées de fins lisérés de carrollite autour des plages de chalcosine.

De manière générale, la recristallisation de la gangue est de loin moins importante que dans le lambeau nord-est. La magnésite est quasiment absente ; on en trouve des traces dans le C.M.N. et les S.D.B. du sondage 103. Par contre, un peu de calcite a été mise en évidence dans les R.S.C. du lambeau nord.

#### *Kabolela est*

De même que dans la partie nord du gisement, la minéralisation ne présente d'intérêt économique qu'en de rares et petites taches de cimentation. En dehors de ces zones, la minéralisation montre toujours le même aspect. On observe surtout de la pyrite, assez généralement recristallisée, à fines inclusions de chalcoppyrite et de bornite. L'ensemble est auréolé de chalcoppyrite et, dans les zones altérées, de sulfures simples de cuivre à mouchetures de sulfures de cobalt et taches d'hydroxyde

de fer. Dans la partie supérieure des R.S.C. du sondage 130, on observe, sur une faible épaisseur, un brusque enrichissement en cuivre et cobalt. Il s'agit d'une association chalcopryrite, bornite, chalcosine et carrollite qui paraît remplacer une cristallisation en pyrite grossière et idiomorphe. De très rares et fins grains de blende accompagnent cette minéralisation. Dans le sondage 131, la minéralisation en cuivre est relativement plus importante. Elle apparaît sous forme de chalcopryrite attachée à des filons à dolomite surtout, quartz et dahllite. Cette dahllite, le plus souvent finement et abondamment ponctuée de chalcopryrite, s'échappe parfois des filons pour gagner la gangue où elle forme de larges taches. De la chalcopryrite encore s'observe dans la partie supérieure des R.A.T., dans les D.Strat., les R.S.F. et les R.S.C., en auréole autour des grains de pyrite et en imprégnation denticulée le long des joints de stratification.

Il ne nous est pas apparu de calcite ou de magnésite dans la partie est du gisement de Kabolela. La dahllite, assez rare dans le sondage 130, abonde dans le 131, liée à des filons comme nous le savons déjà, mais également en très fines boulettes qui parsèment la roche des R.S.F. jusque dans la partie médiane des S.D.S.

Enfin, dans les lambeaux de R.A.T. lilas qui longent le sud-ouest du Groupe des Mines, de très nombreux filons recoupent la roche en tous sens. Ils sont à remplissage d'un mélange de kaolinite et de montmorillonite que l'on retrouve parfois associé à la chlorite de la gangue.

#### *Kabolela sud*

Ce sont d'une part, un alignement de deux lambeaux (gisement principal) apparemment en parfaite continuité avec le lambeau nord, d'autre part, plus au sud-est, une macrobrèche où se superposent sans ordre défini quelques fragments du Groupe des Mines (poche zincifère). Cet ensemble est le seul qui présente une minéralisation économiquement exploitable avec des teneurs en cuivre et cobalt sous forme sulfurée qui peuvent atteindre respectivement 45 et 10 % (sondage Kab. 128).

L'aspect général de ce gisement a des caractères qui l'opposent fondamentalement aux minéralisations cupro-cobaltifères stratiformes du Shaba. La répartition de la minéralisation tout d'abord : les autres gisements sont constitués de deux corps minéralisés situés de part et d'autre des R.S.C. quasi stériles. Ici, la minéralisation cupro-cobaltifère se concentre dans une lentille de R.S.C. et déborde quelque peu dans les R.S.F. et la partie supérieure des D.Strat. La texture de la minéralisation s'écarte de celle, conventionnelle, où les sulfures se présentent en fine dissémination avec des concentrations locales liées à des figures sédimentaires ou diagenétiques (stratification, nodules chertoux etc.) ; le minerai est ici massif et gagne, par imprégnation, une gangue abondamment recristallisée. Enfin, et ceci a été observé pour la première fois dans les gîtes cupro-cobaltifères du Shaba, le zinc est présent sous forme de blende.

#### *Gisement principal*

Dans la périphérie nord de la lentille de R.S.C., la minéralisation est très pauvre (maximum 1 % Cu) et s'apparente à celle des zones nord et est de Kabolela. Nous retrouvons une abondance de pyrite à rares et fines inclusions de chalcopryrite et de bornite, à quoi succède une chalcopryrite liée à des filons de dolomite et dahllite ou en auréole autour de la pyrite. Ce sulfure peut former localement des structures d'exsolution avec de la bornite. De la pyrrhotine et de faibles traces de millérite lui sont associées dans les D. Strat. du sondage Kab. 134 (photo 4). Une fois de plus



c'est la pyrite qui occupe les emplacements généralement réservés aux sulfures cupro-cobaltifères dans les gisements riches, tandis que la minéralisation en cuivre prend un aspect nettement secondaire.

A son tour cette chalcopyrite s'enrichit de chalcosine avec un fin liséré de sulfure de cobalt. Les R.S.C., réduites à quelques dizaines de centimètres d'épaisseur, sont massives, recristallisées et riches en carrollite en grands cristaux idiomorphes (jusqu'à 1 cm.) ponctués de fines inclusions de pyrite, chalcopyrite et de dahllite. Entre ces cristaux, la pyrite est très abondante, généralement bien recristallisée et enrobée de chalcopyrite. La recristallisation de la gangue est relativement peu importante ; toutefois, la dahllite apparaît dès les D. Strat., en fines taches disséminées dans la roche et se continue jusque dans la partie inférieure des S.D.S. La magnésite n'est visible qu'en très faibles traces dans les R.S.C., on y décèle également un peu de calcite. De la monazite idiomorphe se forme en abondance dans les S.D.B. Si la minéralisation en cuivre, liée à la masse de la roche, disparaît au niveau des S.D.2a, de la chalcosine et de la carrollite associées à de la pyrite recristallisée s'observent sporadiquement dans des filons à dolomite et chlorite qui recoupent les S.D.S. et le C.M.N.

