

Institut Royal Colonial Belge

SECTION DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires. — Collection in-4°. — Tome II,
fascicule 1

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING DER NATUUR- EN GENEESKUNDIGE
WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling in-4°.
T. II, aflevering 1

LE

GITE D'URANIUM

DE

SHINKOLOBWE-KASOLO

(KATANGA)

PAR

J. THOREAU

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

ET

R. du TRIEU de TERDONCK

GÉOLOGUE EN CHEF
A L'UNION MINIÈRE DU HAUT-KATANGA.



BRUXELLES

Librairie Falk fils,

GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,
22, Rue des Paroissiens, 22.

—
1933

LE
GITE D'URANIUM
DE
SHINKOLOBWE-KASOLO
(KATANGA)

PAR

J. THOREAU

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

ET

R. du TRIEU de TERDONCK

GÉOLOGUE EN CHEF
A L'UNION MINIÈRE DU HAUT-KATANGA.



Mémoire présenté à la séance du 21 mai 1932.

LE
GITE D'URANIUM
DE
SHINKOLOBWE-KASOLO
(KATANGA)

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE ET GÉNÉRALITÉS.

Les mines de cuivre du groupe de Shinkolobwe ont été signalées dès 1902 par les premiers prospecteurs de la Tanganyika Concessions Ltd. La piste qui joignait Kambove, centre d'activité de cette Société au Congo belge, à Kansanshi, sa base de Rhodésie, passait au voisinage immédiat.

Ces gîtes de cuivre ont été exploités par les indigènes jusqu'à une époque qui ne doit pas être bien reculée, car il y existait encore en 1921 des fours à cuivre en argile, relativement bien conservés.

En comparaison des grands gisements cuprifères du Katanga, tels Kambove, Luishia, etc., l'importance apparente des mines de Shinkolobwe étant insignifiante, aucun travail de développement n'y fut effectué antérieurement à 1921.

Le gîte d'uranium a été découvert en 1915 par le major Sharp, au cours de travaux topographiques ayant pour but la délimitation du bloc minier et comportant donc un examen sommaire des possibilités de minéralisation. Alors qu'il examinait une crête assez insignifiante, présentant les caractéristiques générales des affleurements cuprifères silicifiés, son attention fut attirée en un endroit par quelques minuscules fragments de minerai jaune. Des tranchées creusées immédiatement mirent à nu le

mineraï en place. Les analyses confirmèrent que l'on avait affaire à l'uranium.

Mais ce n'est qu'en 1921 qu'il fut possible de commencer la reconnaissance systématique et la mise en valeur du gîte.

Le gisement se trouve situé à 15 km. au Sud de la grande mine de cuivre de Kambove, sur la ligne de partage des eaux du bassin de la Mura et de celui de la Panda (voir planche XII). Il y a là, dans une zone à relief assez heurté, toute une série d'affleurements de roches silicifiées, qui donnent à la région le facies typique des zones minéralisées de cette partie du Katanga. Le gîte d'urane se trouve dans l'affleurement le plus occidental du groupe.

Les travaux d'exploitation ayant actuellement bouleversé l'affleurement et ses environs, nous le décrirons tel que l'un de nous l'a vu au cours d'une visite effectuée en 1917 :

« Une clairière herbeuse, au milieu de la savane boisée. Occupant la partie médiane de la clairière, une crête rocheuse qui s'élève à une dizaine de mètres au-dessus du terrain environnant et s'étend sur une longueur de 200 mètres. L'affleurement rocheux est couvert en partie par cette végétation arbustive un peu spéciale que l'on trouve sur tous les gîtes de cuivre. Elle forme un fourré touffu à l'extrémité orientale et en contre-bas de l'affleurement.

» Il y a absence totale de travaux indigènes, ce qui s'explique par la pauvreté en cuivre de l'affleurement. Les noirs ne connaissaient pas le mineraï d'urane et ne lui attribuaient certainement aucune vertu spéciale, ni aucun usage, sinon ils n'eussent pas manqué d'y entamer des travaux comme ils l'avaient fait sur les affleurements cuprifères situés à peu de distance de là. »

En résumé, rien ne distinguait Shinkolobwe d'un « outcrop » typique de gisement de cuivre au Katanga. Aucune influence spéciale sur la végétation. Au milieu du fourré dont nous avons parlé plus haut et recouverte seulement par quelques centimètres de sol, se trouvait, comme l'ont montré les recherches ultérieures, une masse de pechblende de plusieurs tonnes. Rien ne permettait d'en soupçonner la présence.

A l'époque où nous avons visité le gîte, les seuls indices d'une inter-

vention humaine étaient deux petites tranchées creusées deux ans auparavant par le major Sharp, lors de la découverte. Ces tranchées montraient une minéralisation superbe exposant un filon tout à fait caractéristique avec ses altérations zonées multicolores.

Des spécimens de minéraux, prélevés lors de cette visite, se trouvent conservés au Musée minéralogique de l'Université de Louvain.

La prospection détaillée, actuellement en cours, s'est faite principalement par puits et galeries. Quelques sondages ont été exécutés. Mais il est aisément de se rendre compte que dans le cas d'une minéralisation aussi sporadique que celle à laquelle on a affaire ici, les résultats fournis par les sondages sont d'ordre indicatif. Ils donnent surtout des renseignements au point de vue géologique. La recherche et l'estimation des filons ne peuvent se faire que par un réseau très serré de travaux souterrains.

Pour répondre à certaines craintes qui se sont manifestées concernant la perte possible de documents uniques, à Shinkolobwe, par défaut d'observations, il nous suffira de dire que des géologues qualifiés sont attachés à ces travaux. Les spécimens minéralogiques présentant un intérêt spécial sont conservés au Musée de Jadotville. Aucune excavation nouvelle n'est ouverte sans qu'un levé systématique en soit exécuté.

Si ces travaux n'ont pas fait l'objet de publications jusqu'à ce jour, c'est qu'il a été estimé qu'avant d'émettre des considérations sur le gîte il fallait posséder un minimum d'informations. Même à l'heure actuelle, les données recueillies résultent presque uniquement d'observations faites dans la zone d'oxydation.

CHAPITRE II

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES DE LA ZONE MINÉRALISÉE.

Le gîte d'uranium n'est qu'une des manifestations de la minéralisation très disséminée et variée du bloc de Shinkolobwe.

Ce bloc se trouve dans une région où l'on observe un brusque changement d'allure dans le faisceau de plis du Katanga (¹). C'est dans ce fait que devra être cherchée l'explication des complications tectoniques

(¹) Voir *Carte géologique du Katanga*, par M. ROBERT, Bruxelles, 1931.

spéciales, qui apparaissent d'ailleurs comme l'une des causes de la minéralisation.

Il couvre une zone allongée Est-Ouest peu étendue, dans laquelle on voit apparaître, au milieu des formations schisteuses du Kundelungu et séparées d'elles par des brèches, les formations carbonatées de la série des Mines, qui appartient elle-même au système schisto-dolomitique. Aucune roche intrusive n'y a été signalée.

Cette zone présente l'allure complexe de la plupart des anticlinaux de la zone cuprifère du Katanga (pl. XIII et XIV). Ici le contact des couches du Kundelungu avec les couches plus anciennes est partout abnormal. Non seulement il y a discordance tectonique, mais des contacts s'établissent entre couches qui, stratigraphiquement, sont séparées par un intervalle que l'on peut évaluer à au moins 2,000 mètres, même en tenant compte de l'incertitude qui règne encore sur la position absolue de la série des Mines.

De plus, on constate une grande différence d'allure entre le noyau anticinal et son pourtour; tandis que dans les couches du Kundelungu, essentiellement schisteuses, les allures sont régulières, les couches de la série des Mines, à niveaux calcaires très développés, sont violemment disloquées, se présentant sans aucune continuité et montrant des brèches de friction. Les choses se passent comme si le noyau anticinal avait été broyé.

Nous trouvons en somme à Shinkolobwe l'exagération d'une tectonique qui existe au voisinage de nombreux gîtes de cuivre. La différence essentielle consiste en ce qu'ici n'apparaissent, sur le pourtour du massif de couches anciennes, que des horizons assez élevés du Kundelungu, alors que dans les anticlinaux failles cuprifères, un des flancs montre généralement le grand conglomérat du Kundelungu et les couches sous-jacentes de la série de Moashia.

Nous avons donc également ici un massif ancien allongé dans la direction générale des plissements et limité par deux grandes failles longitudinales.

L'accident qui, au Nord, sépare les couches anciennes de celles du Kundelungu passe par le gisement d'urane. Son inclinaison est au Nord. Il a un tracé peu accidenté.

L'accident formant la limite Sud présente, par contre, un tracé des plus tourmenté, surtout dans la partie orientale du bloc et paraît avoir dans l'ensemble une inclinaison au Sud assez faible. Dans cette région on voit, en A B C D, du Kundelungu entouré presque entièrement par des formations anciennes. Il est d'ailleurs intéressant de noter que la bande de petit congolomérat qui s'y trouve montre la même incurvation que la faille.

Quel que soit le mécanisme qui a provoqué l'apparition des couches anciennes au milieu du Kundelungu, il semble qu'il faille admettre l'existence d'un mouvement longitudinal connexe qui aurait provoqué le reploiement de la faille Sud et la dislocation des couches peu plastiques de la série des Mines.

Un mouvement analogue a produit au gisement de Kambove des reploiemnts de failles atteignant une ampleur et une complexité très grandes. Ce phénomène a été signalé à d'autres endroits encore. La cause doit vraisemblablement en être cherchée dans l'allure arquée du faisceau de plis du Katanga.

Ces dislocations ont permis aux venues métallisantes de profondeur de se manifester. En plus de l'urane, nous trouvons dans le bloc de Shinkolobwe du cuivre, du cobalt, du nickel, du vanadium, du fer et des métaux précieux. Toutes ces minéralisations se localisent dans le noyau anticinal. Par contre, les couches du Kundelungu environnant, peu dérangées, sont stériles.

Le gîte d'urane se trouve situé à l'extrême occidentale du bloc dans une zone dénuée d'affleurements.

Le plan du niveau de 57 mètres, annexé à ce travail (pl. XV), permettra de se rendre compte de l'allure générale du gisement.

L'ensemble des formations est orienté Est-Ouest; le pendage est au Nord (pl. XVI). Deux groupes de couches se distinguent :

1° Des schistes argileux rouges, qui appartiennent aux formations du Kundelungu et dont la position stratigraphique est précisée par la présence d'une couche à cailloux ayant les caractères du petit congolomérat;

2° Des couches dolomitiques, que leurs caractéristiques lithologiques et leur groupement permettent d'attribuer de façon certaine à la série des Mines du système schisto-dolomitique.

Il y a de grandes failles longitudinales :

1° L'accident principal est celui qui met en contact les couches du Kundelungu avec la série des Mines. Cette faille est le prolongement occidental de la grande faille que l'on peut suivre au pourtour du bloc de Shinkolobwe et qui, partout au Nord, sépare du Kundelungu les formations anciennes.

Au droit du gisement la brèche de contact est peu développée; par contre, des travaux de recherche effectués un peu plus à l'Est ont montré qu'elle atteint dans cette direction une puissance d'au moins 40 mètres. Les plans de glissement pendent uniformément au Nord sous un angle d'environ 60°.

La faille présente une incurvation locale à la limite orientale du gisement, puis elle reprend son allure générale Est-Ouest.

Jusqu'à présent son allure à l'Ouest du gisement est mal connue. Les travaux qui ont été exécutés dans cette zone permettent de croire qu'elle y subit une incurvation analogue à celle qui existe à l'autre extrémité.

2° D'autres failles longitudinales parallèles à l'accident principal font apparaître des dislocations dans la série des Mines. Les brèches de friction qui les accompagnent sont généralement peu développées et il est souvent difficile de localiser les contacts.

Le terme « série des Mines » étant parfois employé de façon arbitraire, nous croyons utile de préciser le sens qui lui est attribué au Service géologique de l'Union Minière du Haut-Katanga, où son usage est apparu en tout premier lieu.

La série des Mines comprend un groupe de couches carbonatées, très limité comme épaisseur, bien défini comme composition, se retrouvant presque identique à lui-même en des endroits très éloignés les uns des autres.

La position stratigraphique absolue de ce groupe est encore inconnue.

La série des Mines se trouve quelque part au-dessous de la série de Moashia, avec laquelle elle a certains traits de famille. C'est tout ce que l'on sait actuellement. Nulle part on n'a pu observer une coupe complète allant de la série des Mines au Kundelungu.

La détermination du sens dans lequel se suivent les couches de la série des Mines a été faite en tenant compte de ce qui a été observé dans les mines du groupe de Musonoi, où l'on trouve des plis larges et non plus de simples lambeaux.

Ceci étant dit, la série des Mines, telle que nous la comprenons, comporte du haut en bas :

A. — Calcaire dolomitique à gros bancs : 100 mètres.

B. — Schistes dolomitiques avec horizons charbonneux ou graphitiques et bandes minces de calcaire dolomitique : 50 mètres.

C. — Calcaire dolomitique siliceux donnant par altération les roches siliceuses cellulaires : 15 mètres.

D. — Calcaire dolomitique siliceux et cherteux donnant par altération les roches siliceuses feuilletées : 15 mètres.

Soit, au total, 200 mètres environ.

Au-dessus des calcaires à gros bancs viennent des schistes.

Au-dessous des calcaires siliceux et cherteux, des schistes généralement chloriteux, des dolomies cristallines, etc.

La minéralisation primaire dans les gîtes de cuivre se localise souvent au contact de D avec les schistes.

A Shinkolobwe, les couches de la série des Mines se répartissent comme suit :

1° Un massif principal relativement peu dérangé reconnu actuellement sur une longueur totale d'environ 400 mètres;

2° Deux écailles superposées, qui s'intercalent entre le massif principal et le Kundelungu et se coincent vers l'Est.

Dans le massif principal nous trouvons au complet la succession

habituelle des couches de la série des Mines, telle qu'elle se présente dans de multiples gisements de cuivre.

Ce massif est affecté de nombreux plissottements, ainsi que de fractures multiples. Aucun accident transversal important n'a été reconnu. La continuité en direction d'une partie des couches est interrompue en B par une brèche spéciale qui dessine un contour fermé (pl. XV). Les minéralisations filoniennes en urane se trouvent à peu de distance, à l'Est et à l'Ouest de cette anomalie. Des blocs isolés de mineraï se rencontrent dans la brèche elle-même. Nous reprendrons la question de cet accident au chapitre concernant les phénomènes d'altération superficielle (p. 43).

Dans l'écailler n° 1, qui vient immédiatement au Nord de ce massif, nous retrouvons encore la série des Mines avec tous ses termes. Elle est indiquée sur le plan d'une façon un peu schématique. Au niveau de trente mètres, où elle a été systématiquement prospectée, on a pu constater que les couches sont fortement chiffonnées. Tout comme en surface, celles-ci viennent buter contre les contacts anormaux qui la limitent tant au Sud qu'au Nord. Vers l'Est la série des Mines n'est plus représentée que par les formations sableuses qui correspondent au calcaire à gros bancs. C'est dans cette écailler, au voisinage du puits A, qu'existaient en surface les minéralisations filoniennes qui ont amené la découverte du gisement. Ces minéralisations ont persisté jusqu'à une profondeur d'une quinzaine de mètres, où elles se sont coincées. Plus bas on n'a plus trouvé que des minéraux disséminés.

La deuxième écailler est fort peu développée et fortement laminée; elle est constituée par des formations sableuses et talqueuses résultant du broyage et de l'altération superficielle des calcaires. Aucune minéralisation importante n'y a encore été signalée.

Voilà les faits. Nous n'essayerons pas de disséquer le mécanisme qui a amené la formation des écailles et les a portées dans leur position actuelle. Avant d'en arriver là il faudrait expliquer l'apparition en position anormale de tout le massif ancien du bloc de Shinkolobwe au sein du Kundelungu. Les éléments nécessaires à la solution de ce problème sont encore insuffisants. C'est là une question de tectonique générale du Katanga.

CHAPITRE III

FORME DU GITE.

Les minerais d'urane se présentent soit en filons massifs bien nets, sans aucune gangue apparente, soit sous forme disséminée dans les couches.

a) FILONS. — Les filons sont soit isolés, comme celui qui fut exploité au début de la mise en valeur du gîte, soit plus généralement groupés. Ils ont comme caractéristique essentielle d'avoir une allure très capricieuse.

Le plan du niveau 57, montrant les principaux filons recoupés au cours des recherches, permettra de se rendre compte de leur répartition à ce niveau.

Il est rare qu'un même filon puisse se suivre d'une façon continue sur plus d'une dizaine de mètres. Quant à l'épaisseur, elle est très variable. Si les épaisseurs courantes sont de l'ordre de quelques centimètres, il arrive qu'au cours de l'exploitation on rencontre des renflements atteignant le mètre et donnant des masses de minerai compact de plusieurs tonnes.

Il en résulte, au point de vue pratique, que pour éviter le gaspillage du gisement on en est réduit à enlever, dans les zones où la présence de filons a été reconnue, toute la masse encaissante. Le cube à manipuler est donc important eu égard au volume utile.

On constate jusqu'à présent que les filons se groupent dans les zones où certaines formations paraissant favorables ont subi des dislocations notables. Ils ont tendance à prendre une direction parallèle à celle des failles principales. Quelques-uns cependant sont nettement transversaux. Les grandes failles ne sont pas minéralisées. Les venues métallisantes en profondeur ont suivi de préférence les fractures, diaclases ou joints de stratification, des formations non plastiques. La plus grande partie des minerais extraits à ce jour provient de la partie orientale du gisement, où les filons sont encaissés dans les roches cellulaires et les roches siliceuses feuilletées.

Ces filons s'anastomosent et se relaient de telle façon qu'il serait souvent plus exact de parler de « stockwerk » que de filons proprement dits. Il y a passage à une minéralisation diffuse.

L'irrégularité en plan des filons se reproduit suivant la verticale. L'allure générale est redressée. Au fur et à mesure que l'on s'approfondit, on constate que les filons connus se coincent, tandis que naissent d'autres veines, l'ensemble de la zone filonienne restant confiné généralement dans les mêmes couches. Ceci n'est cependant pas toujours le cas. Le premier filon, qui avait été exploité sur une longueur d'une vingtaine de mètres en surface, a disparu à une profondeur de 15 mètres sans laisser de trace. Il était encaissé dans les schistes dolomitiques de l'écaille n° 1 et avait un pendage Sud. La disparition se produisait au voisinage du contact anormal qui limite l'écaille vers le Sud, on pouvait croire à un rejet dû à la faille. En fait on n'a pu constater aucun phénomène de traînage au voisinage de l'accident. Tout un réseau de travaux effectués à l'aplomb du filon et à 15 mètres plus bas n'a montré aucune minéralisation comparable à celle du filon. Ce n'est qu'à 30 mètres que des veines nouvelles ont apparu, encaissées cette fois dans les couches du massif principal de la série des Mines.

Jusqu'à présent aucun indice ne permet d'affirmer qu'il y ait eu, postérieurement à la minéralisation, des mouvements quelque peu importants, hormis les tassements dus aux phénomènes d'altération superficielle. Cette considération vaut pour les gisements de cuivre du Katanga tout comme pour le gîte d'urane.

Pour nous la minéralisation de Shinkolobwe, comme celle des gîtes de cuivre normaux, est postérieure aux plissements qui ont amené les dislocations. Ces dernières ont permis aux venues métallisantes de se faire jour.

b) MINERAIS DISSÉMINÉS. — On trouve des traces d'urane dans tous les travaux souterrains de Shinkolobwe, mais au point de vue pratique, les minéraux disséminés se répartissent comme suit :

1° Ceux qui sont en relation étroite avec les filons massifs et qui résultent de l'imprégnation des roches jusqu'à une faible distance des filons. On y trouve tous les minéraux secondaires.

2^e Ceux qui apparemment n'ont aucune relation avec les filons. Ce sont surtout des tapissages de torbernite en paillettes dans les cavités des roches. Ces minérais disséminés se trouvent aussi bien dans les zones où des filons à pechblende ont été reconnus que dans celles où il n'en existe pas et leur répartition exclut toute idée de régularité.

Les minérais à torbernite disséminée sont tout spécialement bien développés dans les roches cellulaires. Lorsque ces roches prennent leur facies de profondeur, c'est-à-dire, passent à un calcaire dolomitique massif, la minéralisation disparaît.

Les résultats d'exploitation permettent d'estimer que plus de la moitié du tonnage d'urane existant dans la zone d'oxydation se trouve sous forme de minéral à basse teneur, à torbernite disséminée.

Les autres minéraux secondaires, rencontrés encore en quantité appréciable à une certaine distance du filon, sont surtout la kasolite et la sklodowskite, cette dernière tapissant les cavités des roches poreuses.

Mais l'uranium n'est pas seul dans le gisement; d'autres métaux font partie de la minéralisation :

Cuivre, cobalt, nickel. — Les travaux ont décelé l'existence à Shinkolobwe d'une minéralisation très étendue en cuivre, cobalt et nickel; cette minéralisation s'étend à des zones où jusqu'à présent l'urane n'a pas été trouvé en quantité notable.