Avec l'épaississement des R.S.C., la minéralisation devient beaucoup plus riche et se concentre à la base de l'horizon stromatolitique en débordant quelque peu sur les R.S.F. et les D. Strat. Les R.A.T. grises ne contiennent qu'une fine dissémination de pyrite. Elles sont localement recoupées (sondages Kab. 114 et 124) par de gros filons à structure en dent de peigne. Le quartz y est très abondant, en gros cristaux subidiomorphes, à allongement perpendiculaire aux épontes. Il est submergé par une quantité de dolomite grossière et quelques taches de dahllite lardée de leuchtenbergite et ponctuée de chalcopyrite. Là où la dolomite est très bien représentée, il se forme dans le filon un manchon composé de mica blanc à allongement souvent parallèle au clivage de la dolomite. Rappelons qu'il s'agit là d'un assemblage minéralogique très semblable à celui qu'on observe dans les géodes et poches de recristallisation des R.A.T. grises de la même zone. Le leucoxène détritique de la roche est remobilisé et cristallise sous forme de grosses aiguilles trapues de rutile. La minéralisation sulfurée consiste en chalcopyrite surtout. Elle accompagne parfois de la blende dont elle envahit les fractures (photo 5) ; enfin, elle est parfois totalement remplacée par l'association covelline, chalcosine, carrollite qui se met en place selon la direction préférentielle des clivages (photo 6). Parallèlement à ces filons, on observe fréquemment une ou plusieurs fines veinules remplies d'un matériel isotrope, à indice inférieur au baume de Canada et qui se transforme localement en calcédoine. Les D. Strat. sont tantôt très faiblement minéralisées (Kab. 128), elles s'apparentent alors aux zones nord et est, tantôt elles s'enrichissent en chalcopyrite et carrollite et s'identifient ainsi, par la minéralisation, aux R.S.F. du gisement principal. Ces sulfures s'orientent grossièrement sur les joints de stratification. La chalcopyrite, en plages grossières, xénomorphes et poecilites, contient de nombreux résidus et inclusions de pyrite et de carrollite.

Elle est auréolée à son tour par de la carrollite, souvent très abondante, et qui tend à épouser des formes propres. Autour des nodules appartenant aux D. Strat., c'est encore une chalcopyrite grossière qui se met en place, mais la carrollite s'y montre beaucoup plus rare.

Dans le sondage Kab. 114, ces horizons stratifiés sont recoupés par de très nombreuses veines dolomitiques à traînées de sidérite rose, à pyrite idiomorphe et à chalcopyrite. Remarquons que dans ce sondage, plus encore que dans les autres à avoir recoupé le gisement principal, une remarquable quantité de petites taches

arrondies de dahllite et de sidérite ponctuent la roche du sommet des R.A.T. grises jusqu'aux S.D.2b au moins (Fig. 4).

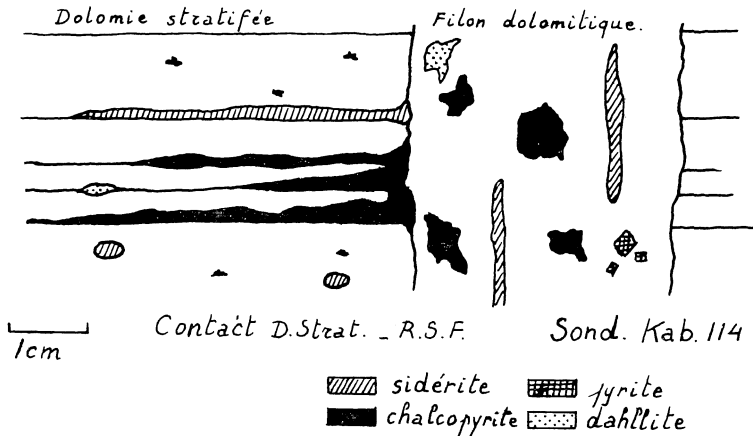


Fig. 4

La partie inférieure des R.S.C. contient une minéralisation massive formée de grosses taches de dahllite, de carrollite, bornite et chalcosine, avec des traces de pyrite, chalcopyrite et blende (photo 7). Une zonation discoïdale semble se calquer sur la lentille de R.S.C. Les D. Strat., les R.S.F. et le sommet des R.S.C. contiennent de la chalcopyrite surtout (photo 8) et d'autant plus de carrollite que l'on s'approche du cœur de la minéralisation (photo 9). A la base des R.S.C., la chalcopyrite cède la place à l'association bornite-carrollite avec, dans la partie centrale de la tache minéralisée (R.S.C. inférieures des sondages Kab. 125 et 128), une chalcosine qui remplace la bornite pour sa plus grande part. Dans les sondages Kab. 120 et 124, la minéralisation des R.S.C. ne dépasse pas le stade de l'association chalcopyrite-carrollite. En général, la minéralisation cupro-cobaltifère s'arrête à la base des S.D.1a. La pyrite y réapparaît en abondance, liée aux figures sédimentaires ou diagénétiques de la roche, parfois associée à de rares taches de chalcopyrite ou de bornite. Dans le sondage Kab 114, les S.D.B. sont également minéralisées en pyrite, bien que la chalcopyrite puis la carrollite soient encore visibles sporadiquement en auréoles autour des résidus pyriteux. Plus caractéristique est l'abondance relative de calcite dans les D. Strat., les R.S.C. et surtout les R.S.F. et plus particulièrement la quantité de filonnets qui se recoupent en tous sens au niveau des S.D.B. Ce sont des veines à quartz, dahllite, chalcopyrite (bornite et carrollite) et manchon de leuchtenbergite, sectionnés par des filonnets à chalcopyrite et sidérite jaune-beige et par de toutes fines veinules remplies de matière isotrope richement pigmentée d'une substance noire opaque, semblable au carbone. La quantité de chlorite magnésienne dans ces filons offre un contraste très net avec la roche des épontes, essentiellement micacée.

Il semble que, dans l'ordre, le quartz et la leuchtenbergite se soient d'abord mis en place, puis la dolomite associée à la dahllite et la chalcopyrite (bornite en figures de ségrégation et inclusions de carrollite informe), puis l'association chalcopyrite-sidérite et enfin le matériel isotrope qui recrystallise localement sous forme de calcédoine.

*Poche zincifère*

Il est très difficile de se rendre compte de la répartition et de l'extension de la minéralisation dans cette partie sud de Kablela. Les effets de la tectonique y ont été tels que le Groupe des Mines, complètement disloqué, forme une superposition de lambeaux dans laquelle la succession stratigraphique n'est pas toujours conservée. D'une manière générale, la minéralisation en cuivre est très faible et dépasse rarement le pourcent. Le cobalt, en traces, présente quelques maxima dans les D. Strat. (0,25 %). Le zinc se répartit entre les R.S.F. et la partie inférieure des R.S.C. avec quelques concentrations intéressantes (5 % sur une faible puissance) au niveau des R.S.F. (photo 10). La minéralisation consiste en pyrite, blende, bornite et chalcosine ou en chalcopyrite seule avec quelques plages de blende. Comme dans le gisement principal, elle est indépendante de la texture de la roche et s'accompagne d'une importante recristallisation de la gangue (quartz, dolomite et dahllite).