La pechblende des filons renferme les sulfures de ces métaux. Mais la grande masse des minérais sulfurés se trouve disséminée dans les roches encaissant le gîte. Les calcaires dolomitiques en gros bancs, recoupés en profondeur dans la partie Sud du gisement, sont fortement métallisés. De la pechblende y a été trouvée localement. Jusqu'à présent aucun filon net de sulfures n'a été rencontré. Nous avons affaire à une minéralisation sulfurée, du même genre que celle que l'on a trouvée à Luishia et dans d'autres gîtes de cuivre. La seule différence consiste dans l'abondance relative du cobalt et surtout du nickel.

En surface cette minéralisation prend la forme oxydée typique de nos gîtes encaissés en milieu calcaire.

Molybdène. — Jusqu'à présent cet élément n'a été trouvé en échantillons macroscopiques que sous forme de molybdénite, dans les parties

profondes de l'exploitation, en relation immédiate avec les filons de pechblende.

Métaux précieux. — La présence de métaux précieux dans le gisement de Shinkolobwe a été signalée dès le début des recherches. Des paillettes d'or peuvent s'obtenir en pannant les roches tant dans la zone minéralisée en urane qu'ailleurs.

La pechblende montre parfois de l'or natif se présentant en enduits et en remplissage de fines crevasses. L'analyse des résidus de traitement du mineraï révèle qu'il y a en outre du palladium et accessoirement du platine.

On a trouvé récemment une zone failleuse, faiblement minéralisée en urane, cuivre, cobalt et nickel, montrant des teneurs intéressantes en or et en palladium. L'or se présente à l'état natif; quant au palladium, il n'a pas été possible jusqu'à présent de déterminer sous quelle forme il se trouve.

CHAPITRE IV

LA MINÉRALISATION.

A. — MINERAIS D'URANIUM.

Une série de travaux publiés en ces dernières années, dont un grand nombre sont dus à M. le Prof^r Schoep, ont fait connaître les espèces minérales uranifères de Shinkolobwe. Plusieurs d'entre elles, comme on le sait, n'avaient été signalées dans aucun autre gisement au moment de leur découverte dans les minerais du Katanga.

A. Schoep a réuni dans un beau mémoire (¹) les données relatives aux caractères des minéraux de Shinkolobwe. Nous n'avons pas à reprendre cette description. Nous rappellerons que les principaux minéraux uranifères du gîte sont :

- 1° L'uraninite ou pechblende;
- 2° Des hydroxydes d'uranium : ianthinite, becquerelite, schoepite;

(¹) A. SCHOEP, *Les Minéraux du gîte uranifère du Katanga*. Annales du Musée du Congo belge, Tervueren (Belgique). Série I. Minéralogie. Tome I. Fasc. II. 1930.

3° Des uranates hydratés de plomb : fourmariérite, curite;

4° Des silicates hydratés :

D'uranium : soddyite;

D'uranium et de calcium : uranotile ou uranophane;

D'uranium et de magnésium : sklodowskite;

D'uranium et de plomb : kasolite;

5° Des phosphates hydratés :

D'uranium et de cuivre : torbernite;

D'uranium et de plomb : dewindtite, parsonsite.

Ce sont les minéraux de type commun, où les cristaux polyédriques ne jouent qu'un rôle accessoire, qui ont constitué les matériaux de notre étude.

Comme procédés de travail, nous avons eu recours aux sections polies et aux lames minces. Sur les masses compactes dépourvues de cristaux l'identification des espèces uranifères a été faite par les caractères physiques et chimiques (indices de réfraction, biréfringence, dureté, couleur, solubilité dans les acides, réactions microchimiques, etc.). Leurs associations présentent des combinaisons variées, où souvent la diversité des composants ne se révèle pas à première vue; il y a entre certains minéraux et entre certains complexes d'intermélange de grandes analogies d'aspect qui exigent le recours continual aux essais déterminatifs. Notons, à ce sujet, que nous avons confondu sous le nom d'uranophane des substances présentant les caractères de ce minéral, mais parmi lesquelles il se pourrait qu'il faille distinguer des variétés.

Caractères des minéraux uranifères en section polie et en lame mince. — Les divers minéraux d'altération de la pechblende prennent aisément le poli, beaucoup mieux que la pechblende elle-même, assez rebelle. Mais la faible dureté ou la fragilité de plusieurs d'entre eux rendent souvent difficile l'obtention de surfaces exemptes d'accidents.

Le pouvoir de réflexion est pour tous, y compris la pechblende, relativement faible, inférieur de beaucoup à celui des sulfures du gisement. Nous n'avons pu effectuer de mesure de cette propriété.

Les teintes en section polie diffèrent pour les divers minéraux, mais les différences sont peu sensibles entre certaines espèces. Du blanc grisâtre au gris assez foncé se classent, dans l'ordre, d'abord l'uraninite et la curite, les plus claires; puis la kasolite, dont la teinte diffère peu de celle de la curite; ensuite la becquerelite et l'ianthinite, gris pâle; enfin, un groupe de minéraux gris assez foncé, que la teinte ne différencie guère : schoepite, soddyite, uranophane, sklodowskite. Cette énumération laisse à part les phosphates, pour lesquels la comparaison n'a pu s'établir par contact immédiat avec plusieurs des minéraux précédents : la parsonsite est assez claire, de teinte voisine de celle de la curite ou de la kasolite; la dewindtite est analogue à la becquerelite; la torbernite est gris foncé comme le dernier groupe des minéraux cités plus haut.

Dans les masses microcristallines, comme en présentent la curite ou la becquerelite formées *in situ* aux dépens de la pechblende, la teinte est apparemment uniforme en lumière polarisée (un seul nico). Mais il n'en va pas de même là où la cristallisation est plus grossière. C'est que plusieurs des minéraux d'uranium montrent du pléochroïsme de réflexion, la teinte variant pour les grains différemment orientés. Le phénomène est particulièrement net pour l'ianthinite, la becquerelite, la schoepite; observable déjà dans l'air, il s'accentue dans l'huile. Des confusions risquent, dans ces conditions, de s'établir entre minéraux en intermélange, dont les teintes sont assez voisines en lumière naturelle.

Entre nicols croisés apparaissent pour les divers minéraux des couleurs rappelant celles de leur poussière à l'examen direct. Le critère est de valeur assez restreinte pour leur identification, en raison de la similitude des teintes de plusieurs espèces. Notons, à titre d'exemple, la teinte vert jaunâtre de la schoepite des veinules et aussi de la sklodowskite, qui distingue ces minéraux de l'uranophane, généralement plus jaune. L'effet d'anisotropie entre nicols croisés est plus sensible encore, pour certaines espèces, que le pléochroïsme de réflexion avec le polariseur seul; il est très bien marqué surtout pour l'ianthinite.

Pour le caractère de dureté, en dehors de l'uraninite, beaucoup plus dure que tous les minéraux de seconde formation, il faut faire une place à part à la curite, à la kasolite et à la parsonsite, dont la dureté dépasse sensiblement celle des autres minéraux.

La sensibilité des divers minéraux uranifères à l'action des acides, dans les sections polies, a été essayée. En présence d'acide chlorhydrique très dilué, l'attaque de l'uranophane est presque instantanée, très rapide aussi celle de la curite; la becquerelite et la kasolite sont un peu moins sensibles et la schoepite l'est beaucoup moins. Quant à la soddyite et à la sklodowskite, elles sont relativement réfractaires à une attaque de quelques secondes. Parmi les phosphates, la torbernite résiste mieux que la parsonsrite et la dewindtite, immédiatement affectées. Mais il convient d'ajouter que, pour un même minéral, les cristaux bien développés se montrent toujours moins sensibles à l'action de l'acide que les masses compactes microcristallines. Cette nuance peut influencer l'ordre donné ci-dessus et en intervertir les termes. Le critère reste donc imprécis et d'application assez délicate. Les essais microchimiques et la mesure des indices de réfraction sur des poussières prélevées dans la section polie ont fourni, bien entendu, des indications infiniment plus sûres pour l'identification des minéraux.

En lame mince, la curite et la becquerelite se distinguent par leur forte coloration jaune d'or à jaune-rouge, leur relief et les teintes d'interférence élevées. L'ianthinite, violette et à pléochroïsme accentué, est immédiatement reconnaissable. Quant aux autres minéraux, en dehors des phosphates, ils sont jaune pâle à incolores; malgré certaines différences dans la valeur de leur biréfringence, l'aspect en lame mince n'est pas caractéristique pour chaque espèce et il faut pour l'identification recourir aux déterminations optiques (signe optique, signe de l'allongement, angles d'extinction, angle des axes optiques, etc.).

Parmi les phosphates que nous avons étudiés, la parsonsrite est plus ou moins opacisée par les inclusions brunes dont elle est bourrée; Schoep (¹) a attiré l'attention sur cette constitution du minéral, dont la couleur propre est le jaune. Elle devient transparente là où elle est en voie d'épigénie par la dewindtite. Pour l'épaisseur habituelle des lames ses teintes d'interférence sont le jaune-rouge du premier ordre. La dewindtite, jaune assez foncé par transparence, présente entre nicols

(¹) A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 36.

croisés des teintes du second ordre, généralement le vert. Quant à la torbernite, elle est presque incolore et à teintes d'interférence assez basses.

Nous nous sommes efforcés à scruter les relations entre les divers éléments de la minéralisation, à définir l'ordre de la paragénèse primitive, puis à suivre l'altération du mineraï originel.

Sous la diversité des combinaisons minéralogiques se décèle une certaine ordonnance qui correspond, comme nous le verrons, à des étapes dans le phénomène de transformation du mineraï primitif.

Dans l'examen des filons sur place (pl. XVII) s'accuse déjà clairement, grâce aux teintes vives des minéraux d'uranium secondaires ('), une distribution des mineraux par zones, de l'axe des veines vers les épontes : autour des noyaux de pechblende noire occupant la partie médiane du filon, une auréole orange où l'on trouve becquerelite, curite et schoepite; plus loin, des mineraux d'aspect varié, jaune, jaune orangé ou orange, où soddyite et kasolite s'associent à la curite; enfin, aux épontes, les phosphates (dewindtite, torbernite, parsonsite, etc.) aux teintes jaune foncé, vertes et brunes et souvent encore la curite et la kasolite. Partout de l'uranophane et de la sklodowskite. Ainsi tracé le schéma est trop simplifié; les descriptions qui vont suivre le compléteront. Dans les veines minces, surtout aux niveaux rapprochés de la surface du sol, le mineraï noir disparaît totalement. En maints endroits la pechblende ne forme plus que de petites taches noires se fondant dans le mineraï aux teintes vives. Là où elle se trouve directement en contact avec la roche encaissante, on constate un passage rapide du mineraï à la roche stérile.

Pechblende et premiers produits de transformation. — L'examen du mineraï noir en section polie montre que la substance primitive, c'est-à-dire l'uraninite, ne forme, dans la plupart des échantillons provenant des travaux actuels d'exploitation, qu'une fraction de la masse noire;

(¹) Nous emploierons au cours de cette étude l'expression de « minéraux d'uranium secondaires » et le mot « altération » pour désigner les produits de transformation de la pechblende et cette transformation elle-même, mais sans rien préjuger de l'origine du phénomène. L'usage de ces expressions n'implique donc pas nécessairement qu'il s'agit d'une altération supergène. La question sera discutée dans un chapitre suivant.

dans l'attaque du minéral par l'acide chlorhydrique cette substance constitue le résidu de la dissolution. Les autres éléments du minéral apparaissent clairement comme des produits de décomposition. Le processus de l'altération est le suivant :

L'uraninite subit *in situ* une dégradation et se trouve remplacée par une substance moins dure sur laquelle le minéral primitif se détache en relief; tous les degrés s'observent dans l'altération, depuis l'uraninite presque intacte jusqu'aux produits noirs encore rapportés à la pechblende par le mineur, mais où l'on n'observe plus que de faibles vestiges du minéral primitif. L'altération met souvent en évidence la structure de ce dernier : les vestiges d'uraninite se distribuent en traînées parallèles décrivant des zigzags (pl. I, fig. 4 et 7). Cette structure peut transparaître encore dans le minéral aux teintes vives où la transformation de la pechblende est complète.

Les cubes d'uraninite, reconnaissables à l'examen microscopique, ne sont pas fréquents dans les échantillons de Shinkolobwe. Mais dans les sections polies et les lames minces l'observation de formes cubiques est commune. On a décrit divers cas de pseudomorphose (¹ ²) où des minéraux d'uranium de formation secondaire se sont constitués au sein des cristaux d'uraninite. Dans nos préparations, des formes cubiques plus ou moins complètement dégagées sont occupées tantôt par de l'uraninite peu altérée, tantôt par les minéraux de substitution qui vont être décrits (pl. I, fig. 1, 2, 3, 5, 6, 9). Il nous paraît, d'après les nombreux échantillons qui ont été examinés, que la pechblende de Shinkolobwe a dû se former à l'état cristallin. Les structures révélées par l'altération correspondraient à des directions cristallographiques de croissance. Nous n'avons pas observé de structures concrétionnées, à fissures de retrait, rappelant celle décrite par Schneiderhöhn et Ramdohr (³) pour la pechblende de

(¹) W. VERNADSKY et C. CHAMIÉ, *Sur une pseudomorphose*. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Paris, 19 mai 1924; p. 1724.

(²) ARMAND L. HACQUAERT, *Présentation de quelques pseudomorphoses de minéraux uranifères de Kasolo*. (Ann. de la Soc. géologique de Belgique. Publications relatives au Congo belge. Annexe au tome L. 1926-1927, p. 15.)

(³) SCHNEIDERHÖHN-RAMDOHR, *Lehrbuch der Erzmikroskopie*. (Zweiter Band, Berlin, 1931, p. 521.)

Joachimstal (Tchécoslovaquie) et attribuée par cet auteur à la nature colloïdale du dépôt; cette structure colloiforme est aussi celle de la pechblende du Great Bear Lake (Canada), de découverte récente (¹).

Les premiers produits de remplacement de l'uraninite primitive apparaissent encore noirs à l'œil nu, sur les sections polies; mais ils prennent beaucoup mieux le poli que l'uraninite. En lame mince, ils sont semi-opaques. Au microscope à réflexion, leur nature se révèle tout de suite; il s'agit surtout de becquerelite et de curite, auxquelles s'adjoint le plus souvent une certaine proportion d'uranophane formée dans un stade ultérieur de l'altération. Entre nicols croisés par réflexion, ou bien en lame mince, on voit les produits noirs et semi-opaques passer insensiblement aux produits à teintes vives, transparents; mais on constate en lumière réfléchie, sans analyseur, qu'à ce changement de teinte ne correspond apparemment aucune modification de composition minéralogique: la becquerelite et la curite passent d'une zone à l'autre sans que, aux grossissements ordinaires, leur aspect accuse le moindre changement. Aux forts grossissements seulement et dans l'huile, on s'aperçoit que ces minéraux, dans les zones noires, contiennent une fine granulation, où il faut voir des vestiges d'uraninite (pl. I, fig. 8); ainsi s'expliquerait la teinte noire du produit d'altération.

Dans cette décomposition sur place de la pechblende la becquerelite joue un rôle dominant; il est fréquent même que ce minéral existe seul ou soit tacheté seulement de quelques petits éléments de curite (pl. II, fig. 10). Mais ailleurs la curite se développe au point de prendre parfois toute la place (pl. II, fig. 16). On peut ainsi observer côté à côté des plages constituées les unes par de la becquerelite, les autres par de la curite (pl. I, fig. 1), dont souvent les contours, grossièrement carrés, semblent marquer l'emplacement de cristaux d'uraninite. Il s'établit donc, par altération du minéral primaire, des interchanges entre portions voisines de la pechblende, le plomb allant se concentrer aux points où se développe la curite.

Les produits de l'altération *in situ* de la pechblende sont formés

(¹) D. F. KIDD, *Pitchblend-Silver Deposit, Great Bear Lake, Canada.* (Economic Geology, vol. XXVII, n° 2, 1932.)

d'agrégats de très petits éléments d'orientations diverses que l'œil isole avec peine les uns des autres en lame mince, même aux forts grossissements.

A ces produits, qui forment la grande masse du minerai noir et de son auréole immédiate, s'ajoutent des veines nombreuses incrustées par les minéraux mêmes dont il vient d'être question, la curite et la becquerelite, mais où apparaissent, de plus, l'ianthinite et la schoepite (pl. II, fig. 14, 15, 17; pl. III, fig. 18, 19; pl. VIII, fig. 62). Ici les cristallisations sont plus larges : les minéraux s'individualisent en petits prismes, enchevêtrés ou disposés en agrégats rayonnants, ou encore, dans les plus grosses veines, en faisceaux parallèles implantés perpendiculairement aux parois. Quand plusieurs minéraux sont présents, la curite se loge de préférence contre les épontes (pl. II, fig. 17). L'ianthinite serait le minéral le plus ancien; elle semble passer par altération à la becquerelite. En section polie, la structure des agrégats minéraux des veines se révèle clairement, même dans les portions minéralogiquement homogènes, grâce au pléochroïsme de réflexion et aux effets d'anisotropie (voir page 16).

Dans les veines, comme dans les produits de décomposition sur place, l'uranophane et, souvent aussi, la sklodowskite jouent un rôle important. Elle doivent être de formation plus récente que les autres minéraux.

Il y a une tendance très marquée pour la pechblende à conserver en extrême bordure de ses noyaux un mince filet inaltéré, formant comme un rempart le long des veines, tandis qu'à l'intérieur du noyau s'est propagée la transformation. Souvent ce filet marginal de pechblende en relief est le seul vestige du minéral primitif (pl. II, fig. 12; pl. III, fig. 22; pl. IX, fig. 70, 71). Nous l'avons observé décrivant de fines arabesques, discontinues, au sein de minerais représentant un stade plus avancé des transformations (pl. II, fig. 13).

Dans la zone du minerai que nous venons de décrire on rencontre des minéraux non uranifères : des sulfures, la monazite, la wulfénite et les minéraux communs de la gangue, quartz et carbonates. Nous en ferons l'étude plus loin.

Zone des minérais jaunes et orange. — La becquerelite tend à disparaître dès qu'on s'écarte du minéral noir. Par contre, la curite est très persistante, souvent même prédominante, dans la zone qui nous occupe; elle paraît stable dans les diverses phases de l'évolution des minéraux. La schoepite est assez commune. De plus, des minéraux nouveaux font leur apparition : la soddyite et la kasolite; nous ne parlons pas de l'urano-phane, dont l'importance s'accroît beaucoup ici.

La composition du minéral est fort complexe; il devient difficile de marquer les étapes des cristallisations successives, épigénies, remises en mouvement. Les minéraux de cette zone tendent à envahir le minéral noir et son auréole, que l'on voit se fondre dans les produits de l'attaque.

La teinte du minéral dépend de la nature des éléments dominants : jaune à jaune verdâtre là où se concentrent schoepite, soddyite, urano-phane, orangée quand la curite s'intermélange à la soddyite ou à l'urano-phane, rouge orange à rouge quand elle s'associe à la kasolite ou quand elle se trouve seule sous sa forme compacte.

Décrire ces minéraux de compositions si variées n'est pas chose commode. Des exemples d'association, à l'échelle microscopique, de la curite avec un autre minéral sont représentés dans nos planches (pl. III, fig. 20, 21, 23, 25; pl. IV, fig. 27, 30, 31, 32, 33). Nous nous arrêterons seulement aux deux types d'association curite-soddyite et curite-kasolite.

A. Schoep⁽¹⁾ a signalé la fréquente paragénèse curite-soddyite. L'examen en section polie montre que la proportion relative des deux minéraux varie d'un point à un autre du même échantillon; mais on peut se demander si elle ne se révélerait pas constante, en moyenne, pour une certaine masse de substance. Une analyse chimique effectuée sur des fragments d'aspect homogène nous a donné une composition centésimale correspondant à une teneur à peu près égale en curite et en soddyite. Schoep a observé avec constance une proportion sensiblement différente (si les chiffres indiqués par lui se rapportent bien aux poids et non aux volumes). Nous ne pensons pas que la divergence de ces résultats doive surprendre.

(¹) A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 27.

L'association curite-kasolite présente les mêmes caractères que la précédente.

La structure de ces mélanges n'indique pas clairement leur genèse. Elle peut suggérer l'idée d'une formation simultanée des deux éléments associés; il faut dans ce cas admettre que la soddyite des fines veinules qui recoupent la masse est le fruit d'une remise en mouvement du minéral jaune. Mais nous inclinons à penser qu'on se trouve en présence d'une épigénie, par la soddyite, d'une curite compacte ou d'un mélange intime de curite avec un autre élément qui a disparu, la becquerelite par exemple.

Il en serait de même pour la kasolite dans le complexe massif curite-kasolite. La kasolite se loge souvent entre la curite et une croûte de phosphates; elle mord la curite, tandis qu'elle se trouve elle-même attaquée par le phosphate. Nous reviendrons plus loin sur ce cas.

La curite épigénisée par la soddyite ou par la kasolite recristallise sous forme de prismes idiomorphes dans le minéral nouveau (pl. IV, fig. 27, 31, 33). Cette observation soulève une question intéressante sur le processus physico-chimique de l'opération, mais les données nous font défaut pour la discuter.

L'impression d'une épigénie est plus nette en coupe mince qu'en section polie (pl. I, fig. 5; pl. IV, fig. 30, 32). Parfois se distingue dans le complexe curite-soddyite une structure zonale, où les deux minéraux prédominent tour à tour dans des bandes alternantes et que nous considérons comme un vestige de la structure de la pechblende primitive.

Il résulte de ce que nous venons de voir que la soddyite et la kasolite paraissent appartenir à une même phase des transformations, caractérisée par l'intervention de la silice dans les échanges chimiques. Cette phase serait postérieure, en un point donné, à la décomposition de la pechblende qui fournit becquerelite-curite-schoepite.

Remarquons que, parmi les substances que nous avons étudiées, celles qui présentent les caractères physiques attribués à la « gummite » ne sont point homogènes; il s'agit toujours d'intermélanges intimes de deux ou plusieurs minéraux. Dans ces conditions, nous en venons à nous demander s'il existe bien une espèce minérale déterminée correspondant à ce qu'on a désigné sous le nom de gummite.

Phosphates. — Dans les filons, si l'on fait abstraction de l'urano-phane et de la sklodowskite, les phosphates sont parmi les produits ultimes de l'évolution des minérais. Ils occupent, en général, les parties proches des épontes. Il y a lieu, toutefois, de noter comme postérieures aux phosphates des recristallisations de certains minéraux, tels que la curite, s'implantant en cristaux aciculaires d'une belle coloration rouge sur la torbernite et la kasolite rencontrée dans les mêmes conditions. Ainsi que nous l'avons dit précédemment, on trouve aussi les phosphates, la torbernite surtout, en dissémination dans les terrains.

Les phosphates des filons forment des minérais zonés à bandes brunes (parsonsite), jaunes (dewindtite principalement) et vertes (torbernite), plus ou moins interpénétrées. Schoep (¹) remarque que leurs associations révèlent souvent un ordre de formation; mais cet ordre serait variable, la parsonsite seule paraissant toujours avoir cristallisé avant les autres. Nous pensons aussi que la parsonsite appartient au début de la phase de formation des phosphates. Mais l'âge de la torbernite est plus difficile à préciser; elle forme avec la parsonsite des intermêlanges où les deux minéraux ont largement cristallisé, la parsonsite se détachant en petits prismes enchevêtrés sur un fond de cristaux de torbernite (pl. V, fig. 34, 35). Le minéral brun arrive à prédominer et à ne plus montrer que quelques petites enclaves de torbernite dans les interstices de ses prismes. Les deux minéraux pourraient là être contemporains. Mais on trouve aussi, associée à la dewindtite, de la torbernite en petits éléments, qui nous paraît être un produit de recristallisation postérieur à ce dernier minéral.

La dewindtite semble être toujours plus récente que la parsonsite et que la torbernite de première formation. On la voit corroder les cristaux de torbernite et s'étendre dans les plages occupées par le phosphate vert (pl. V, fig. 37). Dans une de nos préparations, elle se dispose en minces traînées parallèles au sein de ces dernières, près de leur bordure (pl. V, fig. 38); cette structure est commune pour d'autres minérais, dans les cas d'épigénie.

La parsonsite paraît moins sensible que la torbernite à la transforma-

(¹) A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 38.

tion en dewindtite; par l'altération l'opacité de ses prismes s'atténue, mais elle reste aisément discernable entre nicols croisés au sein de la dewindtite d'épigénie. Quand le mélange torbernite-parsonsite subit l'envahissement de la dewindtite, celle-ci tend à respecter, dans la première phase de l'attaque, les emplacements du phosphate brun; la ligne de contact torbernite-dewindtite s'incurve à l'approche des cristaux de parsonsite pour les éviter (pl. V, fig. 36).

La dewindtite cristallise généralement en éléments plus petits que les deux autres phosphates; elle forme des agrégats finement grenus ou prismatiques.

Les phosphates se présentent en croûtes sur les minérais jaunes et orange étudiés plus haut. Les figures 28 et 29 (pl. IV) montrent la torbernite « mordant » une bande de kasolite, qui elle-même épigénise la curite. Des veinules incrustées de curite et de kasolite avant la formation du phosphate subsistent, avec une partie de leur remplissage originel, au sein de la croûte de torbernite, mais elles sont chargées de cristaux de ce dernier minéral. Le long des veinules l'épigénie de la kasolite massive par le phosphate a progressé plus rapidement qu'ailleurs et la ligne de contact des zones occupées par ces minéraux s'infléchit en ces points.

REMARQUE. — L'aperçu qui précède sur les transformations successives subies par les minérais d'uranium suggère une observation. A chaque étape on voit se former des minéraux s'opposant entre eux par leur teneur en plomb, l'un à teneur élevée, un autre exempt de plomb ou n'en contenant que peu : la curite et la becquerelite, la kasolite et la soddyite, la parsonsite et la torbernite. Les minéraux uranifères sans plomb ne peuvent être anciens; or, les autres sont à peu près contemporains des premiers. Il faut donc bien admettre, ainsi que l'a fait remarquer déjà Schoep, que le plomb des espèces uranifères secondaires ne provient pas de l'uranium de ces minéraux. Il nous paraît plus que probable qu'il tire son origine entièrement du plomb d'uranium de la pechblende. Aucune observation ne révèle l'existence d'une minéralisation indépendante de plomb; on ne trouve pas trace de galène dans les sulfures.

Une difficulté se présente : la proportion de plomb est sensiblement SECTION DES SCIENCES NATURELLES, ETC.

plus élevée dans les minérais secondaires des filons que dans la pechblende. Mais il y a lieu de tenir compte de la grande quantité de torbernite disséminée dans les terrains encaissants. L'estimation de la masse des minérais d'imprégnation conduit à attribuer au rapport plomb-uranium, pour l'ensemble des minérais de Shinkolobwe, la valeur qu'il présente dans la pechblende inaltérée.

B. — SULFURES ET MÉTAUX A L'ÉTAT NATIF.

a) *Description des espèces et ordre de la paragénèse.* — Les minéraux sulfurés trouvés à Shinkolobwe sont : la pyrite, les linnéites, la chalcopyrite, la bornite, la chalcosine, la covellite et la molybdénite, auxquelles il faut peut-être ajouter la pentlandite.

La *pyrite* est le premier sulfure formé. On la trouve souvent seule, en fine imprégnation de lits schisteux ou de la dolomie cristalline. Les cristaux idiomorphes sont communs. Quand elle s'associe aux linnéites ou à la chalcopyrite, dans les veines quartzeuses, elle est épigénisée par ces minéraux ; ses plages dans les sections polies apparaissent profondément corrodées et souvent ne s'observent plus que quelques vestiges de sulfure de fer au sein de la linnéite (pl. V, fig. 40 ; pl. VI, fig. 44 ; pl. XI, fig. 91).

Les *linnéites*, très abondantes dans le gisement, nous ont montré avec persistance deux variétés. Leurs plages, là où les deux variétés se trouvent en contact, présentent des contours curvilignes, à rapporter aux *mutual boundaries* des géologues américains, structures ne permettant pas de conclusion sur l'âge relatif des éléments en présence (pl. V, fig. 39, 40, 41). Mais dans un de nos échantillons l'une des variétés, la plus claire, forme frange autour des cristaux de l'autre et serait de formation plus récente que cette dernière (pl. VI, fig. 42). Nous verrons plus loin que, dans ce cas, les deux éléments se comportent différemment vis-à-vis des minéraux d'uranium secondaires qui les épigénisent.

Il y a, entre les deux variétés, une différence de teinte assez marquée, déjà perceptible à l'œil nu sur les échantillons non préparés, mais qui est beaucoup plus nette en section polie. Sur l'échantillon, l'une d'elles

est d'un gris d'acier un peu plus foncé que l'autre; en section polie, les teintes sont respectivement un blanc crème et le gris pâle.

Les duretés sont voisines. A peu près identique aussi pour les deux minéraux est l'attitude aux réactifs.

Nous considérons le minéral le plus clair comme constituant la linnéite proprement dite. Comme on le sait, la proportion de nickel dans la linnéite peut varier beaucoup. Schoep⁽¹⁾, qui a analysé un échantillon de Shinkolobwe, n'a trouvé qu'une très faible teneur en nickel. L'analyse de notre minéral clair a fourni un résultat différent (analyse I) : le nickel prédomine sur le cobalt, proportion restreinte de fer et de cuivre, absence de molybdène et de sélénium.

La variété grise (analyse II) ne paraît pas se distinguer de la précédente par le rapport nickel-cobalt, mais elle s'est révélée beaucoup plus riche en cuivre. L'échantillon (analyse II) avait été purifié aussi bien que possible; les fragments contenaient encore dans leurs interstices quelques poussières d'oxydes noirs de Co-Ni-Cu et de produits uranifères jaunes, mais l'examen en section polie, aux plus forts grossissements, dans l'air, dans l'huile et après attaque par divers réactifs, n'a pu faire apparaître aucune inclusion d'un élément sulfuré étranger, sinon de légères traces de chalcosine secondaire.

	Analyse I.	Analyse II.
Ni	28,92	25,46
Co	17,23	17,17
Cu	3,90	11,22
Fe	3,39	1,46
Mo	0	2,49
Se	0	5,65
S	—	—

La teneur élevée en cuivre du second minéral ne peut être attribuée aux impuretés; le cuivre, de même que le molybdène et le sélénium, doit faire partie de la formule chimique. Cette teneur rapproche la variété grise de Shinkolobwe de la carrollite, où une partie du cobalt et du cuivre se trouverait remplacée par du nickel et du molybdène, tandis que le

⁽¹⁾ A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 39.

sélénum représenterait une fraction du soufre. Plutôt que de la désigner par une appellation nouvelle, nous la considérerons comme une variété de carrollite et c'est sous ce nom qu'elle figurera dans les développements qui suivent.

Remarquons encore que la prédominance du nickel sur le cobalt accusée par nos analyses paraît bien constituer le cas le plus fréquent pour les linnéites de Shinkolobwe, à en juger par les résultats des analyses industrielles effectuées au laboratoire de l'Union Minière.

A. Schneiderhöhn (¹) a signalé la présence de la *pentlandite* dans les fissures d'un échantillon de pechblende de Shinkolobwe. Nous n'avons pu identifier ce minéral dans nos échantillons.

La *chalcopyrite* est relativement peu abondante. Elle est postérieure aux sulfures précédents, corrodant la pyrite et formant des veinules au sein des linnéites (pl. V, fig. 40; pl. VI, fig. 43, 44). Beaucoup plus communes dans la carrollite que dans la linnéite proprement dite, les veinules de la chalcopyrite s'arrêtent le plus souvent contre les plages de linnéite ou bien n'y pénètrent que pour se perdre rapidement. Cette observation nous avait fait soupçonner, avant analyse, une teneur plus élevée en cuivre dans le minéral gris. L'allure des veinules avec leurs évasements montre nettement qu'il y eut épigénie du minéral préexistant.

Nous considérons la chalcopyrite comme d'origine hypogène. Cette façon de voir s'appuie, d'une part, sur le fait qu'elle n'est souvent accompagnée d'aucun des minéraux de cémentation dont il sera question plus loin et, d'autre part, sur les caractères structuraux du minérai : situation des veines de chalcopyrite en pleine linnéite et non le long des contacts du sulfure préexistant et de la gangue et allure régulière des lignes de contact chalcopyrite-linnéite, qui tranche sur les contacts à indentations si fréquents pour les auréoles de chalcosine supergène. Ces observations n'ont pas, sans doute, de valeur décisive, mais l'indication qui s'en dégage est conforme aux conclusions des études sur les gisements de cuivre du Katanga, où la chalcopyrite paraît bien hypogène.

La *bornite* n'a été observée qu'au sein de la pechblende en voie d'altération, en des points où font défaut les sulfures précédents. Les

(¹) In SCHNEIDERHÖHN-RAMDOHR, *op. cit.*, p. 522.

données nous font défaut pour fixer son origine. Elle est toujours associée à la chalcosine de cémentation, qui l'épigénise suivant le mode habituel en l'entamant par sa bordure et la découpant de minces veinules (pl. VI, fig. 45).

La *chalcosine* et la *covellite* (pl. VI, fig. 45, 46, 47, 48, 49, 50; pl. VII, fig. 58) sont très communes. Outre l'association aux sulfures précédents, spécialement à la chalcopyrite et à la bornite, suivant le mode qui vient d'être dit, on les trouve disséminées en petites plages au sein des minérais secondaires d'uranium, où elles marquent vraisemblablement l'emplacement de sulfures primaires qui ont disparu. Il s'agit parfois d'inclusions microscopiques qui ne se laissent déceler qu'aux plus forts grossissements.

Les deux minéraux jouent le même rôle dans la minéralisation; ce sont des produits supergènes.

Alan Bateman et S. G. Lasky (¹) ont définitivement établi que la chalcosine est susceptible de dissoudre, en proportions variables, de la covellite; le minéral acquiert de ce fait une teinte bleutée. Nous avons distingué la covellite par son pléochroïsme de réflexion (analyseur seul) et par ses effets d'anisotropie si vivement accusés entre nicols croisés. On la trouve intimement associée à de petits éléments gris ou bleutés de chalcosine qui ne montrent point ces effets d'optique.

La *molybdénite* se rencontre en enduit ou en imprégnation des dolomies. Dans nos préparations nous ne l'avons pas observée au contact des autres sulfures et ne pouvons fixer son âge dans la paragénèse, mais elle est évidemment d'origine hypogène. Sans doute est-elle plus répandue que ne le fait apparaître l'étude microscopique des minérais, sa très faible dureté et la difficulté de la polir quand elle est associée à des éléments durs, tels que le quartz et la linnéite, risquant de la faire passer inaperçue dans les sections polies. Le molybdène entre, d'autre part, dans la composition de certaines linnéites de Shinkolobwe (²). Ce métal joue un rôle

(¹) ALAN BATEMAN and S. G. LASKY. *Covellite-Chalcosite Solid Solution and Ex-Solution.* (Economic Geology, vol. XXVII, n° 1, 1932.)

(²) A. SCHOEP (*op. cit.*, p. 39) a trouvé le molybdène dans une linnéite type et nous l'indiquons plus haut (p. 27) comme constituant de la variété rapportée à la carrollite.

important dans les minérais d'altération sous forme de wulfénite; nous y reviendrons un peu plus loin.

Cuivre natif. — Nous avons observé un filament de cuivre natif dans les interstices d'un agrégat de grains de quartz au sein des minérais d'uranium (pl. VII, fig. 59). En un point tout voisin, de la chalcosine se présente dans les mêmes conditions.

Or natif. — Les pechblendes aurifères montrent de petits grains d'or natif dans les veines occupées par les produits d'altération, becquerelite et uranophane principalement (pl. VII, fig. 51, 52) (¹). L'or visible constitue certainement un produit de remaniement et doit avoir pour gîte originel les sulfures hypogènes. En dehors de la pechblende, le métal précieux se rencontre dans une roche laminée chloriteuse (voir analyse p. 34) appartenant à une zone de friction, qui a dû être influencée par les venues hydrothermales.

b) *Relation entre les sulfures et les minérais d'uranium.* — On trouve un peu partout dans la pechblende de petits noyaux de linnéite, découpés et entourés par des minéraux d'uranium secondaires, le plus souvent la becquerelite et l'uranophane, parfois la schoepite (pl. VII, fig. 53, 54, 56). Par suite de la présence de ces derniers, le sulfure et l'uraninite ne s'observent généralement pas en contact immédiat; cette circonstance tend à voiler les relations initiales entre les deux éléments. Certains échantillons montrent toutefois clairement que les sulfures se sont logés dans des fissures de la pechblende et sont postérieurs à la minéralisation uranifère primitive (pl. VII, fig. 55, 57).

La transformation ultérieure de la pechblende a commencé le long des veinules sulfurées et les sulfures ont subi l'épigénie progressive par les minéraux d'uranium secondaires. Certains grains de linnéite, rongés par le centre, ont maintenu en bordure un mince filet ou quelques jalons de sulfure qui dessinent les contours primitifs du grain; plus souvent, c'est au centre du grain qu'a subsisté un vestige du sulfure primaire (pl. VII,

(¹) Une étude récente de Philip Krieger décrit une association analogue de l'or à la pechblende à Placer de Guadalupe, Chihuahua, Mexique. (*Economic Geology*, vol. XXVII, n° 7, 1932.) (Note ajoutée pendant l'impression.)

fig. 56, 58). Le filet marginal de linnéite peut être remplacé par un liséré de chalcosine (fig. 58).

Quand la linnéite se présente en frange autour des cristaux de carrollite, cette dernière a subi plus facilement l'épigénie par les minéraux d'uranium et a pu disparaître complètement, tandis que la linnéite auréolaire restait intacte (pl. VIII, fig. 60, 61; pl. VI, fig. 42).

C. — WULFÉNITE.

Ce minéral se rencontre de façon constante, tant dans les veines du mineraï noir qu'au sein des minérais aux teintes vives. Sa formation paraît remonter au début de la période de décomposition de la pechblende et peut-être même lui être antérieure; des veinules incrustées de wulfénite s'observent dans le mineraï noir en voie de transformation (pl. VIII, fig. 62) et se retrouvent, morcelées, dans les produits d'une altération plus avancée. Le plus souvent la wulfénite se présente en grains irréguliers (pl. I, fig. 7; pl. III, fig. 25; pl. VIII, fig. 63). Certains minérais, qui en sont très chargés, apparaissent à l'œil nu parsemés de petites taches à l'éclat adamantin.

Le minéral est jaune cire; il donne les réactions microchimiques du molybdène et du plomb.

En section polie, la wulfénite montre une teinte blanc grisâtre, légèrement plus claire que celle de la curite. Elle se distingue bien de ce dernier minéral entre nicols croisés, par une coloration gris jaunâtre pâle.

En lame mince, elle est caractérisée par ses indices de réfraction extrêmement élevés, qui la font apparaître presque opaque, et par sa haute biréfringence.

D. — TERRAINS ENCAISSANTS ET GANGUES.

Il nous reste à parler des éléments qui forment la gangue des minérais de Shinkolobwe. Terrains encaissants et minéraux apportés par les solutions hydrothermales sont ici à considérer. Parmi les minéraux communs, comme le quartz et les carbonates, il pourra être malaisé de distinguer entre éléments d'apport et constituants primitifs des terrains. Les remises en mouvement que subissent facilement ces minéraux sont venues compliquer les phénomènes.

Disons tout de suite, pour ce qui concerne les terrains encaissants, que notre étude a porté sur les roches de profondeur, c'est-à-dire, les roches du voisinage du niveau hydrostatique et les échantillons des sondages descendus largement sous ce niveau. C'est le milieu tel qu'il existait à l'époque des minéralisations que nous avons cherché à reconstituer.

Toutes les roches dolomitiques ou schisteuses, dans lesquelles se trouvent logés les minéraux, ont pu être primitivement plus ou moins siliceuses. Nous n'avons pas à retracer ici les phénomènes de diagénèse ou de métamorphisme au cours desquels silice et carbonates ont recristallisé antérieurement à l'époque des minéralisations qui nous occupent. La question de l'origine des dolomies, en particulier et du rôle qu'ont peut-être joué dans sa formation des solutions venues de la profondeur, ne sera pas examinée dans son ensemble (¹).

Mais nous discernons, immédiatement avant les minéralisations uranifères, une phase de venues quartzeuses qui se manifeste avec persistance dans toutes les roches du gisement. Elle constitue pour nous le point de départ des phénomènes que nous essayons de suivre. Sous forme de veinules, dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres, de lentilles, de traînées ou lits minces, de cristaux idiomorphes disséminés, le quartz envahit le terrain préexistant; il est tantôt grossièrement cristallisé, tantôt représenté par des agrégats de très petits éléments. Le doute qui subsistera parfois, comme nous l'avons dit, dans la distinction entre quartz de cette phase et quartz préexistant, n'atteint point le fait de l'existence d'une venue siliceuse importante que nous considérons comme le prélude des minéralisations métallifères et à laquelle nous sommes portés à attribuer une origine profonde.

Le quartz existe en proportions élevées dans le minerai d'uranium. Il apparaît parfois nettement que la minéralisation de pechblende a suivi les veines de quartz, soit qu'elle se localise dans celles-ci (pl. VIII, fig. 65), soit que le minerai d'uranium aille épigéniser les imprégnations quartzeuses, ou le carbonate lui-même, du terrain encaissant à proximité des veines (pl. VIII, fig. 67; pl. IX, fig. 68, 69). Une série d'échantillons prélevés d'une façon méthodique depuis le centre d'un filonnet de pech-

(¹) Nous avons laissé en dehors du cadre de notre travail l'étude lithologique systématique des terrains de la série des Mines.

blende jusqu'au point où la roche dolomitique encaissante présente son facies normal, non siliceux, a mis en évidence la progression de la quartification à partir d'une fissure du terrain, que les solutions uranifères ont elles-mêmes suivie.