Dans les D. Strat. et les R.A.T. grises, la minéralisation est uniquement représentée par la pyrite, tandis que dans les veines dolomitiques qui les recoupent, on observe une abondance de chalcopyrite liée à de la dahllite, des traces de bornite et de blende. Une chalcopyrite massive extraite d'un de ces filons (R.A.T. grises du sondage Kab. 141) et dont elle formait le seul constituant a donné les teneurs suivantes (pourcentage en poids) :

S	34,70 %
Cu	32,31
Co	2,37
Fe	31,12
	<hr/>
	100,50

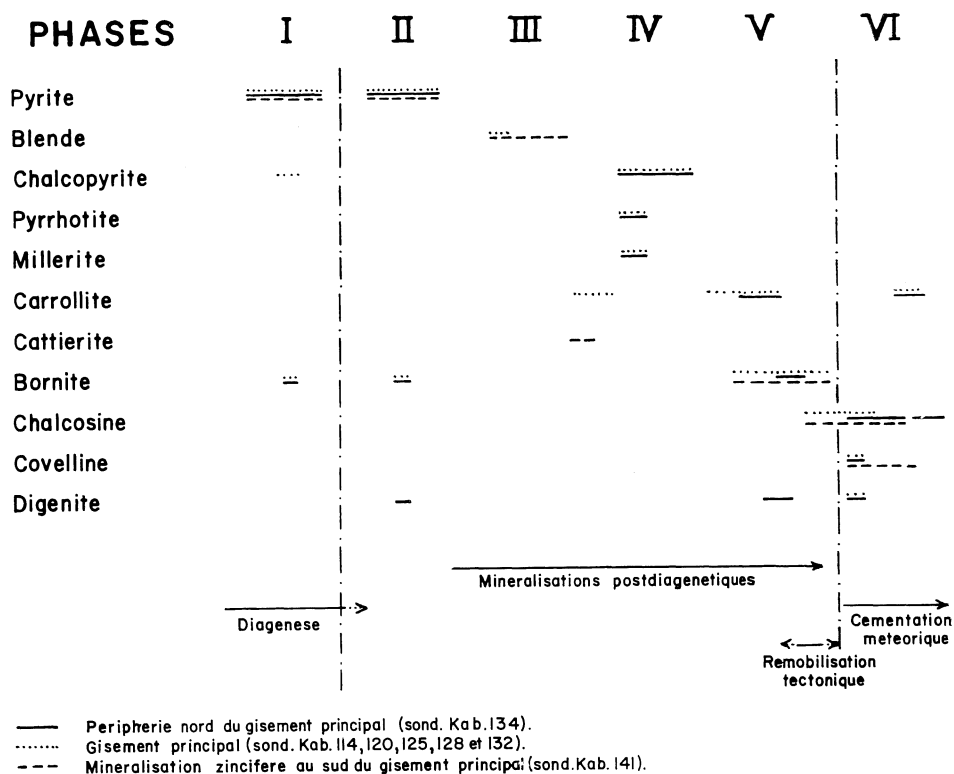
Les autres formations du Groupe des Mines représentées dans le sondage Kab. 141 sont quasiment stériles. Les R.S.C. supérieurs ne contiennent que quelques pyrites grossières, idiomorphes. Les S.D.B., riches en taches disséminées de dahllite, sont essentiellement pyriteux avec quelques rares et fines imprégnations de chalcopyrite autour des nodules. Enfin les S.D.S., également pyriteux, sont recoupés par quelques grosses veines à dolomite, dahllite, chalcopyrite et argiles du type de la dickite (photo 11) auxquelles est associé un peu de disthène.

## PARAGÈSES DE LA MINÉRALISATION SULFURÉE

*Phase I*

Cette phase est présente dans l'ensemble du gisement de Kablela. Une pyrite primaire (fine dissémination avec des concentrations parfois importantes liées aux figures sédimentaires ou diagénétiques, structure framboïdale parfois conservée) s'observe dans l'entièreté du Groupe des Mines, sauf dans les dolomies massives des R.S.C., elle est par contre fort bien représentée dans les intercalations périto-gréseuses de ce même horizon. Des inclusions de sulfures de cuivre sont fréquemment visibles dans cette pyrite (même dans des plages de dimension extrêmement restreinte, inférieure à 10 microns) à des niveaux correspondant aux corps minéralisés classiques dans les gisements riches du Shaba (la partie supérieure des R.A.T. grises, les D. Strat. et R.S.F., les lentilles détritiques dans les R.S.C. et enfin les S.D.B.).

Ces inclusions sont constituées de chalcopyrite ou de bornite ou des deux à la fois. Elles n'ont pas été observées dans le sondage Kab. 141.



### Phase II

De la pyrite idiomorphe, souvent grossière, s'observe dans la majorité des taches à recristallisation quartzo-dolomitique, dans certaines figures diagénétiques recristallisées (notamment en périphérie des nodules) et dans les R.S.C. On la retrouve souvent dans les filons dolomitiques où elle paraît s'être reconcentrée à la suite de phénomènes de sécrétion latérale. De façon moins systématique que dans la Phase I, on y trouve des inclusions de bornite surtout, et parfois de digénite.

### Phase III

De rares plages de blende sont présentes dans des filonnets quartzo-dolomitiques recoupant les R.A.T. grises du gisement principal et également dans les R.S.C., sous forme de rares gouttelettes emprisonnées dans les grandes plages de dolomite. La blende est abondante dans le sondage 141 au contact entre les R.S.C. et les R.S.F. et dans de très nombreux filonnets quartzo-dolomitiques qui rayonnent autour de cet amas zincifère. Elle semble postérieure à la pyrite et est remplacée à son tour par la bornite et la chalcosine (photos 12, 13 et 14). Elle ne contient pas de traces élémentaires de cadmium, gallium et germanium comme c'est le cas à Kipushi (M. M. Intiomale-R. Oosterbosch ; 1974) ; par contre d'infimes traces d'arsenic et de bismuth paraissent lui être associées. Le plomb, analysé sur l'ensemble du sondage Kab. 141, oscille entre 10 et 45 ppm. Le rapport Pb/Zn varie entre 0,0002 et 0,08 ; aux zones les plus riches en zinc correspondent généralement les teneurs les plus faibles en plomb.