On trouve de la pechblende dans les interstices des grains de quartz ou de carbonate et dans leurs cassures (pl. VIII, fig. 66, 67; pl. IX, fig. 68, 69). Les quartz ainsi pénétrés par le mineraï d'uranium nous ont montré, par endroits, des traînées d'inclusions microscopiques parallèles, passant d'un grain à l'autre sans modification de direction; ce caractère est propre aux quartz qui ont subi l'influence d'émanations d'origine magmatique (¹). En pleine pechblende se rencontrent des cristaux idiomorphes de quartz; il s'agit, apparemment, d'éléments ayant appartenu à des agrégats quartzeux ou formés isolément au cours des venues siliceuses dans les terrains minéralisés et que l'action épigénétique de la pechblende a respectés.

Le quartz est très facilement attaqué par les minéraux d'uranium secondaires. Ses cristaux, dans les minérais altérés, accusent souvent encore, en dépit d'une corrosion plus ou moins avancée, leurs contours polygonaux; une zone périphérique de becquerelite ou d'uranophane y entoure un noyau siliceux résiduaire (pl. IX, fig. 71). Les inclusions de quartz dans les minérais d'uranium apparaissent généralement comme des centres où s'est amorcée l'altération de la pechblende (pl. IX, fig. 72).

Dans les gros filons de pechblende la relation entre la minéralisation uranifère et la venue quartzeuse peut n'être pas apparente; mais il suffit, pour reconstituer la succession des phénomènes, de la constater à petite échelle sur les veines minces. L'observation se trouve être conforme à ce qui se marque dans de si nombreux filons métallifères: le quartz ouvrant la voie aux minérais.

Les choses apparaissent plus clairement encore pour les sulfures que pour la pechblende, là où ils se présentent sans minérais d'uranium. Les roches minéralisées y sont toujours veinulées de quartz et les sulfures se logent de préférence dans les veines (pl. VIII, fig. 64; pl. IX,

(¹) Rappelons, à ce sujet, les observations de CH. BARROIS sur le quartz de l'auréole de métamorphisme du granite de Rostrenen. (*Ann. de la Soc. géologique du Nord*, tome XII, 1884-1885.)

fig. 73, 74, 75; pl. X, fig. 78) ou à proximité de celles-ci. Cette relation peut être voilée par les cristallisations de carbonates, postérieures à la formation des sulfures et qui ont épigénisé plus ou moins complètement le quartz. Nous reparlerons plus loin de cette dernière phase de la formation du gisement.

Nous n'avons pas observé les quartz noirs, bruns par transparence, que décrit Schoep (¹). Mais des agrégats quartzeux enrobés dans la pechblende apparaissent parfois noirs par réflexion dans les sections polies. Il semble bien que le reflet sombre soit dû au mineraï d'uranium qui se trouve logé dans les interstices des grains.

Au quartz s'associent constamment des éléments phylliteux : *chlorites* et *talc*. On les trouve dans les veines quartzeuses, dont ils occupent volontiers les parties proches de l'éponte (pl. X, fig. 78, 79) et au sein du terrain encaissant, en paillettes isolées ou en feutrages serrés (pl. X, fig. 77); de fins agrégats siliceux sont littéralement bourrés de chlorite (pl. IX, fig. 69). Parmi ces minéraux, le rôle principal reviendrait aux chlorites. Il semble bien, dans certains cas, qu'on ait exagéré l'importance du talc dans les terrains du Katanga; des roches dites talqueuses ne contiennent que des chlorites ou des phyllites kaolineux. C'est le cas d'une roche verdâtre, à toucher onctueux, translucide en fragments minces, que l'on trouve à Shinkolobwe dans la zone dérangée limitant vers le Nord le massif principal minéralisé et où l'analyse a révélé la composition suivante :

SiO_2	.	.	.	.	.	.	32.10	%
Al_2O_3	.	.	.	.	.	.	27.23	"
MgO}	.	.	.	.	.	.	28.07	"
H_2O}	.	.	.	.	.	.	12.08	"
							99.48	%

Les chlorites de Shinkolobwe que nous avons examinées sont blanches ou verdâtres, de signe positif, apparemment uniaxes et à angle d'extinction nul ou très faible des sections allongées. Elles se différencient du talc par le signe optique, la faible biréfringence et la

(¹) A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 38.

teneur élevée en alumine vérifiée microchimiquement. Le talc a été identifié par ses caractères physiques, ses propriétés optiques, l'absence du potassium qui le distingue du mica; il est vert ou blanc. Les deux minéraux se présentent parfois en intermélange.

La question de l'origine peut se poser pour les talcs et chlorites comme pour une partie du quartz. Les petits éléments phylliteux qui forment la pâte de certains schistes doivent avoir fait partie de la composition de ces roches avant la période des minéralisations qui nous occupe. Mais nous tenons pour évidente la cristallisation d'une grande partie de ces minéraux à l'époque des venues siliceuses; c'est le cas des éléments le plus largement cristallisés.

Aux venues siliceuses il faut rattacher la *monazite*, qui présente un développement remarquable dans les roches encaissant le gisement. Elle existe toujours en cristaux idiomorphes, jaune miel, qui ont été décrits par Schoep (¹); dans les lames minces ils donnent des sections losanges ou rectangulaires (pl. X, fig. 80, 81, 82, 83). On trouve surtout la monazite à proximité des veinules de quartz ou dans les agrégats quartzeux; mais elle est, à vrai dire, fort répandue dans les roches diverses du gisement: «schistes talqueux», dolomies, etc. Quand les minéraux d'uranium, pechblende ou ses produits de transformation et les minéraux sulfurés ont épigénisé le quartz ou le terrain encaissant, elle paraît avoir résisté à leur action et on la retrouve isolée au milieu d'eux (pl. I, fig. 6).

La *tourmaline* existe dans les roches du gisement, mais elle paraît beaucoup moins abondante que la monazite. Nous ne l'avons observée que dans deux ou trois de nos préparations, en très petits éléments peu caractéristiques: pléochroïsme habituel, mais parfois une partie seulement du minéral est colorée. Rappelons que Schoep (²) a signalé la présence de tourmaline incolore dans certaines giobertites cristallines du Katanga.

Une veine de quartz de quelques millimètres d'épaisseur présente, aux éponges, sur un de nos échantillons, de l'*apatite* laiteuse, blanc rosé.

(¹) A. SCHOEP, *op. cit.*, p. 41.

(²) A. SCHOEP, *Sur divers gisements de la Giobertite cristalline à tourmaline incolore, linnéite, etc., dans le Sud du Katanga*. (Bull. Soc. belge de Géologie, tome XXXVIII, 1929, p. 92.)

Le minéral est imparfaitement transparent en lame mince. De petits cristaux de monazite se distribuent sur son pourtour (pl. X, fig. 81).

Nous rapportons ces divers minéraux, monazite, tourmaline, apatite, aux venues quartzeuses d'origine magmatique.

Les *carbonates* jouent évidemment un rôle important dans les minérais de profondeur. Ils constituent, le plus souvent, l'élément prédominant de l'éponte des veines minéralisées. On voit la pechblende, de même que les sulfures, pénétrer les dolomies en les épigénisant et y développer fréquemment des cristaux idiomorphes. Mais nous n'avons pu découvrir d'indices d'une phase de cristallisation de carbonates qui aurait précédé, dans la paragénèse d'origine magmatique, celle des minérais. Si une telle phase existe, elle est voilée par l'analogie de ses produits et des constituants du terrain encaissant; les carbonates qui épigénisent le quartz nous ont toujours paru appartenir à une phase de carbonatation postérieure aux minérais et dont nous allons parler.

Il y a eu, après la formation de la pechblende et des sulfures, tout au moins après celle de la pyrite et des linnéites, une large cristallisation de carbonates dans les zones suivies par les minéralisations antérieures. Elle affecte le quartz, la pechblende et les sulfures (pl. XI, fig. 84 à 91). Il s'agit toujours de cristallisations grossières, blanches ou roses, dont les éléments peuvent atteindre plusieurs centimètres. Les figures 86 et 87 montrent de façon fort claire l'épigénie d'un cristal d'uraninite; dans la première, le cristal, constitué au sein d'un agrégat dolomitique et présentant une légère auréole d'imprégnation sur son pourtour, est encore intact. Dans la seconde, le phénomène d'épigénie est surpris à un stade avancé; les grains du carbonate encaissant se sont nourris aux dépens de l'uraninite, qui a presque complètement disparu, mais l'auréole d'imprégnation a subsisté, de même qu'un mince filet noir qui souligne les contours du cristal cubique primitif. Dans d'autres cas, la masse dolomitique imprégnée de pechblende a entièrement recristallisé en larges granules, avec élimination du mineraï d'uranium (pl. IX, fig. 68).

Vis-à-vis des sulfures, les phénomènes ne sont pas moins clairs; des veinules de carbonate découpent les sulfures et corrodent leurs cristaux (pl. XI, fig. 88, 91). Un contact chalcopyrite-carbonate nous a montré un tracé en dents de scie accusant les directions cristallographiques du

carbonate (pl. VI, fig. 50); nous l'interprétons comme résultant de la croissance de ce dernier aux dépens du sulfure. La même structure a été observée à un contact pechblende-carbonate dans des veines quartzeuses, où il paraît bien établi que le carbonate est le dernier élément venu (pl. X, fig. 76).

Mais il arrive que la chalcopyrite se distribue en très petits éléments à la périphérie des grains d'un carbonate qui, par ailleurs, épigénise des cristaux de linnéite (pl. XI, fig. 89). Là, la cristallisation du carbonate se placerait, dans la paragénèse, entre les sulfures nickel-cobalt et la chalcopyrite.

La phase de cristallisation qui nous occupe a formé d'abondants matériaux. Comme nous venons de le voir, son début paraît se situer vers la fin de l'ère des sulfures, mais elle a pu couvrir une longue période.

Quelle est la nature et quelle est l'origine de ces carbonates? Schoep (¹) a attiré l'attention sur la fréquence de la giobertite dans la « dolomie cristalline » du Katanga. A diverses reprises, on a signalé à Luishia la haute teneur en magnésium de certaines roches de ce type. Il semble bien que dans la majorité de nos échantillons présentant des carbonates de la dernière phase il s'agit de dolomite; la détermination repose sur des essais microchimiques et optiques (indices de réfraction) contrôlés par l'analyse quantitative de deux échantillons attribués, l'un à la dolomite (I), l'autre à la giobertite (II).

	Analyse I.	Analyse II.
	%	%
CaO	29.31	0.33
MgO	21.40	47.24

Nous sommes portés à penser que les giobertites signalées par Schoep font partie de la phase de cristallisation que nous venons de décrire; celle-ci aurait donné, en des points voisins, ici du carbonate de magnésium, là de la dolomite. Vu l'unité des phénomènes dans tout le Katanga méridional, une même interprétation doit valoir partout.

Signalons que des analyses effectuées par les soins de l'Union

(¹) *Bull. Soc. belge de Géologie*, t. XXXVII, p. 51, p. t. XXXVIII, p. 92.

Minière sur des échantillons de « dolomie » provenant de gisements divers et en particulier de Luishia, ont toutes fourni la proportion chaux-magnésie de la dolomite. Mais ces analyses ont porté sur la roche normale, constituant la masse des strates et probablement non affectée par les minéralisations qui nous occupent. Suivant notre hypothèse, la magnésite serait à chercher dans les zones minéralisées, relativement peu étendues, des assises dolomitiques, là où nous voyons se constituer les carbonates de la phase décrite plus haut; elle y accompagnerait de la dolomite formée dans les mêmes conditions. Remarquons qu'à Luishia, comme à Shinkolobwe, c'est dans des échantillons à minéralisations sulfurées que le carbonate de magnésium a été identifié. Notre suggestion préciserait la part de la giobertite dans la composition de la « dolomie cristalline ».

Pour ce qui est de l'origine de ces carbonates, comme il s'en est formé dès la fin de la période des minéralisations sulfurées, il est logique d'y voir, au moins pour une partie d'entre eux, le produit de l'action hydrothermale finissante. Cette opinion n'implique pas que le carbonate soit lui-même d'origine profonde; il est trop naturel, étant donné le développement des dolomies des terrains encaissants, de soupçonner que ceux-ci ont fourni les matériaux des dernières cristallisations. Par ailleurs, il pourrait y avoir des veines de carbonate de formation plus récente, sans rapport avec les minéralisations d'origine profonde et qui ne se laisseraient pas distinguer des précédentes.

Notons, pour terminer, que les carbonates, tout comme le quartz, ont pu, au cours de l'altération de la pechblende, être épigénisés par les minéraux d'uranium secondaires.

CHAPITRE V.

GENÈSE DU GISEMENT.

De la description des minéraux qui précède se dégagent les traits essentiels de la genèse. L'origine magmatique ne peut être mise en doute; en profondeur doit exister un magma intrusif dont les solutions minéralisatrices du gîte uranifère ont constitué un produit de différenciation. Comme il est courant dans la formation des gîtes filoniens, l'intervention des phénomènes profonds s'est manifestée dans un premier stade

par des venues quartzeuses qui ont silicifié irrégulièrement les dolomies et les schistes.

A cette même phase appartiennent la monazite, qu'on trouve partout dans les terrains encaissant le gisement, la tourmaline, apparemment moins répandue et l'apatite. Il faut encore lui rapporter les chlorites et le talc, trouvés dans les veines de quartz ou en rapport immédiat avec elles. Mais il pourra être difficile de distinguer toujours entre le quartz et les phyllites de formation hydrothermale et ces mêmes minéraux ayant appartenu aux sédiments avant l'époque des minéralisations d'origine profonde. Dans cette première phase, les phénomènes d'épigénie ont joué un rôle important, principalement aux dépens des carbonates primitifs du terrain.

La phase suivante est celle de la pechblende. Le mineraï d'uranium s'est logé dans les petites veines quartzeuses, où il épigénise le quartz, ou bien a imprégné les éléments carbonatés du terrain encaissant. Sa structure est celle de masses cristallines et il n'est pas rare d'observer, au sein du mineraï, des formes cubiques plus ou moins complètement dégagées. S'il est aisé de reconnaître, en particulier dans les petits filonnets uranifères, les phénomènes d'épigénie par la pechblende des minéraux de formation antérieure, il est beaucoup plus difficile de préciser la part qu'a prise dans l'élaboration du gisement l'incrustation de fractures ouvertes mécaniquement. Les filons épais de pechblende massive suggèrent à première vue le dernier mode de formation. En dépit de ces apparences, nous sommes portés à penser que le remplacement épigénétique a joué un rôle important.

Après la pechblende sont venus les sulfures, dans l'ordre suivant : pyrite, linnéites, chalcopyrite; la place de la molybdénite dans cette série n'a pu être précisée. Les sulfures ont suivi en partie les voies de la pechblende, au sein de laquelle on les trouve en veinules. Mais la zone des minéralisations sulfurées est beaucoup plus étendue que celle des minérais d'uranium et les sulfures se rencontrent seuls dans la partie du gisement où ils sont le plus développés. Leur association aux minéralisations quartzeuses du premier stade des venues hydrothermales se manifeste plus clairement encore que pour la pechblende. Le plus souvent c'est le quartz lui-même qui est épigénisé par les sulfures, mais on trouve aussi

ceux-ci en imprégnation dans les schistes ou dans les dolomies recoupées par les veines de quartz. La genèse de la bornite est incertaine; peut-être faut-il la rapporter aux actions supergènes.

La formation du gîte primaire s'achève par une cristallisation très développée de carbonates, où l'on trouve dolomite et giobertite et qui épigénisent tous les minéraux des phases antérieures : quartz, pechblende et sulfures. Cette minéralisation ultime appartient-elle bien encore au cycle des phénomènes d'origine profonde qui ont donné les minéraux précédents? Ce n'est pas sûr, mais nous le pensons et la phase des carbonates paraît même chevaucher à son début la dernière partie de celle des sulfures.

Ici se placent dans l'histoire du gisement, mais séparés par un temps considérable de la période des minéralisations dont nous venons de retracer les étapes, l'altération de la pechblende et son remplacement par toute la série des minéraux d'uranium secondaires. Nous avons essayé de débrouiller la composition de ces minéraux complexes aux teintes vives et d'y distinguer un ordre dans les transformations, depuis l'ianthinite et la becquerelite au début du phénomène, jusqu'aux phosphates d'uranium, à l'uranophane, à la sklodowskite, dans la phase dernière, avec persistance de la curite tout au long de la période d'altération. Ces divers minéraux se sont substitués à la pechblende primitive, mais nous avons montré qu'il y avait aussi épigénie par eux du quartz et des sulfures. En outre, une grande partie de l'uranium est allée se disséminer, principalement sous forme de phosphates, dans les terrains encaissants.

Nous discuterons au chapitre suivant, à propos des phénomènes d'altération superficielle, l'origine des produits secondaires d'uranium. Faut-il la chercher dans une intervention hydrothermale ou dans les phénomènes supergènes? En toute hypothèse, il ne paraît pas douteux que les éléments tels que chaux, magnésie, anhydride phosphorique, silice, qui entrent dans la composition des minéraux secondaires, aient été empruntés aux terrains encaissants ou à la gangue des veines minéralisées.

A la phase du début de l'altération de la pechblende semble devoir être rapportée la wulfénite, très répandue dans le gisement. En l'absence de minéraux de plomb dans la paragénèse primitive, il serait difficile

d'expliquer sa formation par l'action de solutions molybdiques à l'époque où s'est constitué le gîte primaire. Beaucoup plus probable est l'hypothèse d'une remise en mouvement, où le molybdène provenant des sulfures (molybdénite et linnéites à molybdène) se serait combiné au plomb de l'uraninite. L'origine du minéral est à chercher dans les phénomènes qui ont donné naissance aux minéraux secondaires d'uranium.

Enfin, c'est évidemment à l'altération superficielle qu'il faut rapporter les sulfures de cémentation : chalcosine, covellite et peut-être bornite. Il en est de même de l'or natif et du cuivre natif ; l'or primaire entre probablement dans la composition des sulfures, mais il n'y a pas été décelé par l'examen microscopique.

Relations magmatiques. — Si Shinkolobwe constitue jusqu'à présent une exception au point de vue du tonnage et de la qualité du minéral, il est néanmoins un fait, c'est que l'uranium ne constitue en aucune façon un élément anormal de la minéralisation au Katanga. La présence d'uranium, sous forme de pechblende ou de produits d'altération, a déjà été reconnue dans sept gîtes de cuivre, depuis Ruashi au Sud-Est jusqu'à l'extrême Nord-Ouest de la zone de cuivre, en passant par Luishia et Kambove.

L'aire de répartition de la minéralisation en uranium a donc une étendue du même ordre que celle des minéralisations en cuivre et cobalt.

A Shinkolobwe, le nickel, dans la venue sulfurée et l'urane ont pris un développement tout à fait anormal. On notera également la présence dans le gîte de l'association or-palladium ainsi que celle du vanadium à peu de distance. Ceci rappelle les minéralisations du gîte de Ruwe.

L'un de nous (¹) a étudié précédemment les minéraux du gisement de Kipushi (mine Prince Léopold) de type filonien accusé ; en dépit des divergences des compositions minérales, des analogies se marquent entre les phénomènes observés à Kipushi et à Shinkolobwe.

Pour ce qui concerne le magma-parent, la nature de certains éléments de la minéralisation (molybdénite, tourmaline, montazite et l'uraninite elle-même, si communément associée aux pegmatites acides) suggère un départ

(¹) J. THOREAU, *Le gisement Prince Léopold (Kipushi)*. (Mém. Institut géologique de l'Université de Louvain, tome IV, fasc. III, 1928.)

acide. On est porté à chercher dans des intrusions granitiques profondes l'origine de toutes les minéralisations du Katanga méridional (¹). Les observations faites à Shinkolobwe corroborent cette manière de voir. Toutefois, dans l'état de nos connaissances sur les phénomènes de différenciation métallogénique et en l'absence d'affleurements de roches ignées dans la région (²), une certaine réserve s'impose sur la question des relations magmatiques du gisement.

Il est assez malaisé, par ailleurs, de situer le gîte d'uranium dans une répartition zonale régulière qui comprendrait toutes les minéralisations du Katanga méridional. Il nous paraît toutefois que le gîte a dû se former à température plus élevée et à moindre distance de la source magmatique que les gisements de cuivre-cobalt et de cuivre-zinc de caractère hydrothermal indiscutables, tel celui de Kipushi.

CHAPITRE VI

PHÉNOMÈNES D'ALTÉRATION SUPERFICIELLE.

Le niveau hydrostatique actuel dans la mine se trouve à 45 mètres sous le niveau moyen du sol. Les rivières à eau permanente les plus proches, situées à quelques kilomètres au Sud et au Nord, se trouvent à un niveau d'environ 40 mètres plus bas encore.

On retrouve à Shinkolobwe les phénomènes de décarbonation typiques, observés dans les gîtes de cuivre, donnant aux roches encaissantes des facies de surface fort différents des facies de profondeur : roches cellulaires et terres noires sont bien développées.

Déjà dans les travaux profonds de la mine, quoique toujours dans la zone d'oxydation actuelle, on constate que les roches tendent à

(¹) La question si controversée de l'origine des gisements de cuivre du Katanga, au sujet de laquelle l'accord semble près de se faire entre géologues belges en faveur de la théorie hydrothermale, n'a pas à être reprise ici. L'étude récente de H. SCHNEIDERHÖHN (*Mineralische Bodenschätze im Südlichen Afrika*, Berlin 1931), où se trouve remise en faveur la théorie sédimentaire, lui a donné un renouveau d'actualité. Pour Shinkolobwe, comme pour Kipushi, la question peut à peine se poser et l'origine profonde paraît indiscutable.