*Phase IV*

La chalcopyrite qui forme le constituant principal de cette phase, est liée à des filons dolomitiques à dahllite. Ceux-ci recourent l'entière du Groupe des Mines, des R.A.T. grises au C.M.N. La chalcopyrite s'échappe de ces chenaux pour imprégner la roche de façon massive aux épontes (Fig. 4) et le plus souvent, pour diffuser dans la roche et auréoler la pyrite préexistante ou la remplacer complètement (photo 15). Les rares fois où elle a été observée en présence de blende, elle lui paraît nettement postérieure.

De très faibles traces de millérite et de pyrrhotine ont été reconnues en association étroite avec la chalcopyrite (D. Strat. de Kab. 134 et R.S.F. de Kab. 128). Il est apparu à de très nombreuses reprises des phénomènes de remplacement d'une carrollite, généralement xénomorphe, par de la chalcopyrite (photo 16). La carrollite, elle-même, se substitue à la pyrite des première et deuxième phases. Cet épisode cobaltifère n'a été observé que dans le gisement principal où il affecte principalement les R.S.F. (Kab. 114, 120, 128 etc.).

Dans la poche zincifère, on observe en un seul endroit (R.S.C. supérieures du sondage Kab. 141) une association pyrite-sulfure de cobalt (photo 17). Ce sulfure contient de très rares et fines inclusions de blende ; il présente des teintes légèrement plus roses que la carrollite et des tests microchimiques ont révélé la présence d'un peu de nickel et des traces de cuivre. Il s'agit vraisemblablement d'une cattière assez semblable à celle observée à Shinkolobwe (J. J. Derriks-J. F. Vaes, 1955).

*Phase V*

Cette phase qui correspond aux minéralisations en cuivre et cobalt les plus riches, est formée de carrollite, bornite et chalcosine.

Dans les R.S.C. du sondage 134, de gros cristaux idiomorphes de carrollite se surimposent à la pyrite et la chalcopyrite. Dans les R.S.F., de même que dans la partie supérieure des R.S.C. du gisement principal, une carrollite idiomorphe auréole ou se substitue à une chalcopyrite à îlots de carrollite. Ce sulfure de cobalt de deuxième venue n'a pas été observé dans la poche zincifère, ni dans les zones nord et est de Kbolela. (À l'exception d'une faible épaisseur dans les R.S.C. supérieures du sondage Kab. 130). En se rapprochant de la base des R.S.C., toujours dans le gisement principal, la carrollite se fait plus abondante, tandis que, progressivement, la chalcopyrite cède la place à la bornite (sondages Kab. 125, 132 ; photo 18). Enfin, au cœur de la minéralisation, la chalcosine, associée à un peu de digénite, remplace la bornite. Dans le sondage 128, une brèche à éléments de Dipeta, R.A.T. lilas et peut-être R.A.T. grises, recoupe les R.S.C. Les dolomies des épontes arborent des teneurs exceptionnelles, tandis que la brèche est absolument stérile. Ce phénomène résulte d'une remobilisation de la minéralisation en direction de la fracture, par sécrétion latérale, et concentration en bordure du matériau bréchié, imperméable. Il est fréquent au Shaba et connaît notamment une belle illustration dans le gisement de Kambove. Aux épontes de cette brèche, on observe une minéralisation de substitution à grandes plages de carrollite, bornite et chalcosine, à contacts mutuels et contenant des îlots et inclusions de l'un ou l'autre de ces deux premiers minéraux (Fig. 5).

Dans la poche zincifère, la carrollite est absente tandis que la bornite et la chalcosine, avec un même facies que dans le gisement principal, submergent la blende.

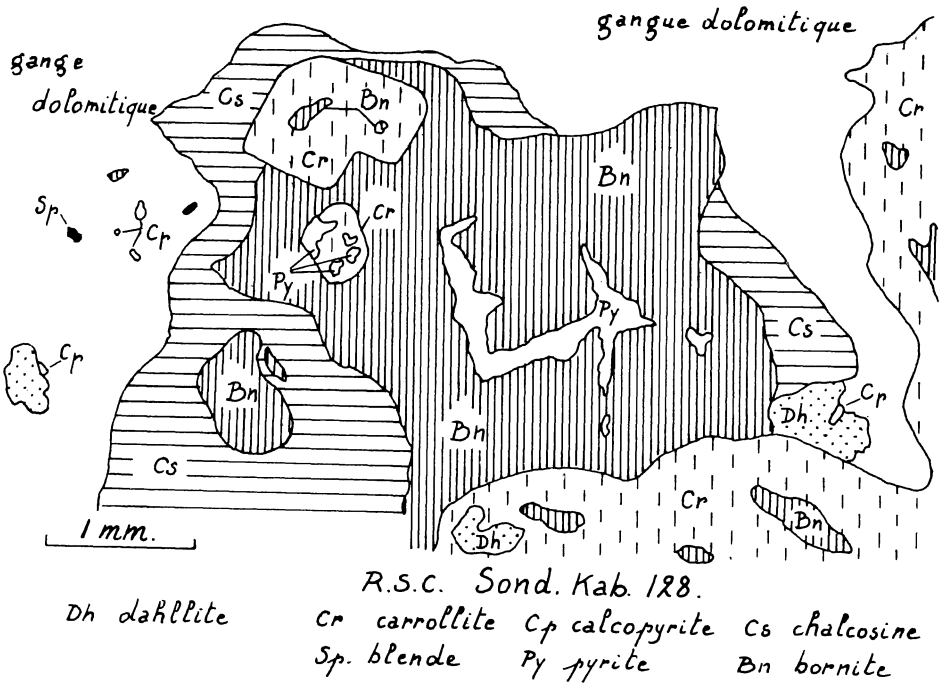


Fig. 5

## Phase VI

Elle semble pouvoir être liée essentiellement à des phénomènes de céméntation. Elle est très apparente dans les zones nord et est de Kabolela (R.S.F. et D. Strat.) où chalcoppyrite et bornite se transforment, en périphérie, en covelline normale et « blaubleibender » covelline associées à de la digénite et de la chalcosine. En de rares endroits, un peu d'idaïte s'intercale dans le processus d'altération de la bornite. Quelle que soit la zone étudiée à Kabolela, la céméntation dans les R.A.T. grises présente un aspect assez constant. Une étroite auréole de chalcosine enserre les fins grains de pyrite avec, en bordure extérieure, un mince liséré de sulfure de cobalt. Les R.S.F. et les D. Strat. du gisement principal contiennent quelques plages de chalcoppyrite qui s'entourent d'une auréole assez complexe où se succèdent digénite et « blaubleibender » covelline en très fines taches dans de la chalcosine, un fin liséré de carrollite, enfin de la chalcosine à nouveau. Ce phénomène d'enrichissement météorique où s'intercale un épisode cobaltifère est également bien représenté dans d'autres gisements du Groupe des Mines tels Fungurume (R. Oosterbosch, 1951) et Dikuluwe-Mashamba, riche et assez altéré (J. J. Lefebvre, 1974-a) ou encore au niveau du Mwashya inférieur (J. J. Lefebvre, 1974-b).

D'autres analogies entre les paragenèses de Kabolela et celles de différents gisements du Shaba peuvent également être relevées. La phase I a été mise en évidence dans le Mwashya inférieur de Shituru où elle a été définie comme vraisemblablement volcano-sédimentaire. Des enrichissements ultérieurs, à chimisme cupro-cobaltifère, conféraient à ce gisement un aspect très semblable à celui du Groupe des Mines. Les phases II et IV présentent quelques parentés avec les minéralisations de Shinkolobwe, au moins en ce qui regarde le cortège des minéraux sulfurés

(J. J. Derriks, J. F. Vaes; 1955). Comme à Shinkolobwe et contrairement aux gisements cupro-cobaltifères classiques, la proportion relative de cuivre et de cobalt à Kabolela tend localement à s'inverser. Le molybdène et le nickel sont présents; ils se concrétisent par l'apparition de traces de millérite en association avec la chalcopryrite et celle d'oligo-éléments dans la carrollite et dans une cattierite probable. Rappelons au passage que quelques cristaux de blende ont été observés dans une veine de calcite recoupant le C.M.N. de Shinkolobwe (J. J. Derriks, R. Oosterbosch, 1958).

La phase V a été observée dans le détail à Kamoto (P. Bartholomé; 1962) où l'on insiste sur l'enrichissement successif en cuivre des associations minérales et ce dans un milieu non encore consolidé (P. Bartholomé et al.; 1972). Cette dernière remarque ne s'accorde toutefois pas avec la minéralisation nettement plus massive de Kabolela où les phénomènes de remplacement sont le plus souvent liés à des recristallisations importantes de la gangue.

#### RECRISTALLISATION DE LA GANGUE

Par rapport à l'étude du sondage Kab. 133 (J. J. Lefebvre; 1975-a), quelques faits nouveaux viennent compléter et, aussi, compliquer les processus de recristallisation de la gangue. Les phénomènes que dans une note précédente nous considérons diagénétiques (chertification, cristallisation initiale de la pyrite, accroissement de la tourmaline détritique) se retrouvent, bien que souvent effacés dans les zones d'intense minéralisation sulfurée.

La magnésite dont nous mettons en doute l'origine diagénétique disparaît presque totalement du reste du gisement. Par contre, c'est une calcite, inconnue dans les autres gisements cupro-cobaltifères du Shaba, qui fait son apparition en quantité relativement abondante. Elle est diffuse dans les D. Strat., les R.S.F. et les R.S.C., du gisement principal. Sans certitude absolue, nous pensons à une relation possible entre ce carbonate et l'apparition du zinc.

La répartition de la chlorite magnésienne dans les différents sondages de Kabolela est extrêmement variable (Fig. 6) et, contrairement à l'écaïlle nord-est, la leuchtenbergite est en beaucoup moins grande quantité. Les R.A.T. grises, réputées essentiellement chloriteuses, sont même parfois abondamment micacées (sondage Kab. 130).

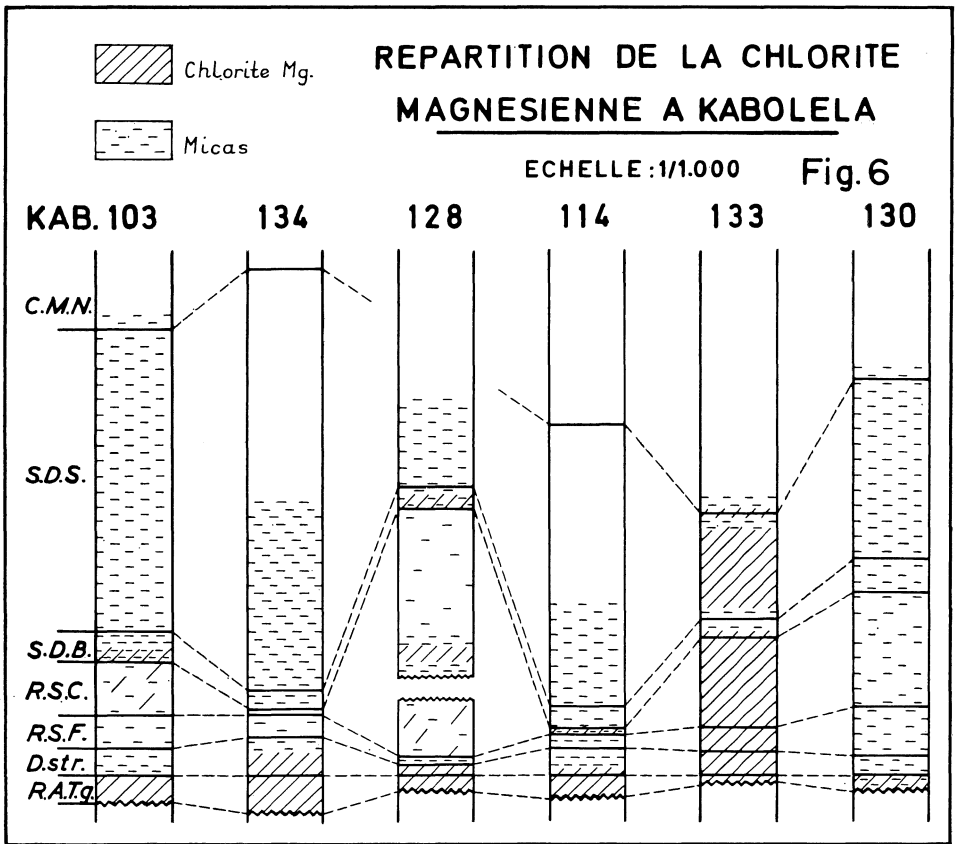
A cette chloritisation, généralement associée à un apport important de quartz, succède une dolomitisation grossière qu'accompagnent la chalcopryrite et la dahllite. Dans le sondage Kab. 114, elle se complique d'un apport parfois important de sidérite. En périphérie de la lentille stromatolitique du gisement principal, un mica blanc néogène s'ajoute à l'association déjà complexe (R.A.T. grises des sondages Kab. 134, 127 et 114).