(²) L'affleurement de roche intrusive le plus proche se trouve à 25 kilomètres. Il s'agit d'une roche de la famille des gabbros.

prendre leur facies normal de profondeur; les roches cellulaires deviennent un calcaire dolomitique cristallin massif, que rien ne permet à première vue de distinguer des calcaires dolomitiques existant dans la partie Sud du gisement.

Ce passage aux facies de profondeur est loin d'être régulier. Les eaux superficielles ont suivi, pour s'infiltrer, les zones de moindre résistance. De plus, la présence de roches carbonatées relativement pures a permis des dissolutions en grand et facilité les phénomènes de circulation profonde.

Nous avons déjà dit un mot de la zone toute spéciale de forme elliptique qui apparaît dans le gisement. On la suit depuis la surface. Elle est occupée par un agglomérat de blocs, parfois volumineux, de roches appartenant soit à la série des Mines, soit au Kundelungu, flottants dans des argiles rouges. Nous la considérons comme due au remplissage par effondrement et ruissellement d'un puits naturel, dû à la dissolution des calcaires dolomitiques sous-jacents.

Au niveau 57, où cette zone a été recoupée par diverses galeries, on ne constate encore aucune modification du remplissage. A ce niveau, les parois du puits naturel sont constituées par des roches non solubles. La cavité primitive devait donc se trouver plus bas encore. Si l'on tient compte de l'allure des calcaires et de celle du puits, on peut estimer que la profondeur minimum de la poche de dissolution sous la surface du sol est d'environ 150 mètres.

Il est intéressant de signaler que des blocs volumineux de pechblende ont été trouvés dans le remplissage argileux, ce qui indique que la minéralisation s'étendait primitivement au travers de cette zone. Cette observation suggère l'hypothèse que la cavité primitive, qui a donné lieu à la formation du puits naturel, serait peut-être due à l'altération d'une masse importante de minerai sulfuré en profondeur.

La partie du gisement exploitée à l'heure actuelle est comprise entièrement dans la zone d'oxydation.

Repronons ici la question de l'origine des minéraux secondaires d'uranium. Des données expérimentales sur les températures de formation et sur les conditions d'équilibre des phases minérales en présence nous

manquent malheureusement. A leur défaut, on peut interroger la distribution des minérais secondaires dans le gîte et leur âge.

Pour ce qui concerne le premier point, si l'on fait abstraction des circonstances qui, localement, ont pu favoriser ou retarder les transformations, on note une diminution progressive de la proportion des minérais secondaires, liée au changement de facies des terrains encaissants. Près du niveau hydrostatique, le minéral noir, recouvert d'une croûte mince de produits de transformation, devient le type normal; plus bas, les sondages n'ont recoupé que de la pechblende mouchetée de quelques oxydes jaunes.

Quant à l'âge des minéraux secondaires, l'absence de plomb dans plusieurs espèces appartenant à des stades divers de l'altération oblige à les considérer comme peu anciens. Tout le plomb des minérais aux teintes vives est du plomb d'urane de la pechblende, remanié par l'altération et concentré dans certaines espèces minérales.

D'autre part, le traitement industriel des minérais secondaires provenant des filons montre que le rapport Ur/Ra est, dans la limite des erreurs de mesure, égal au rapport théorique : ils sont saturés. Des essais effectués sur des torbernitites provenant des zones à minéralisation disséminée ont fourni jusqu'à présent le même résultat.

On peut conclure de ce qui précède que l'âge des remises en mouvement dans les zones atteintes par l'exploitation dépasse le minimum de temps requis pour que les minérais secondaires acquièrent l'équilibre radioactif, mais qu'il est insuffisant pour que des quantités dosables de plomb aient pu apparaître dans les minéraux dont la constitution théorique ne comporte pas cet élément.

Dans l'hypothèse d'une intervention hydrothermale, il faudrait donc placer celle-ci à une époque géologiquement récente et admettre que le phénomène s'est passé à très faible profondeur. Cette action hydrothermale serait, cela va sans dire, absolument indépendante des phénomènes qui ont donné naissance au gîte primitif à une époque certainement antérieure à la fin du paléozoïque.

Schoep a exprimé l'avis que les minérais secondaires d'uranium auraient une origine hydrothermale. Nous pensons que les faits d'observation appuient l'hypothèse supergène.

Tout comme dans les gîtes de cuivre, le résultat net de l'altération par le haut est une nouvelle répartition des valeurs; le plomb, en particulier, s'est concentré dans les filons originels, tandis qu'une grande quantité de l'uranium se trouvait portée en dissémination dans les roches encaissantes.

RÉSUMÉ

1. Le gisement de Shinkolobwe a les caractères d'un gîte filonien d'origine magmatique.
2. Il est encaissé dans les strates de la « série des Mines », que les veines minéralisées recoupent obliquement.
3. La minéralisation est postérieure aux grands mouvements tectoniques auxquels la région doit ses caractères structuraux actuels. Elle daterait de la fin de l'orogénèse de l'ère du Kundelungu supérieur.
4. La formation du gisement a comporté, dans l'ordre, les phases suivantes : quartz avec apatite, monazite, tourmaline et éléments phylliteux — pechblende — sulfures de fer, nickel, cobalt, molybdène, cuivre — carbonates. Les éléments de chaque phase ont épigénisé ceux des phases précédentes.
5. Outre l'incrustation de fractures ouvertes, la substitution aux éléments du terrain encaissant a joué un rôle important dans la formation des concentrations minérales.
6. La pechblende a donné naissance à une série de minéraux d'uranium secondaires qui présentent un grand développement. Ces derniers ont épigénisé les minéraux de l'incrustation primitive, ainsi que les éléments des terrains encaissants. L'altération de la pechblende est récente; les faits d'observation nous paraissent appuyer fortement l'hypothèse d'une origine supergène.
7. La wulfénite, très développée au sein de la pechblende, paraît avoir la même origine que les minéraux secondaires d'uranium.
8. Tout le plomb du gisement serait du plomb d'uranium; celui qui entre dans la composition des minéraux secondaires provient de la pechblende.

9. Il n'y a guère d'enrichissement secondaire des éléments sulfurés. L'altération a donné de l'or natif, qui provient probablement des sulfures et se trouve associé à du palladium.

10. Le gisement s'apparente à l'ensemble des minéralisations du Katanga méridional. Le magma générateur est à chercher en profondeur; les caractères minéralogiques du gîte suggèrent qu'il s'agit d'un granite.

* *

Il nous est agréable, en terminant cette étude, d'exprimer nos remerciements à la Direction de l'Union Minière du Haut-Katanga qui a bien voulu en autoriser la publication. L'examen des sections polies et l'exécution des microphotographies ont été rendus possibles grâce aux instruments prêtés au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Louvain par le Fonds National de la Recherche Scientifique; nous tenons aussi à remercier vivement la Direction de cette institution.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
CHAPITRE I. --- <i>Historique et généralités</i>	3
CHAPITRE II. --- <i>Caractères géologiques de la zone minéralisée</i>	5
CHAPITRE III. <i>Forme du gisement</i>	11
CHAPITRE IV. <i>La minéralisation</i>	14
A) Minéraux d'uranium	14
B) Sulfures et métaux à l'état natif	26
C) Wulfénite	31
D) Terrains encaissants et gangues	31
CHAPITRE V. <i>Génése du gîte</i>	38
CHAPITRE VI. <i>Phénomènes d'altération superficielle</i>	42
RÉSUMÉ	45



PLANCHE I

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

FIG. 1. — Section polie. $\times 50$.

Cristaux d'uraninite complètement pseudomorphisés, l'un en becquerelite (B), l'autre en curite et becquerelite (B+C). Pâte d'uranophane (ur) contenant quelques grains de wulfénite (W).

FIG. 2. — Section polie. $\times 130$.

Cristaux d'uraninite (U) partiellement décomposés en becquerelite (B) et entourés par une masse de becquerelite et uranophane (B+ur).

FIG. 3. — Section polie. $\times 45$.

Cristal d'uraninite (U) montrant une zone continue parallèle aux faces du cube, où s'amorce l'altération.

FIG. 4. — Section polie. $\times 65$.

Structure en zigzags de l'uraninite (U) en voie de décomposition en becquerelite (B).

FIG. 5. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 70$.

Cristaux d'uraninite entièrement pseudomorphisés en curite (C) et kasolite (K). La kasolite semble épigéniser la curite qui se serait formée, seule d'abord, aux dépens de l'uraninite. Autour des cristaux : pâte de kasolite et de torbernite.

FIG. 6. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 42$.

Cristaux d'uraninite dont la décomposition en becquerelite est plus ou moins avancée : dans le cristal 1 la transformation n'affecte que la bordure, devenue semi-transparente ; dans le cristal 2 elle est presque complète. Pâte d'uranophane (ur) avec groupements étoilés (E) d'aiguilles de ce minéral. Monazite (m). Wulfénite (W).

FIG. 7. — Section polie. $\times 220$.

Vestiges de pechblende (U) en structure régulière dans la becquerelite (B). Gros grain de wulfénite (W). Veinule d'uranophane (ur).

FIG. 8. — Section polie. $\times 1200$. Immersion dans l'huile.

Substance noire (C) paraissant, aux grossissements ordinaires, en section polie, être constituée de curite homogène. La photo montre au sein de la substance une granulation claire, qui représente des vestiges d'uraninite. Ceux-ci expliquent la teinte noire.

FIG. 9. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 35$.

Cristaux d'uraninite noire (U) se détachant sur un fond de produits d'altération.

PLANCHE I.

Fig. 1

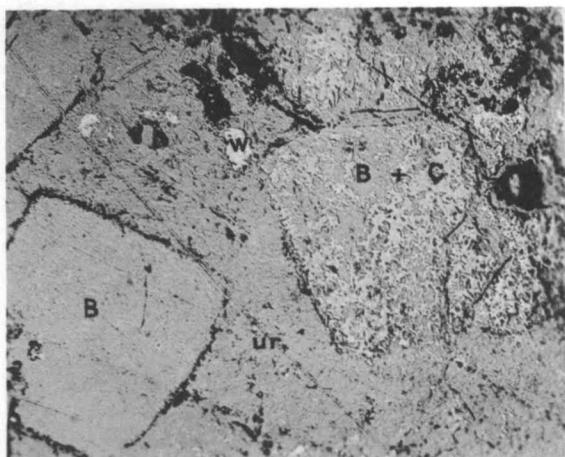


Fig. 2

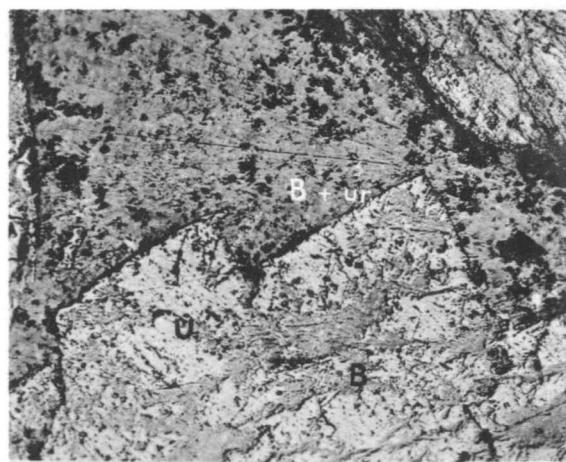


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

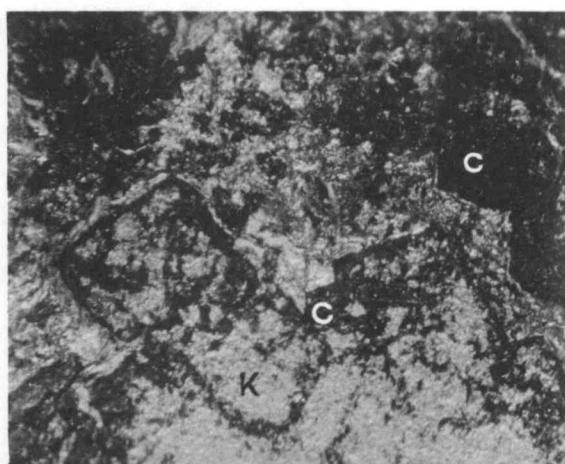


Fig. 6

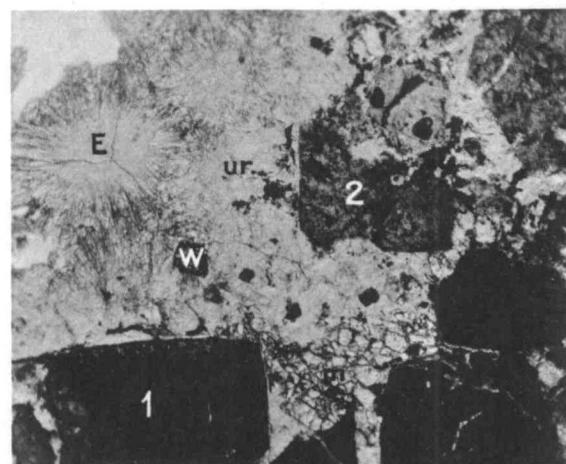


Fig. 7

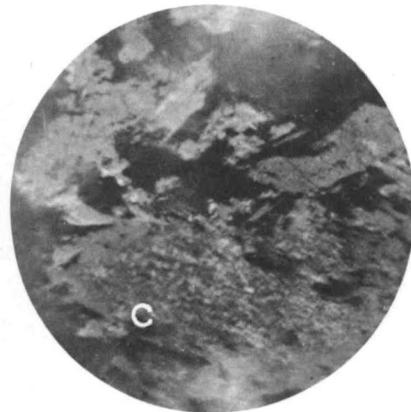


Fig. 8



Fig. 9

PLANCHE II

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

FIG. 10. -- Section polie. $\times 230$.

Partie supérieure de la photo : becquerelite (B) avec un peu de curite (C), provenant de la décomposition *in situ* de la pechblende. Quelques vestiges de pechblende (U) encore reconnaissables.

Partie inférieure : curite intermélangée à de l'uranophane (ur).

FIG. 11. -- Section polie. $\times 150$. Echantillon provenant de Luishia.

Pechblende (U) presque entièrement décomposée en curite (blanche) et becquerelite plus uranophane (fond gris). Structure de la pechblende trahie par l'altération.

FIG. 12. -- Section polie. $\times 70$.

Large plage de becquerelite (B) formée *in situ* aux dépens de la pechblende ; les vestiges de cette dernière, en relief, occupent de préférence les lisières du noyau primitif transformé, ou se distribuent autour des inclusions de quartz (q), elles-mêmes épigénisées en grande partie par la becquerelite. Dans le bas : pechblende presque indemne (U).

FIG. 13. -- Section polie. $\times 330$.

Arabesques de pechblende (U) résiduaire sur un fond de soddyite (So) contenant de petits prismes de curite (C).

FIG. 14. -- Section polie. $\times 78$.

Noyaux de becquerelite (B) provenant de la décomposition *in situ* de la pechblende et entourés de veines incrustées de curite (C).

FIG. 15. -- Section polie. $\times 160$.

Veine d'ianthinite (I) et curite (C) entre deux noyaux de becquerelite (B) frangés d'un mince filet en relief de pechblende résiduaire.

FIG. 16. -- Section polie. $\times 135$.

Becquerelite (B) et curite (C) formées aux dépens de la pechblende (U) dont on aperçoit quelques vestiges.

FIG. 17. -- Section polie. $\times 32$.

Veine de becquerelite et uranophane (B + ur) avec bandes de curite (C) contre l'une des épontes, au sein de la pechblende (U).

PLANCHE II.

Fig. 10

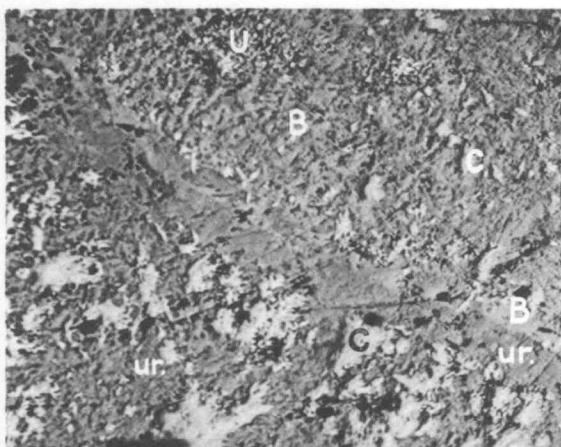


Fig. 11



Fig. 12

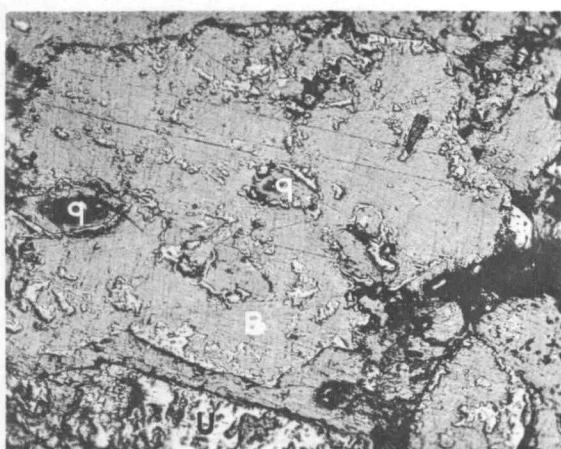


Fig. 13

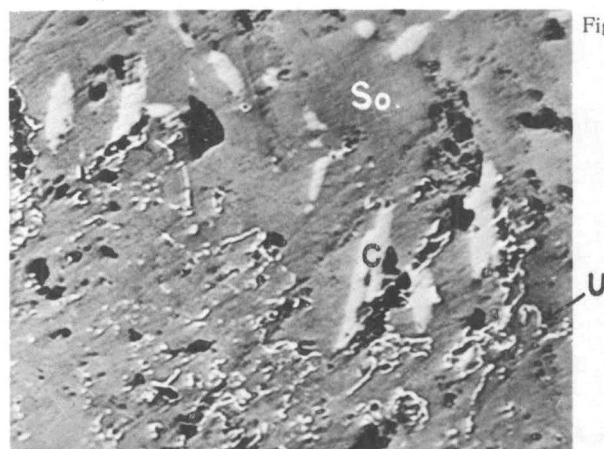


Fig. 14

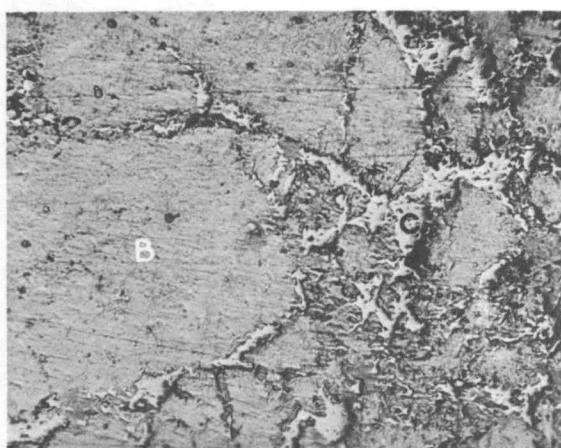


Fig. 15

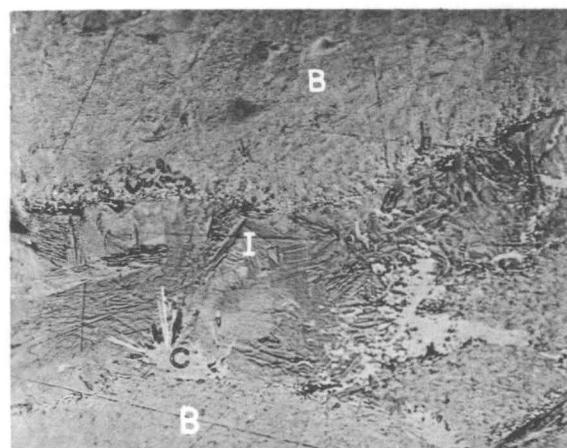


Fig. 16

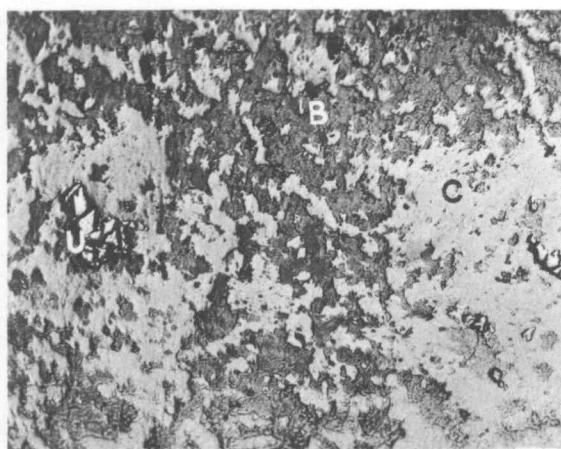
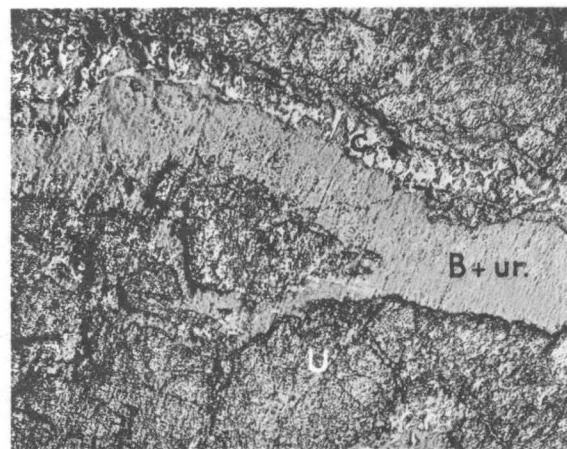


Fig. 17



EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

FIG. 18. — Section polie. $\times 60$.