Enfin, des filons à remplissage de kaolinite recoupent en quantité les R.A.T. lilas là où les sondages les ont traversées. Dans les S.D.S. du sondage 141, un filon à kaolinite contient un peu de disthène.

#### RELATIONS ENTRE LA TECTONIQUE ET LA MINÉRALISATION

La fracturation du Groupe des Mines à Kabolela appartient au moins à deux phases chronologiquement distinctes.

Une première phase est responsable de la fissuration générale de ce groupe.



Cette fissuration affecte préférentiellement le C.M.N. et la partie supérieure des S.D.S. d'une part, la partie inférieure des R.A.T. grises d'autre part. Elle paraît, de ce fait, préparer la désolidarisation du Roan médian par rapport aux groupes encaissants. C'est par elle que la minéralisation post-diagénétique pénètre jusqu'au cœur du Groupe des Mines. Ultérieurement, une tectonique de plus grande amplitude provoque la rupture et une bréchification profonde des bancs au sommet du C.M.N. et sous les R.A.T. grises. Les éléments du Groupe des Mines s'individualisent et s'entourent complètement de brèches dont l'aspect est très généralement conglomératique aux abords des lambeaux. Ces brèches sont toujours et absolument vierges de toute minéralisation Cu-Co sulfurée. Elles rompent de manière très nette la continuité des filons à argiles des R.A.T. lilas et des veines dolomitiques à la base des R.A.T. grises et au sommet du C.M.N. Elles induisent également une migration à courte distance de la minéralisation en place dans les R.S.C. (sondage Kab. 128).

Ces observations confirment les travaux de G. Demesmaeker, A. François et R. Oosterbosch (1962), selon lesquels la minéralisation s'est mise en place avant les paroxysmes tectoniques (âge Kundelungu supérieur). Toutefois, une partie de la minéralisation à Kabolela est liée à un faisceau de fissures qui précède ces événements. Nous pensons pouvoir attribuer à cette phase précoce de la tectonique un



âge Mwashya. Cette phase lomamienne (L. Cahen; 1974) correspond à des mouvements responsables de l'apparition d'une discordance angulaire au sommet du groupe de la Kitondwe (équivalent probable du Mwashya inférieur) au nord du golfe katangien (P. Dumont; 1971), de l'érosion locale du Roan dans le sud et dont les éléments sont repris dans le K.i.11 (\*) (L. Cahen; 1974), d'un paroxysme volcanique et de la mise en place d'un grand nombre de sills basiques dans la Copperbelt et dans le sud-est du Shaba. Rappelons qu'il existe une minéralisation cuprifère, volcano-détritique, liée au volcanisme du Mwashya inférieur (J. J. Lefebvre; 1974-b) et une minéralisation cupro-cobaltifère, pyrométasomatique, liée au sills basiques en place dans la Dipeta (J. J. Lefebvre; 1975-b). Ce schéma expliquerait la convergence qui existe entre les gisements du Mwashya inférieur et ceux du groupe des Mines (J. J. Lefebvre; 1974-b).

L'un et l'autre possèdent une minéralisation, essentiellement cuprifère et généralement assez pauvre, intimement liée à des roches effusives basiques. Plus on s'éloigne de la zone d'activité volcanique (vraisemblablement le nord-est de l'arc cuprifère shabien), plus la minéralisation prend un aspect syndiagénétique. Enfin, une minéralisation cupro-cobaltifère (et zincifère?), à caractère épigénétique cette fois, pourrait être mise en relation avec les manifestations hypovolcaniques contemporaines des dépôts du Mwashya. La minéralisation à Koboleta correspondrait à un type de gisement shabien où la phase épigénétique serait prépondérante en regard de celles, syn-diagénétique ou volcano-détritique, qui la précède. Cette relative importance de la minéralisation tardive conférerait au gîte de Koboleta, et en apparence seulement, une physionomie originale.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions M. A. François, Directeur du Département géologique de la Gécamines, qui a rendu possible la réalisation de cette étude ainsi que M. M. J. Cailteux et M. A. Massart qui nous ont efficacement secondé durant la campagne de sondage et M. T. Verbeek qui a bien voulu lire et discuter l'ouvrage.

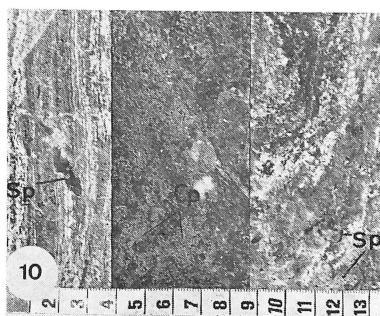
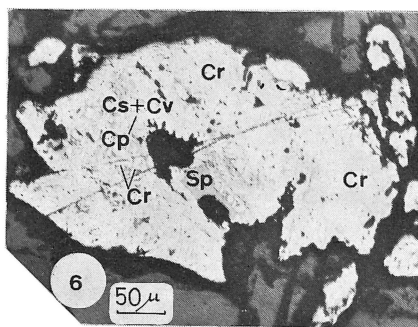
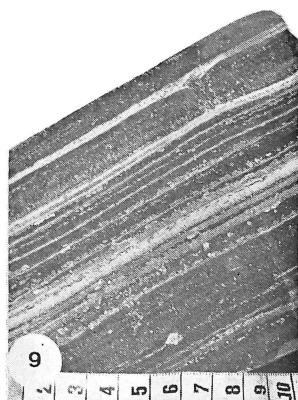
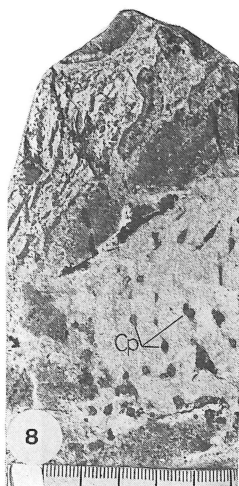
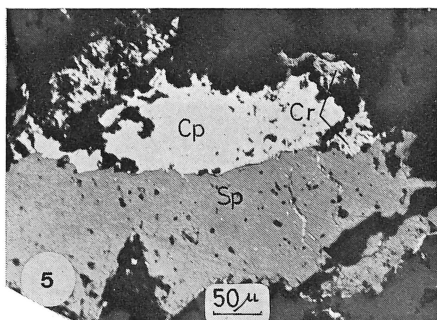
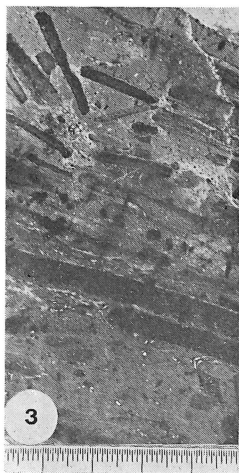
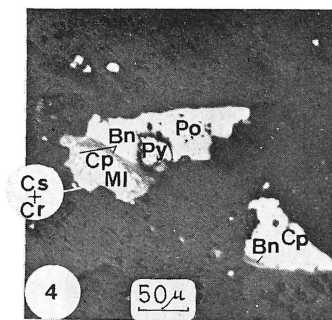
Nous remercions également M. M. A. Vandiest, A. Fosset et J. Opdebeeck qui nous ont grandement aidé dans la réalisation des figures et des planches photographiques.