Veine de becquerelite plus uranophane (B+ur) avec un peu de curite contre l'éponte et veine de curite plus uranophane (C+ur), au sein de la pechblende (U).

FIG. 19. — Section polie. $\times 55$.

Veines incrustées de curite (C) et de schoepite (S) au sein d'une pechblende très altérée.

FIG. 20. — Section polie. $\times 200$.

Intermélange de curite (blanche) et de soddyite (grise) au contact d'une veine de soddyite (So).

FIG. 21. — Section polie. $\times 115$.

Curite (blanche) et soddyite (grise). La structure semble indiquer une épigénie de la curite par la soddyite.

FIG. 22. — Section polie. $\times 130$.

Mince rubannement d'uranophane (ur) dans la curite (C). Grains de wulfénite (W). En bas, à gauche : noyau de pechblende décomposée en becquerelite (B) avec liséré d'uraninite intacte.

FIG. 23. — Section polie. $\times 100$.

Curite (C), soddyite (So). Schoepite (S) formant des dépressions mal polies dans la soddyite.

FIG. 24. — Section polie. $\times 110$.

Étoilements d'aiguilles d'uranophane entre lesquelles s'intercalent des aiguilles de curite (blanche). Entre les étoiles, pâte d'uranophane microcristalline (ur) avec petits prismes de curite. Grains de wulfénite (W).

FIG. 25. — Section polie. $\times 180$.

Intermélange de curite (gris pâle) et de kasolite (gris foncé). Wulfénite (W) dans une veine de kasolite (K).

PLANCHE III

PLANCHE III.

Fig. 18



Fig. 19

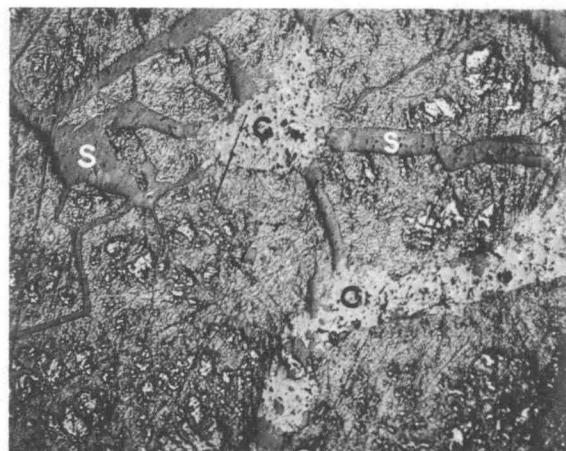


Fig. 20

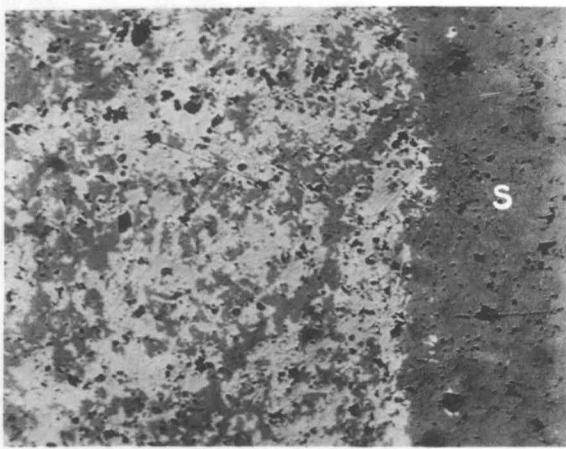


Fig. 21

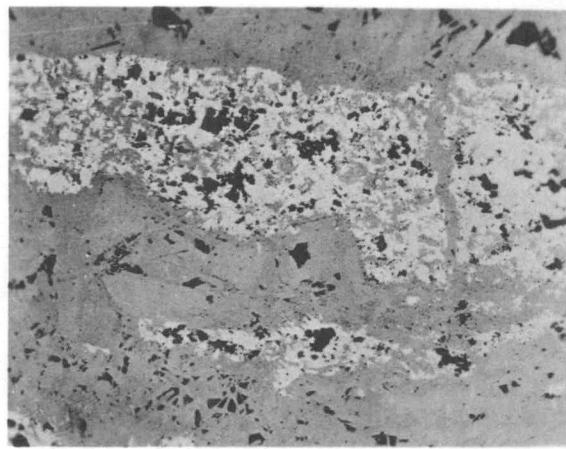


Fig. 22

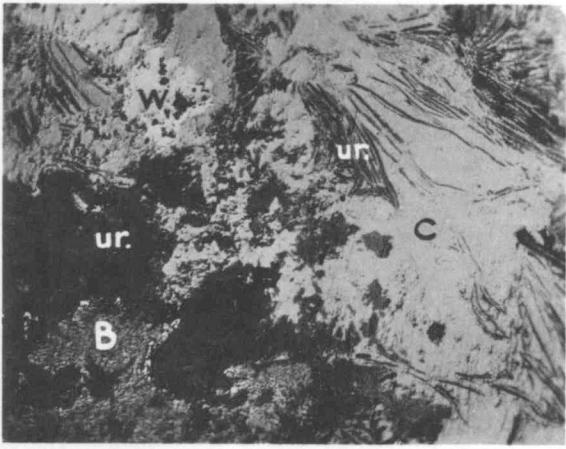


Fig. 23

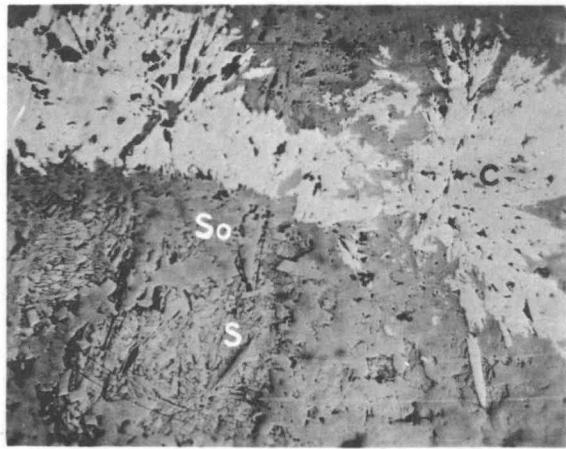


Fig. 24

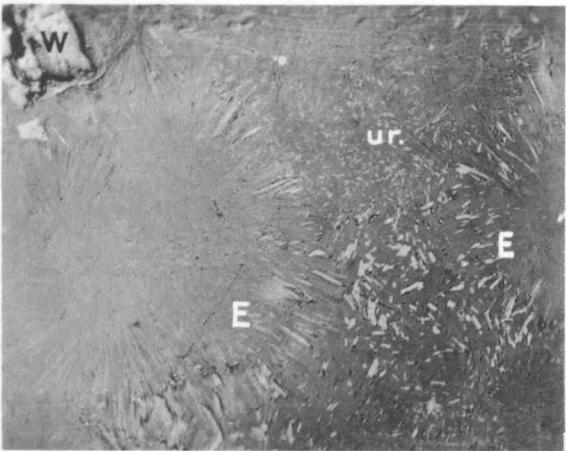
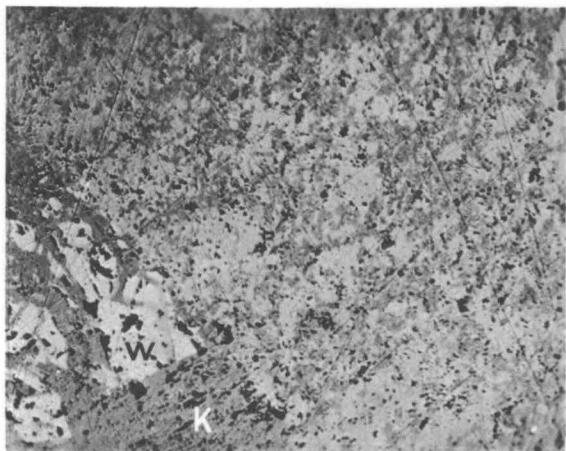


Fig. 25



EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

FIG. 26. — Section polie. $\times 130$.

Plage de sklodowskite avec uranophane (Sk + ur) (les deux minéraux sont distingués entre nicols croisés par leur couleur). Curite (blanche) découpée de veinules d'uranophane.

FIG. 27. — Section polie. $\times 140$.

Cristaux de curite (C) dans la kasolite (K).

FIG. 28. — Section polie. $\times 110$.

Veine de curite (C) et de kasolite (K), chargée de cristaux de torbernite (gris foncé). Elle passe d'une masse de kasolite (K') à une masse de torbernite (T). Cette dernière tend à épigéniser le tout (voir le texte, p. 25).

FIG. 29. — Section polie. $\times 60$.

Même phénomène que fig. 28. Zones de kasolite (K), de kasolite plus torbernite (K + T), de torbernite (T).

Veine de curite plus kasolite recouvrant les trois zones. La torbernite épigénise la kasolite et les éléments de la veine.

FIG. 30. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 30$.

Zones foncées de curite (C) alternant avec des zones claires de soddyite (So), dans un cristal d'uraninite entièrement pseudomorphisé.

FIG. 31. — Section polie. $\times 100$.

Aiguilles de curite (C) dans la soddyite (So). De la schoepite (S), en petites plages déprimées imparfaitement polies, est reconnaissable à gauche.

FIG. 32. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 110$.

Curite (C) recoupée par des veinules de kasolite (K) et en voie d'épigénisation par ce dernier minéral (partie inférieure de la photo).

FIG. 33. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 145$.

Masse de curite (C) envahie par la kasolite (K). La curite a recristallisé en longues aiguilles dans la kasolite.

PLANCHE IV

PLANCHE IV.

Fig. 26

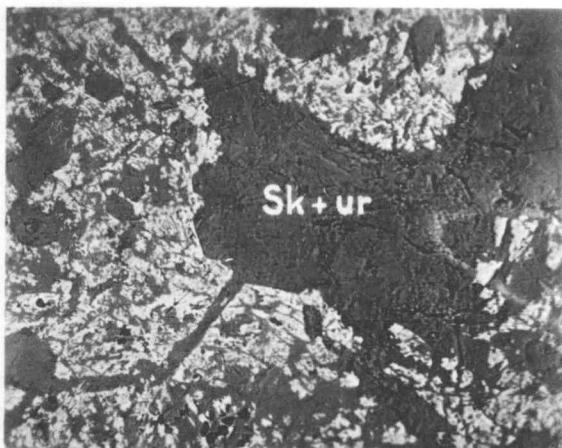


Fig. 28



Fig. 30

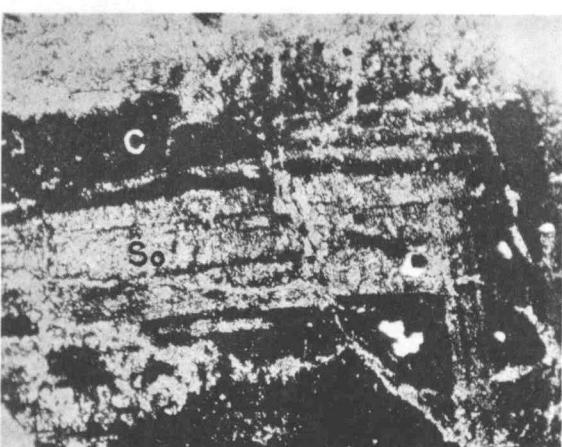


Fig. 32

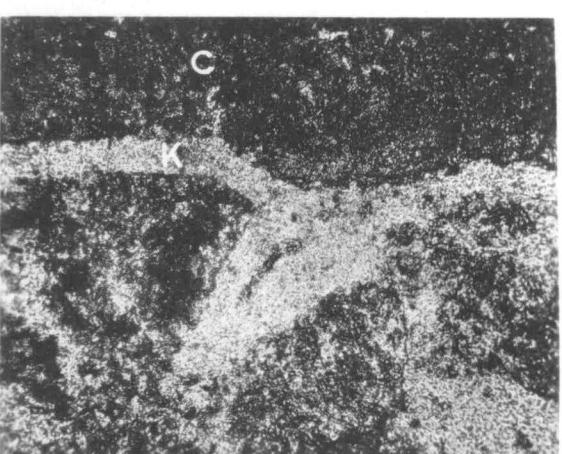


Fig. 27

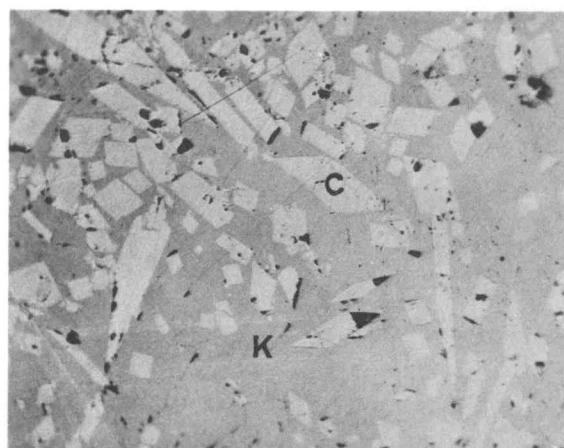


Fig. 29



Fig. 31



Fig. 33

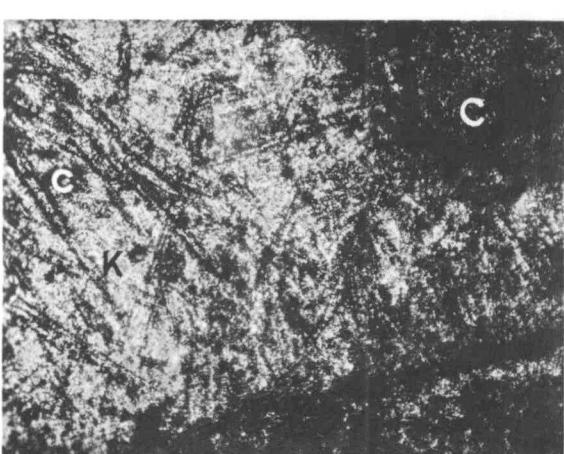


PLANCHE V

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

FIG. 34. — Section polie. $\times 90$.

Prismes de parsonsite (claire) dans la torbernite (foncée).

FIG. 35. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 48$.

Prismes de parsonsite (opaque) se détachant sur un fond de grands cristaux de torbernite clivés.

FIG. 36. — Section polie. $\times 80$.

Vers le haut : torbernite (gris foncé) et parsonsite (gris blanc, en relief).

Vers le bas : dewindtite (gris clair) épigénisant les deux autres minéraux.

FIG. 37. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 48$.

L'intermélange parsonsite-torbernite de la fig. 35 est en voie d'épigénéisation par la dewindtite (D).

Au centre, quelques prismes de parsonsite encore intacts.

A gauche, cristaux clivés de torbernite envahis et opacifiés par la dewindtite.

FIG. 38. — Section polie. $\times 185$.

Inclusion de dewindtite (D), en trainées orientées, dans la torbernite (T), à proximité d'une zone occupée par la dewindtite. Interprété comme épigénie de la torbernite par la dewindtite.

FIG. 39. — Section polie. $\times 50$.

Linnéite (Li) et carrolite (Ca), avec vestiges de pyrite (Py).

FIG. 40. — Section polie. $\times 50$.

Pyrite (Py) corrodée. Linnéite (Li). Carrolite (Ca). Chalcopyrite (Cy) formant des veinules dans la carrolite.

FIG. 41. — Section polie. $\times 70$.

Petites enclaves de linnéite (Li) dans la carrolite (Ca). Un peu de covellite (Cv) dans les veinules.

PLANCHE V.

Fig. 34



Fig. 35

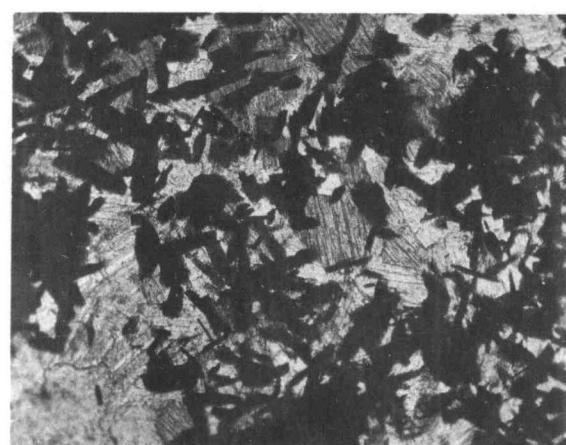


Fig. 36



Fig. 37

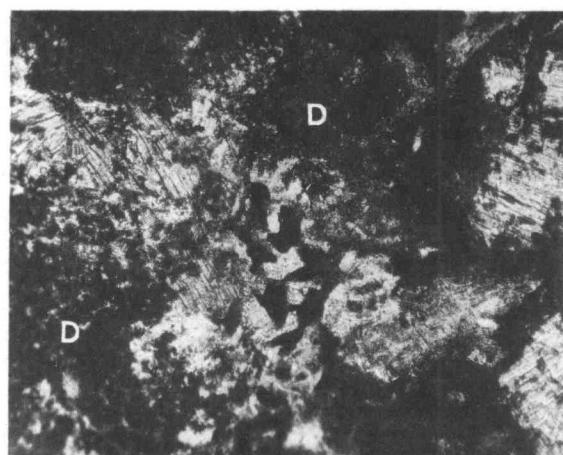


Fig. 38

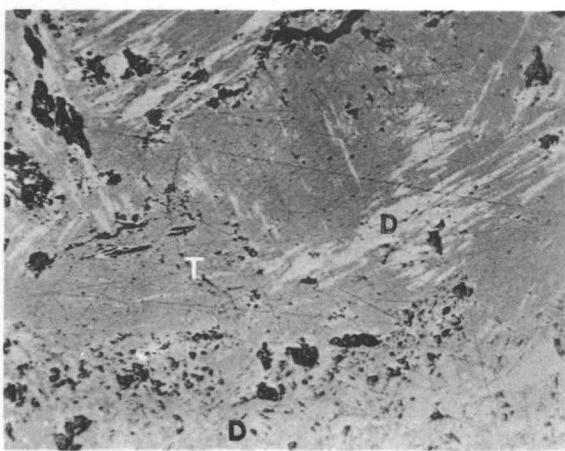


Fig. 39

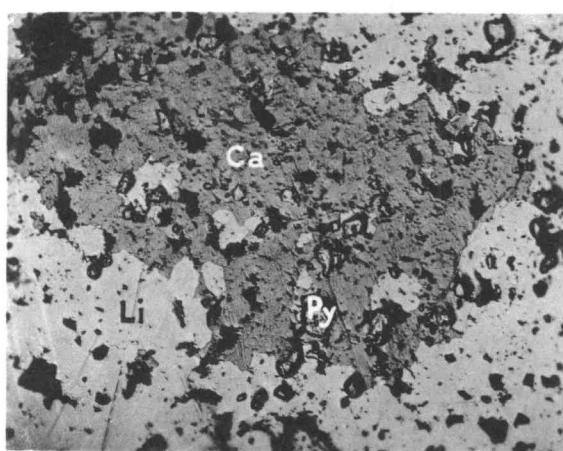


Fig. 40

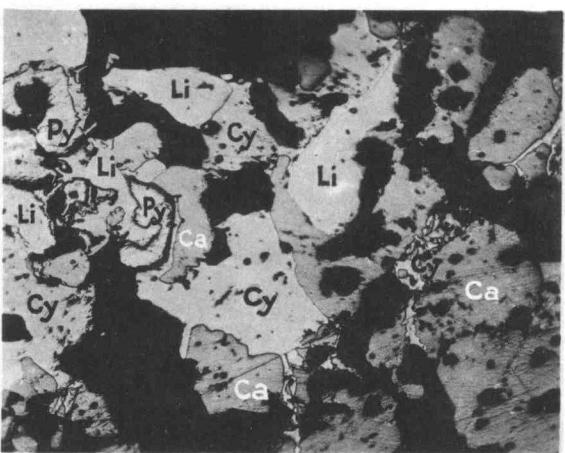


Fig. 41

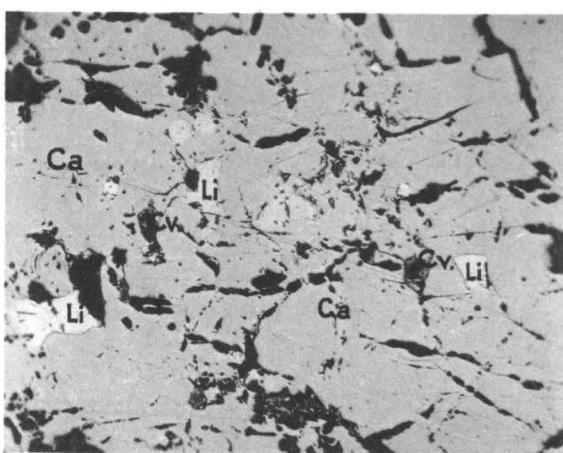


PLANCHE VI

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

FIG. 42. — Section polie. $\times 280$.