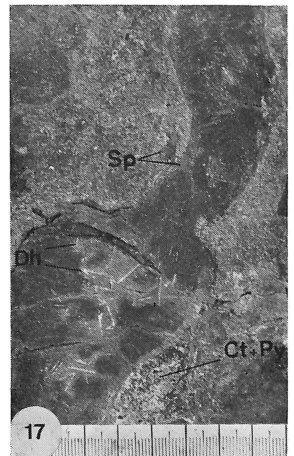
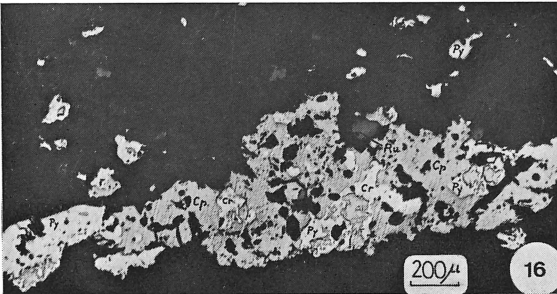
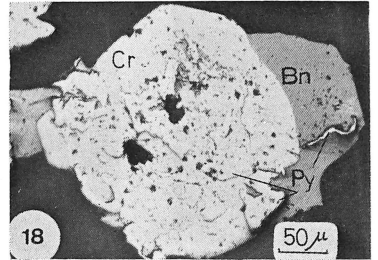
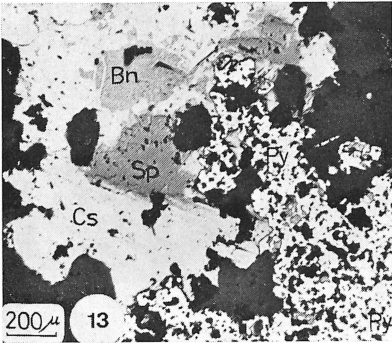
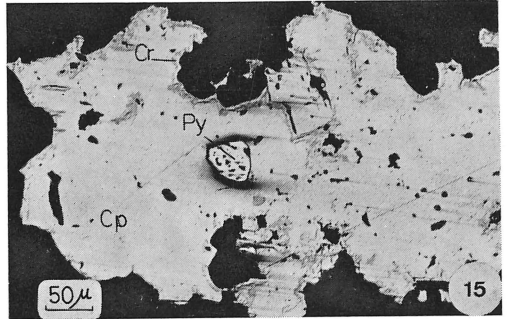
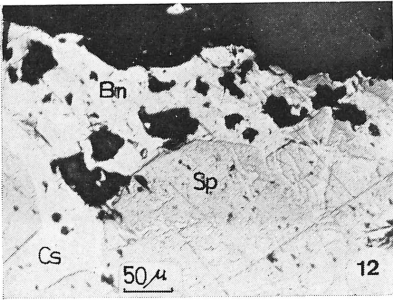
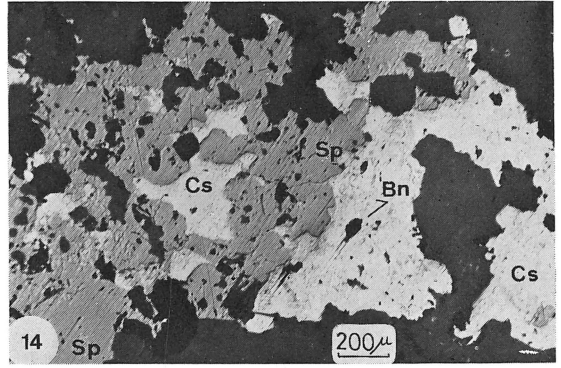
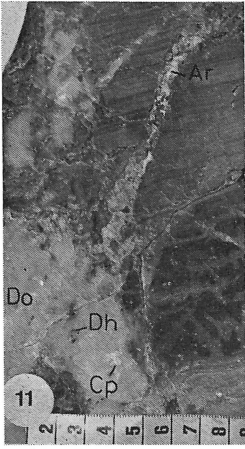
(*Union Minière — Bruxelles*)

(\*) Diamictite à la base du Kundelungu inférieur.