Cristaux de carrolite (Ca) frangés de linnéite (plus claire). La carrolite est épigénisée par les minéraux secondaires d'uranium (noirs); certains cristaux (X) n'ont conservé que leur frange de linnéite.

FIG. 43. — Section polie. $\times 115$.

Veinules de chalcopyrite (Cy) dans la linnéite (Li).

FIG. 44. — Section polie. $\times 140$.

Pyrite (Py). Linnéite (Li) en voie d'épigénisation par la chalcopyrite qui l'entoure (Cy).

FIG. 45. — Section polie. $\times 80$.

Échantillon provenant de Luishia.

Bornite (Bo) frangée et découpée par la chalcosine (Cc) qui l'épigénise. Produits secondaires d'uranium (très foncés) entourant la plage de sulfures et y incrustant des veinules.

FIG. 46. — Section polie. $\times 145$.

Échantillon provenant de Luishia.

Bornite plus chalcosine (Bo + Cc) avec veinules de produits secondaires d'uranium. Inclusions graphiques de chalcosine dans les oxydes d'uraninum (X).

FIG. 47. — Section polie. $\times 60$.

Échantillon provenant de Luishia.

Noyaux d'uraninite (U) cristalline montrant l'altération zonale, entourés de chalcosine (Cc).

FIG. 48. — Section polie. $\times 600$. Immersion dans l'huile.

Fine imprégnation de chalcosine (points gris pâle) dans la becquerelite (fond foncé). Grain de linnéite (Li) et quelques petites sections allongées du même minéral en groupes parallèles, plus claires que la chalcosine.

FIG. 49. — Section polie. $\times 130$.

Linnéite (Li) découpée par de l'uranophane (ur) qui l'épigénise. Chalcosine (Cc) de cémentation.

FIG. 50. — Section polie. $\times 60$.

Chalcopyrite (Cy) frangée de chalcosine. Gros cristal de carbonate (noir) accusant ses directions cristallographiques par l'allure du contact avec le sulfure.

PLANCHE VI.

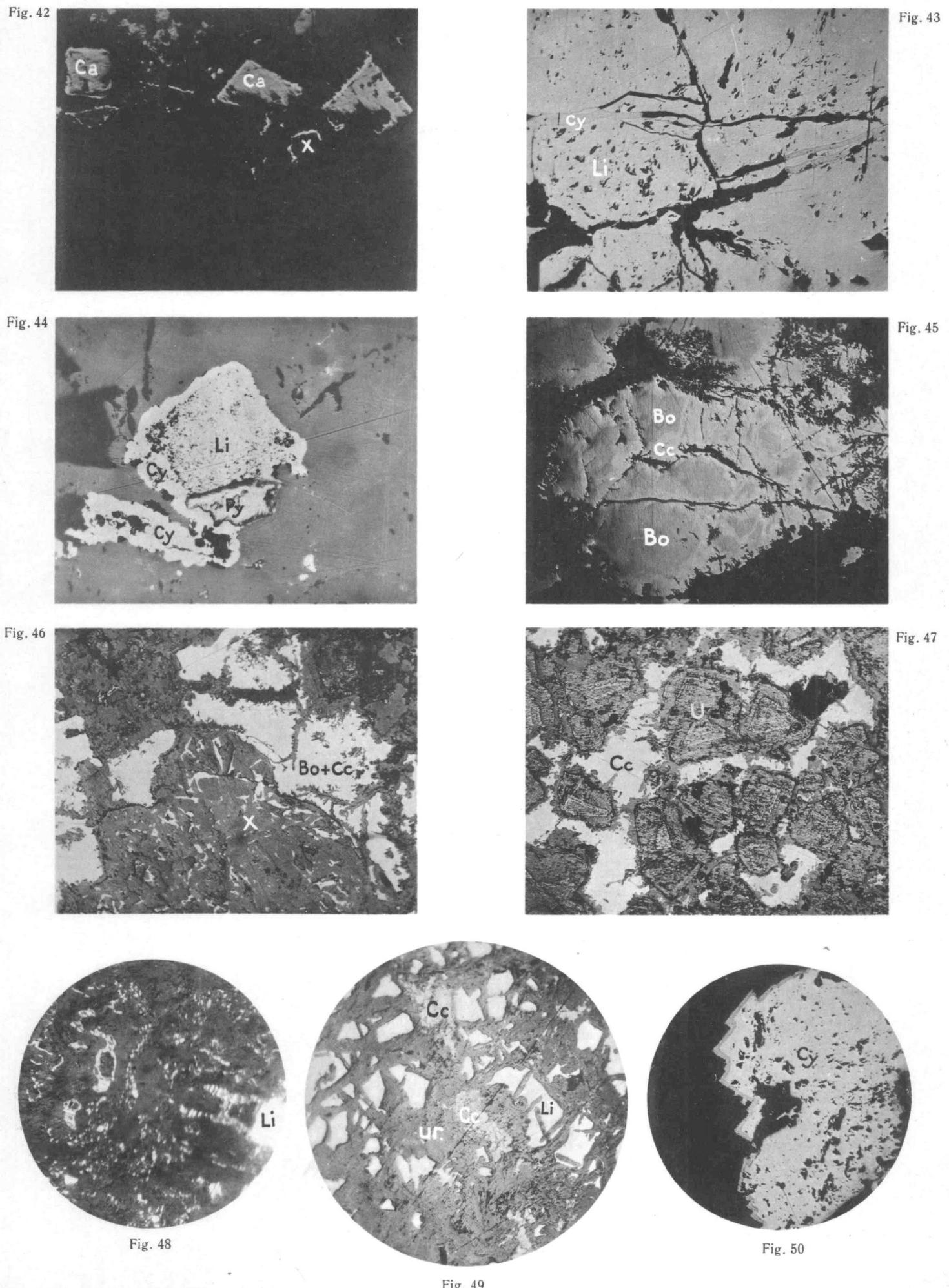


PLANCHE VII

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

FIG. 51. — Section polie. $\times 220$.

Points d'or natif (blanc) (Au) dans une veine de becquerelite (B) au sein de la pechblende (U).

FIG. 52. — Section polie. $\times 95$.

Idem.

FIG. 53. — Section polie. $\times 60$.

Vers le haut: schoepite (S) entourant un noyau de pechblende (U) incomplètement décomposé et quelques vestiges de linnéite (Li).

Vers le bas : becquerelite (B) avec grains de linnéite (Li) en voie d'épigénéisation.

FIG. 54. — Section polie. $\times 150$.

Pechblende (U). Linnéite (Li) découpée par des minéraux secondaires d'uranium : becquerelite (B) et uranophane (ur).

FIG. 55. — Section polie. $\times 6$.

Veinules de linnéite (Li) dans la pechblende (U).

FIG. 56. — Section polie. $\times 60$.

Linnéite (Li) découpée et épigénisée par becquerelite (gris pâle) et uranophane (gris plus foncé). — X et Y = grains de linnéite presque entièrement transformés en becquerelite, avec vestiges de sulfure au cœur ou à la périphérie. — Pechblende (U).

FIG. 57. — Section polie. $\times 200$.

Veinule de linnéite (claire) dans une masse de pechblende.

FIG. 58. — Section polie. $\times 700$.

Filet mince de chalcosine (Cc) autour de noyaux primitifs de linnéite (Li) presque entièrement transformés en becquerelite (B). Entre les noyaux, becquerelite et uranophane (ur).

FIG. 59. — Section polie. $\times 125$.

Filament de cuivre natif (Cu) dans une veinule incrustée de carbonate et de minéraux secondaires d'uranium, au sein du quartz (q).

PLANCHE VII.

Fig. 51

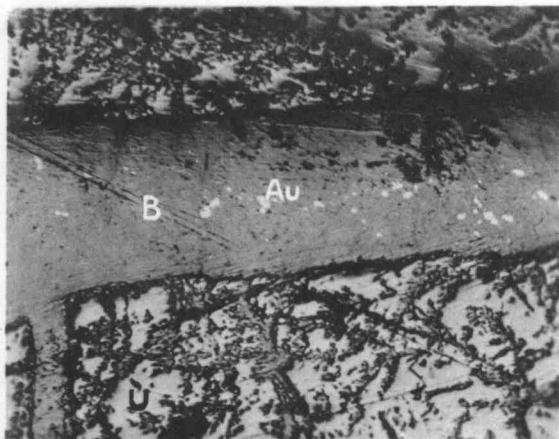


Fig. 53

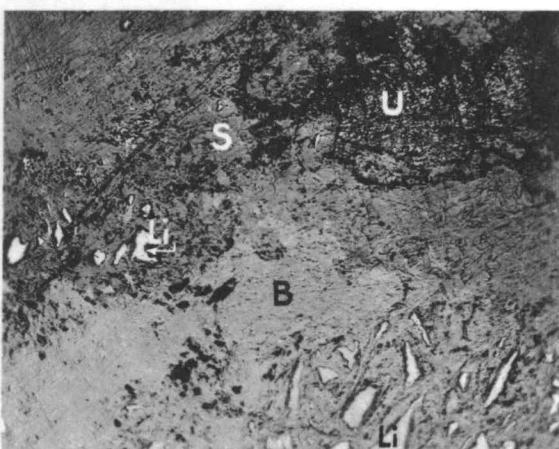


Fig. 55

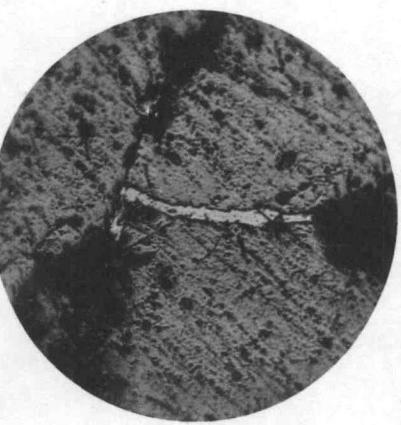
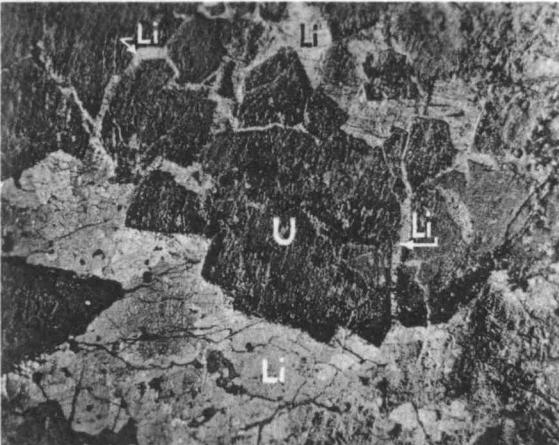


Fig. 57

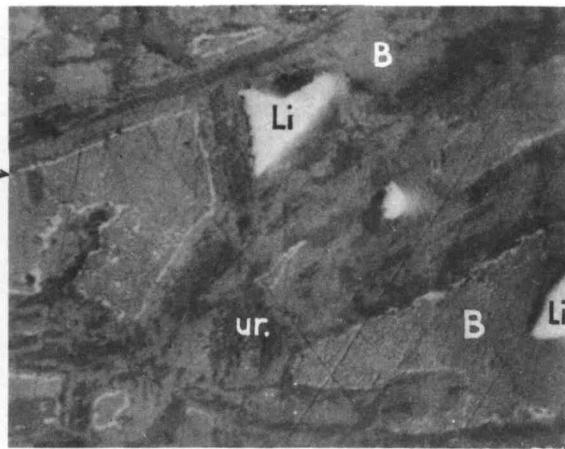


Fig. 58

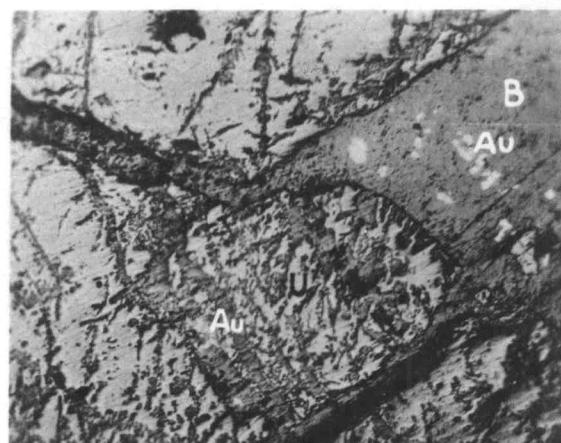


Fig. 52

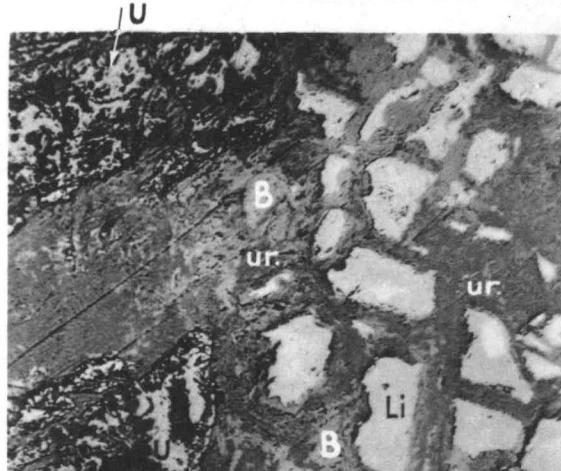


Fig. 54

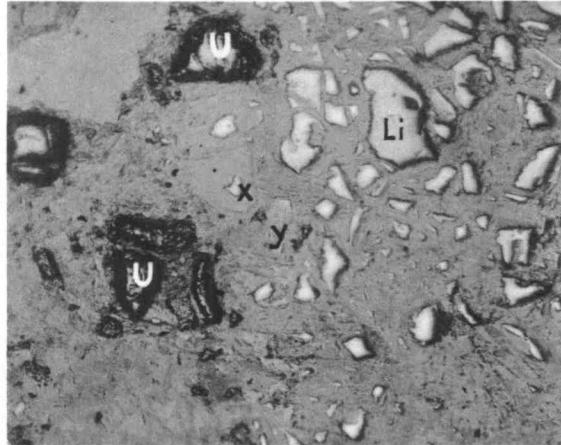


Fig. 56

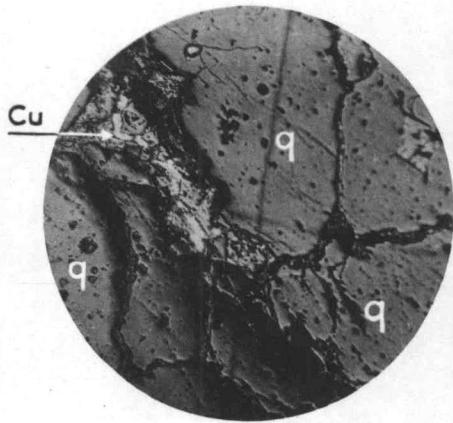


Fig. 59

PLANCHE VIII

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

FIG. 60. — Section polie. $\times 210$.

Cristaux de carrollite (Ca) frangés de linnéite (Li) et épigénisés par les produits secondaires d'uranium.

A droite : auréole de linnéite (Li) autour d'un noyau qui a dû être occupé par un sulfure épigénisé par l'uranophane.

FIG. 61. — Section polie. $\times 200$.

Franges résiduaires de linnéite (Li) autour de cristaux de sulfures dont le cœur est transformé en uranophane (ur). Fond de becquerelite (B) plus uranophane (ur).

FIG. 62. — Section polie. $\times 75$.

Noyaux de pechblende complètement transformés en becquerelite (B) et coupés par des veinules de wulfénite (W). Entre les noyaux, veine d'ianthinite (I) avec curite (C) aux épontes.

FIG. 63. — Section polie. $\times 65$.

Noyaux de becquerelite (B) (transformation *in situ* de la pechblende) avec nombreux grains de wulfénite (blanche) entre les noyaux et au sein des veinules qui les recoupent.

FIG. 64. — Section polie. $\times 3$.

Sulfures (Sl) dans des veinules de quartz (q) au sein d'un schiste siliceux.
c = veines de carbonate, avec quartz aux épontes, postérieures aux veinules de quartz.

FIG. 65. — Échantillon non préparé. 1/2 grand. nat.

Petit filon de pechblende, sulfures et quartz, avec zones à quartz (q) prédominant aux épontes et pechblende (U) au cœur de la veine. Mouches de sulfures, surtout dans le quartz.
r = roche encaissante.

FIG. 66. — Section polie. $\times 210$.

Veinule de pechblende (U) dans le quartz (q).

FIG. 67. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 245$.

Pechblende (noire) dans les interstices d'agrégats quartzeux.

PLANCHE VIII.

Fig. 60

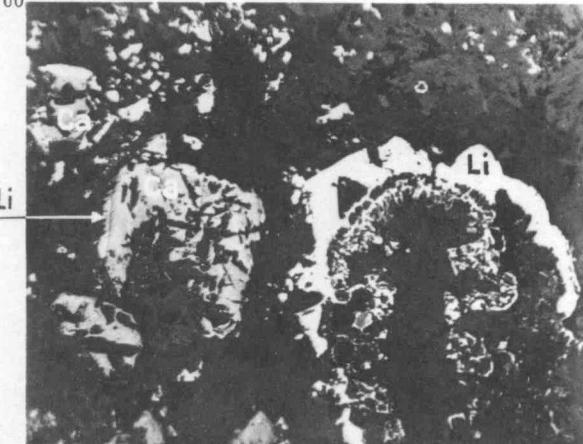


Fig. 62



Fig. 64

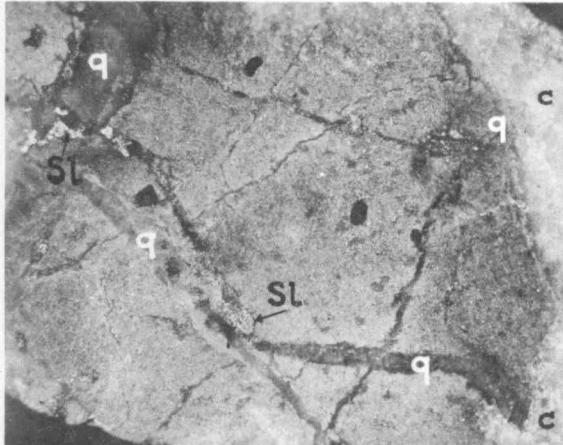


Fig. 66

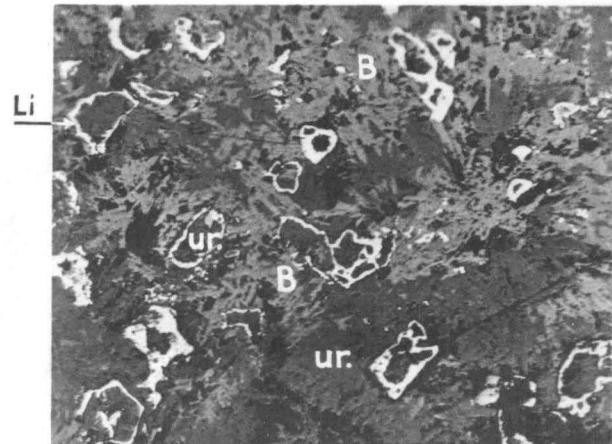
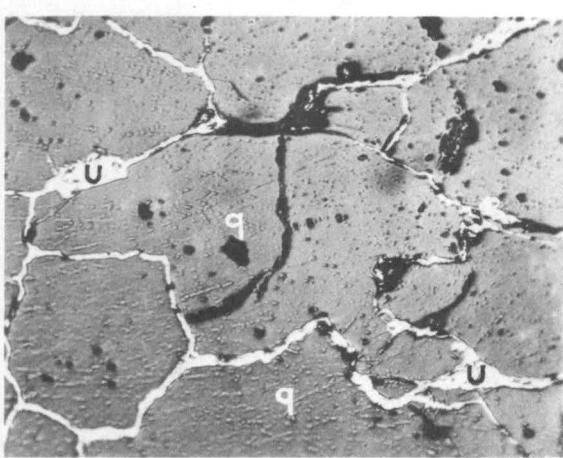