## LÉGENDE DES PHOTOGRAPHIES

1. Sond. Kab. 114. Pépite massive gréseuse et micacée correspondant aux intercalations pélitiques dans les R.S.C. La roche est recoupée en tous sens par d'abondants filonnets chlorito-quartzueux riches en pyrite et chalcopryrite.
2. Sond. Kab. 134. Contact D. Strat. — R.A.T. grises. La partie inférieure des D. Strat. est formée d'un « conglomérat » au-dessus duquel apparaissent de nombreuses figures indéterminées.
3. Sond. Kab. 134. R.A.T. grises à fins lits siliceux rougeâtres, disloqués.
4. Sond. Kab. 134. D. Strat, nodulaires. Roche à fine dissémination de pyrite contenant de petites inclusions de bornite (Bn). En périphérie des nodules, recristallisation de pyrite enrobée de chalcopryrite (Cp) légèrement cimentée, de millérite (MI) et de pyrrotine (Po). (Cs, chalcosine; Cr, carrollite). Lumière réfléchie.
5. Sond. Kab. 114. Filon dolomitique dans les R.A.T. grises (Sp, blende; Cp, chalcopryrite; Cr, carrollite). Lumière réfléchie.
6. Sond. Kab. 124. Filon dolomitique dans les R.A.T. grises (Sp, blende; Cp, chalcopryrite; Cr, carrollite; Cs, chalcosine; Cv, covelline). Lumière réfléchie.
7. Sond. Kab. 128. R.S.C. profondément recristallisées. Abondante minéralisation d'imprégnation formée de bornite et de chalcosine (gris) et de carrollite (blanc). La gangue est gris sombre. Cu : 43.90 % — Co : 9.10 % — Zn : 0.19 % — Ni : 7 ppm.
8. Sond. Kab. 128. R.S.C. stromatolitiques, recristallisées. Minéralisation sous forme de chalcopryrite insérée dans la texture du fossile.
9. Sond. Kab. 120. R.S.F. à riche minéralisation en carrollite et chalcopryrite plus ou moins orientée sur le feuilletage de la roche.
10. Sond. Kab. 141. A gauche, R.S.F. recristallisées à veines de quartz, dolomite et blende; au centre et à droite, R.S.F. très fortement recristallisées avec perte de la texture initiale, respectivement à abondante minéralisation en chalcopryrite et en blende.
11. Sond. Kab. 141. S.D.S. fracturés, à vaines de dolomite, chalcopryrite et dahllite; une cassure contient une argile blanche à traces de disthène (Do), dolomite; Dh, dahllite; Cp, chalcopryrite; Ar, argiles blanches).
12. Sond. Kab. 141. R.S.F. Structure en îlots d'une blende idiomorphe dans un mélange de bornite et de chalcosine. Lumière réfléchie.
13. Sond. Kab. 141. R.S.C. Association blende (Sp) bornite (Bn) chalcosine (Cs) et pyrite (Py). Lumière réfléchie.
14. Sond. Kab. 141. R.S.F. Association blende, bornite et chalcosine. Lumière réfléchie.
15. Sond. Kab. 128. D. Strat. Pyrite résiduelle, enrobée de chalcopryrite à fin liséré de carrollite. Lumière réfléchie.
16. Sond. Kab. 114. S.D.B. Chalcopryrite (Cp) à inclusions de carrollite (Cr) et de Pyrite (Py) associée à quelques grains de rutilé (Ru). Lumière réfléchie.
17. Sond. Kab. 114. R.S.C. massives, stromatolitiques assez bien recristallisées; fines aiguilles de dahllite (Dh), taches de blende (Sp) et association cattière-pyrite (Ct — Py).
18. Sond. Kab. 125. R.S.C. pyrite digérée par une carrollite subidiomorphe enrobée de bornite. Lumière réfléchie.





## BIBLIOGRAPHIE

- BARTHOLOMÉ, P., 1962. — Les minerais cupro-cobaltifères de Kamoto (Katanga ouest); I Pétrographie; II Paragenèse. *Studia Universitatis « Lovanium »*, Faculté des Sciences (Kinshasa), No. 14, p. 40.
- BARTHOLOMÉ, P. *et al.*, 1972. — Diagenetic ore forming process at Kamoto, (Republic of Zaïre). In : G. C. Amstutz and A. J. Bernard, ed., *Ores in Sediments*, p. 21-42. Springer-Verlag Berlin.
- CAHEN, L., 1974. — Geological background to the copperbearing strata of southern Shaba (Zaïre). *Cent. Soc. Géol. de Belgique — Gisements stratiformes et Provinces cuprifères*, Liège, 1974, p. 57-77.
- DEMESMAEKER, G., FRANÇOIS, A. et OOSTERBOSCH, R., 1962. — La tectonique des gisements cuprifères stratiformes du Katanga. *Gisements stratiformes de cuivre en Afrique*, 2<sup>e</sup> partie, éd. par J. Lombard et P. Nicolini. A.S.G.A. Paris 1963, p. 47-115.
- DERRIKS, J. J., VAES, J. F., 1955. — Le gîte d'uranium de Shinkolobwe; état actuel des connaissances au point de vue géologique et métallogénique. *Conf. Int. « Utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques »*, Vol. VI, Géol. U et TH., N.U. Genève 1956.
- DERRIKS, J. J., OOSTERBOSCH, R., 1958. — Les gisements de Swambo et Kalongwe comparés à Shinkolobwe : contribution à l'étude de l'uranium katangais. *Proceeding of the 2th Int. Conf. « Utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques »*. Vol. II, N.U. Genève, 1958.
- DUMONT, P., 1971. — Revision générale du Katanguien. Le plateau des Bianco; les phases précoces de l'orogénèse katanguienne. Thèse inédite.
- FRANÇOIS, A., 1974. — Stratigraphie, tectonique et minéralisations dans l'arc cuprifère du Shaba (République du Zaïre). *Cent. Soc. Géol. de Belgique, Gisements stratiformes et Provinces cuprifères*; Liège, 1974, p. 79-101.
- INTIOMALE, M. M., OOSTERBOSCH, R., 1974. — Géologie et géochimie du gisement de Kipushi, Zaïre. *Cent. Soc. Géol. de Belgique, Gisements stratiformes et provinces cuprifères*; Liège, 1974, p. 123-164.
- LEFEBVRE, J. J., 1974a. — Minéralisation et stratigraphie du gisement de Dikuluwe-Mashamba (Kolwezi). Rapport non publié.
- LEFEBVRE, J. J., 1974b. — Minéralisations cupro-cobaltifères associées aux horizons pyroclastiques situés dans le Faisceau supérieur de la Série de Roan, à Shituru, Shaba, Zaïre. *Cent. Soc. Géol. de Belgique, Gisements stratiformes et Provinces cuprifères*; Liège, 1974, p. 103-122.
- LEFEBVRE, J. J., CAILTEUX, J., 1975. — Volcanisme et minéralisations diagénétiques dans le gisement de l'Étoile, Shaba, Zaïre. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, en impression.
- LEFEBVRE, J. J., 1975a. — Phénomènes post-diagénétiques dans l'écaïlle nord-est du gisement de Kabolela, Shaba, Zaïre. *Bull. Soc. belge de Géol.*, en impression.
- LEFEBVRE, J. J., 1975b. — Les roches ignées dans le katangien du Shaba (Zaïre). Le district du cuivre. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, en impression.
- OOSTERBOSCH, R., 1951. — Copper mineralization in the Fungurume region, Katanga. *Econ. Geol.*, 46, p. 121-148.