Fig. 61

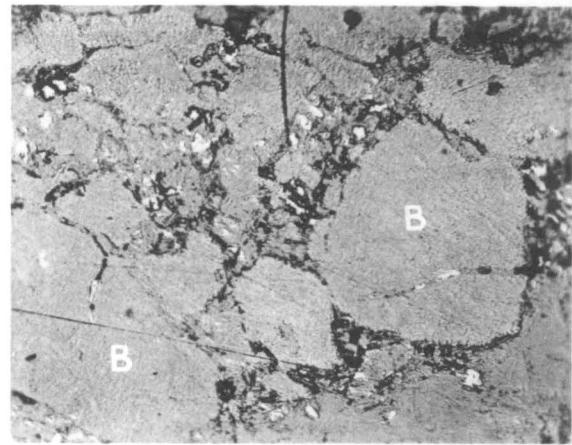


Fig. 63

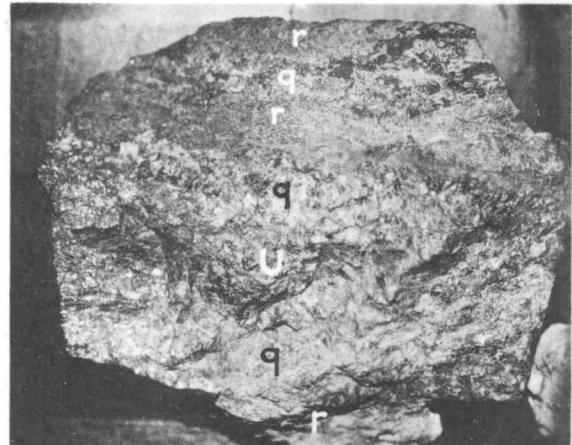


Fig. 65

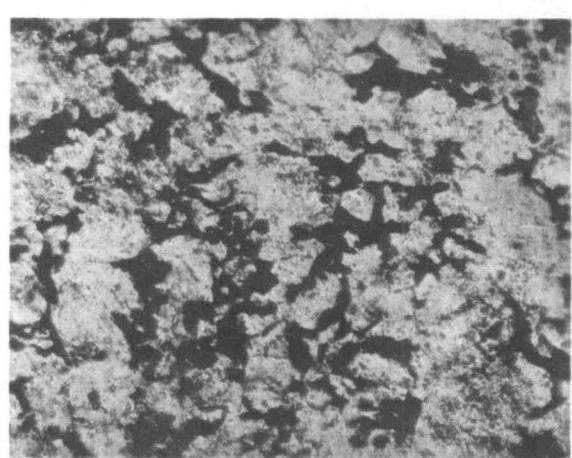


Fig. 67

PLANCHE IX

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

- FIG. 68. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 95$.
A gauche : pechblende épigénétique dans une roche carbonatée.
A droite : grandes plages de carbonate de la phase ultime des minéralisations, épigénisant le complexe de la partie gauche.
- FIG. 69. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 40$.
Vers le bas et tout en haut : pechblende (noire) dans des agrégats de quartz et chlorite formés par les venues siliceuses.
Bande centrale : un peu de pechblende dans les interstices de grains de carbonate de la roche primitive.
- FIG. 70. — Section polie. $\times 135$.
Cristaux idiomorphes de quartz (q) dans la becquerelite (B) provenant de la décomposition sur place de la pechblende. Des vestiges de cette dernière forment de minces auréoles en relief autour des cristaux de quartz.
- FIG. 71. — Section polie. $\times 90$.
Cristaux idiomorphes de quartz (q) en grande partie épigénisés par l'uranophane (ur) au sein de la becquerelite (B). Filets de pechblende, en relief, soulignant le bord des cristaux de quartz. — Quelques grains (blancs) de wulfénite.
- FIG. 72. — Section polie. $\times 180$.
Curite (C) provenant de l'altération de pechblende dont subsistent quelques vestiges en relief. Grains de quartz (q) épigénisés par l'uranophane (ur).
- FIG. 73. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 50$.
Veine de quartz (q) dans une dolomie siliceuse (r). Sulfures (noirs) dans la veine de quartz.
- FIG. 74. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 35$.
Veines de quartz (q) dans une roche siliceuse (r). Sulfure (noir) dans la veine de quartz.
- FIG. 75. — Section polie. $\times 55$.
Produits secondaires d'uranium épigénisant des linnéites (Li) dans une poche de l'éponte quartzeuse (q), contre une veine de pechblende (U).

Fig. 68

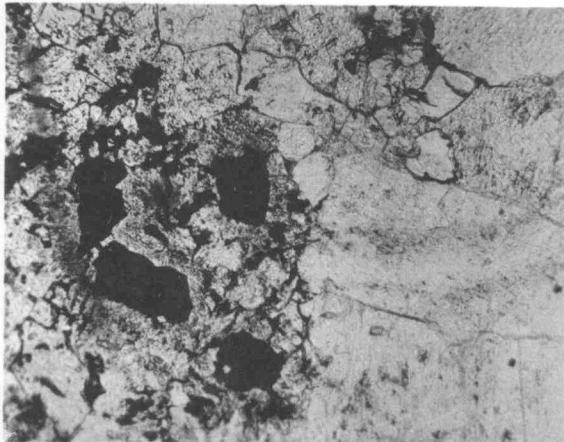


Fig. 69

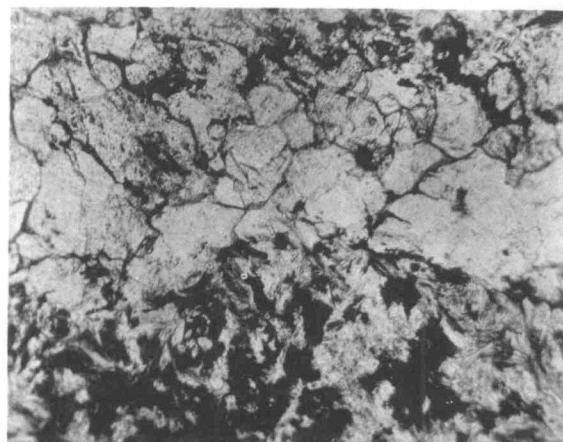


Fig. 70

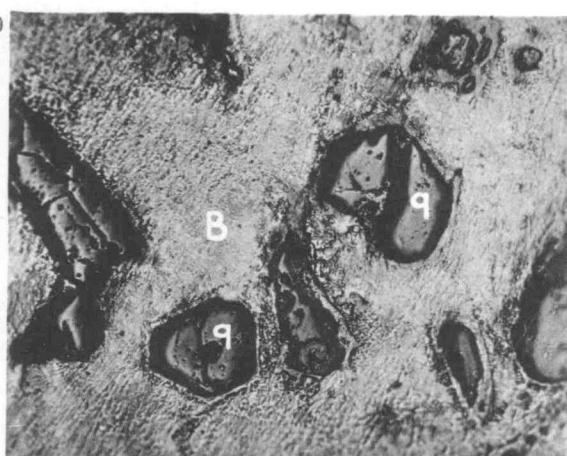


Fig. 71

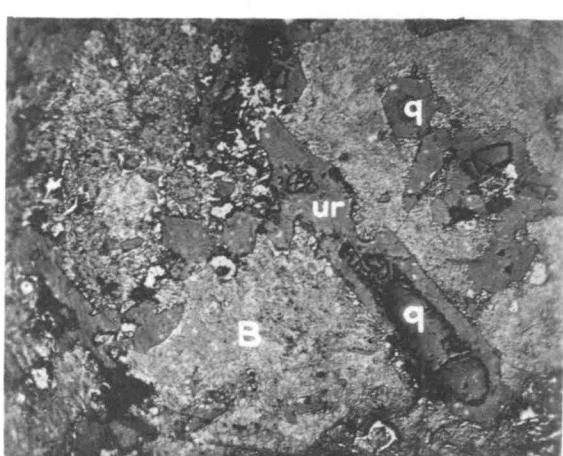


Fig. 72



Fig. 73

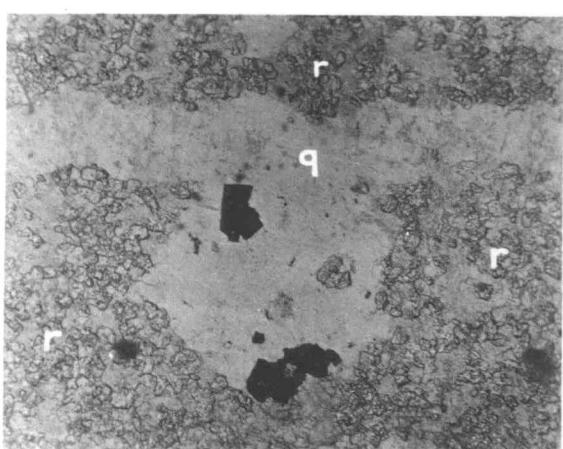


Fig. 74

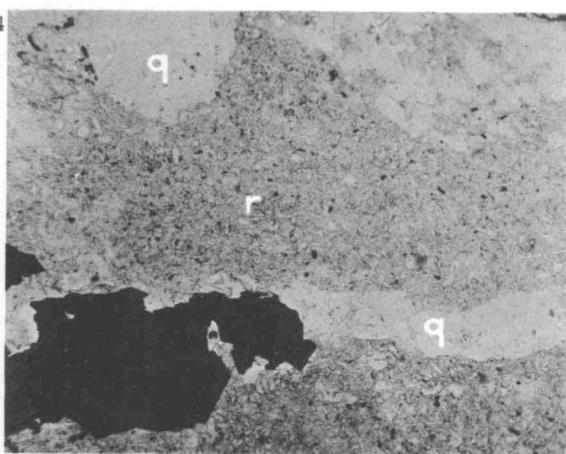


Fig. 75

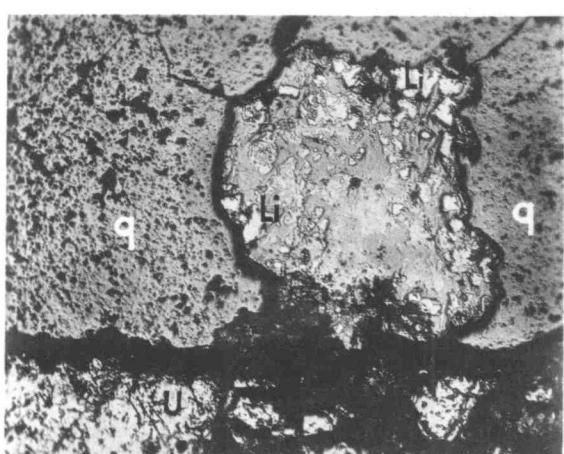


PLANCHE X

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

FIG. 76. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 38$.

Carbonate (c) de la dernière phase des minéralisations épigénisant les éléments, quartz (q) et sulfure (Sl), d'une veine siliceuse, au sein d'une dolomie (r).

FIG. 77. — Lame mince. Nicols croisés. $\times 50$.

Agrégat d'éléments phylliteux, talc et chlorite (t + Cl), avec un gros grain de quartz (q), épigénisé par la pyrite (Py). Des sections allongées de chlorite, qui ont résisté à l'épigénie, subsistent au sein du sulfure.

FIG. 78. — Échantillon non préparé. $\times 6/5$.

Veinules de quartz avec talc, chlorite et mouches de pyrite (q + Py + Cl), dans un schiste dolomitique imprégné de pyrite (r).

FIG. 79. — Lame mince. Nicols croisés. $\times 50$.

Chlorite (Cl) à l'éponte d'une veine de quartz (q) dans un schiste siliceux (r).

FIG. 80. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 95$.

Cristaux de monazite (m) dans une dolomie silicifiée.
q = quartz, c = carbonate.

FIG. 81. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 155$.

Petits cristaux idiomorphes de monazite (m) distribués autour d'un gros cristal d'apatite (ap), dans une veine de quartz (q).

FIG. 82. — Lame mince. Nicols croisés. $\times 70$.

Cristal idiomorphe de monazite (m) à proximité d'une veine de quartz (q) recoupant une dolomie (r).

FIG. 83. — Lame mince. Lum. polarisée. $\times 58$.

Cristal idiomorphe de quartz (q), entièrement recristallisé en un fin agrégat quartzeux, au sein d'un schiste siliceux. — m = monazite; c = carbonate.

PLANCHE X.

Fig. 76

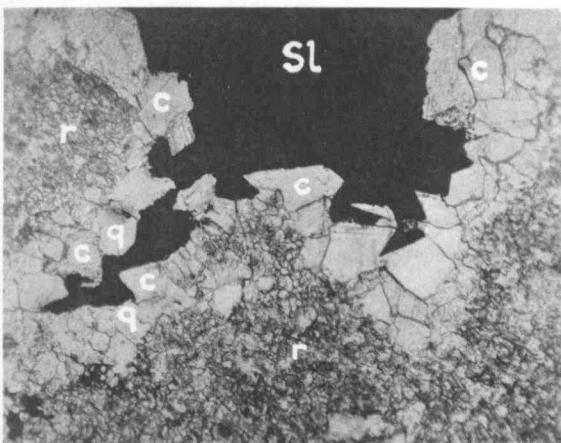


Fig. 77

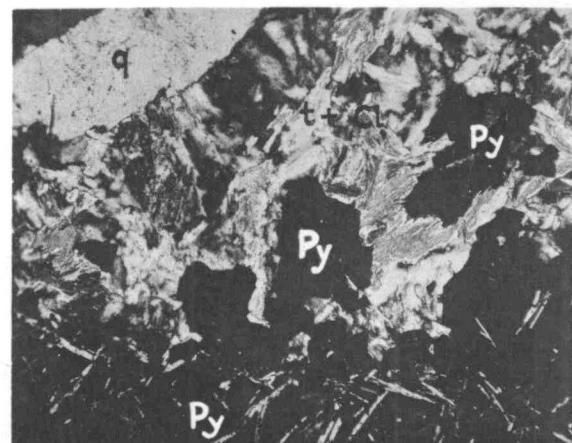


Fig. 78

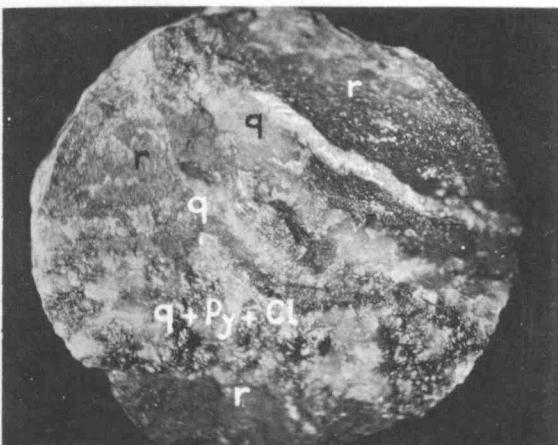


Fig. 79

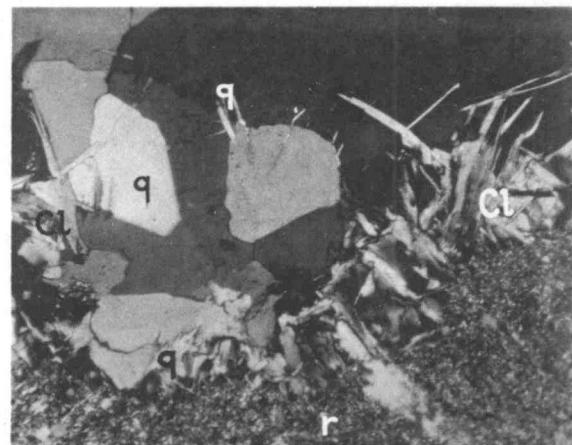


Fig. 80

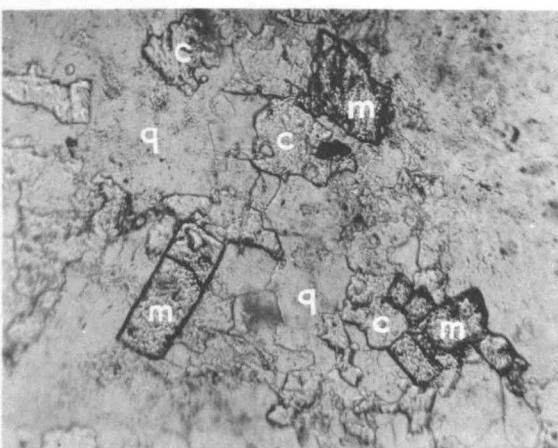


Fig. 81

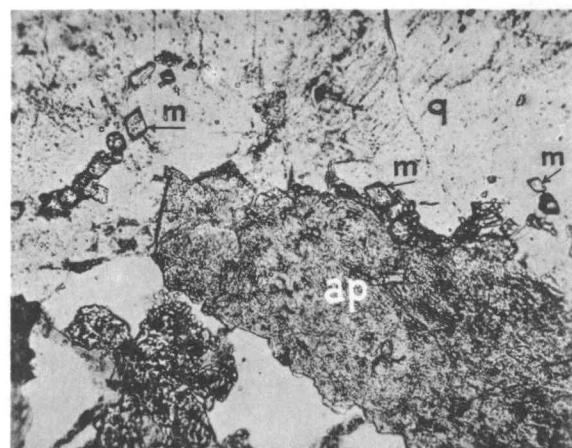


Fig. 82

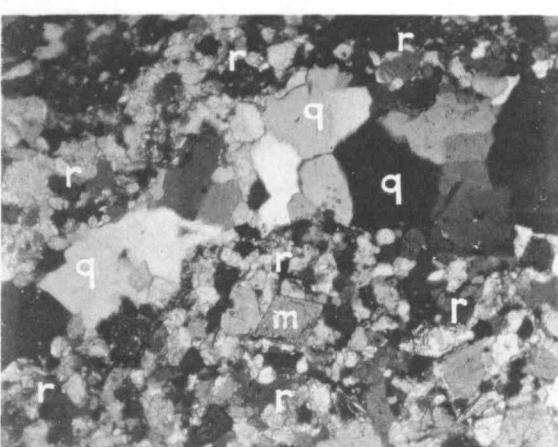


Fig. 83

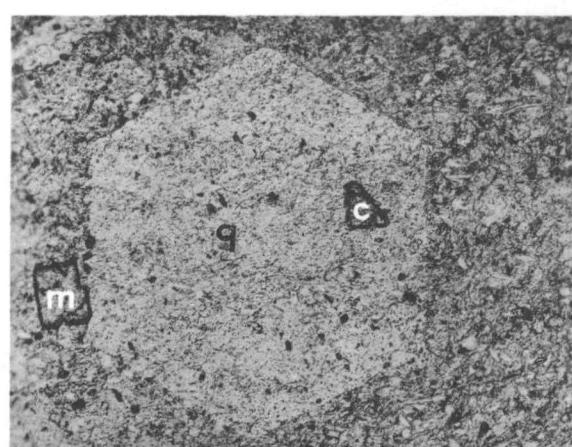


PLANCHE XI

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI

- FIG. 84. -- Lame mince. Lum. polarisée. $\times 38$.
Pechblende (U) découpée et épigénisée par le carbonate (c) de la dernière phase des minéralisations.
- FIG. 85. -- Section polie. $\times 30$.
Idem.
- FIG. 86. -- Lame mince. Lum. polarisée. $\times 40$.
Cristal d'uraninite dans roche dolomitique à gros grains. Auréole d'imprégnation du carbonate par le minerai d'uranium.
- FIG. 87. -- Lame mince. Lum. polarisée. $\times 40$.
Cristal d'uraninite en grande partie épigénisé dans la phase de carbonatation par le nourrissage des grains de la roche dolomitique encaissante. La zone auréolaire d'imprégnation est conservée, de même qu'un filet mince de pechblende marquant les contours du cristal original.
- FIG. 88. -- Section polie. $\times 130$.
Cristaux de linnéite épigénisés par le carbonate de la phase de carbonatation.
- FIG. 89. -- Section polie. $\times 25$.
Petits grains de chalcopyrite distribués dans les interstices des grains de carbonate de la phase de carbonatation.
- FIG. 90. -- Section polie. $\times 45$.
Quartz (q) épigénisé par le carbonate (c).
- FIG. 91. -- Section polie. $\times 50$.
Pyrite (Py) épigénisée par la linnéite (Li).
Veinules de carbonate (c) recouvrant tous les sulfures.



PLANCHE XI.

Fig. 84

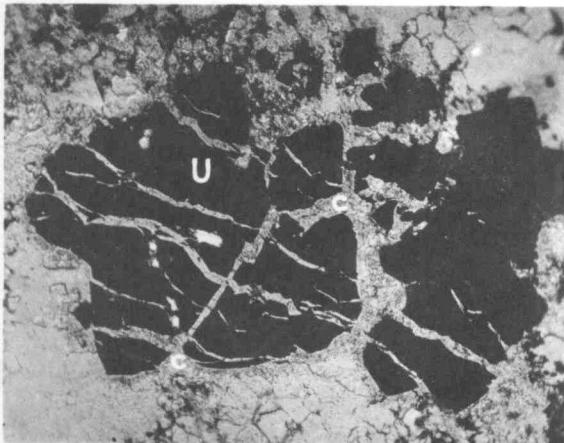


Fig. 86

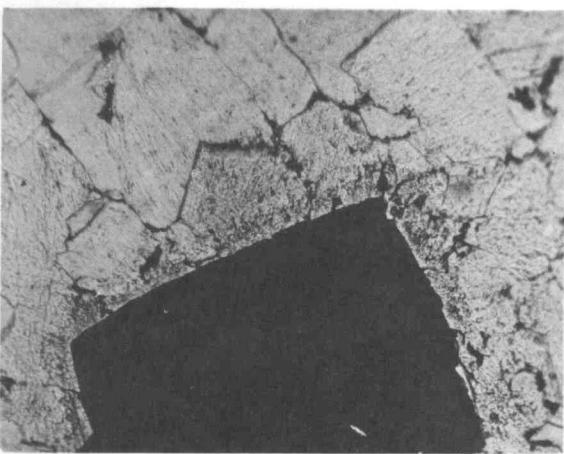


Fig. 88

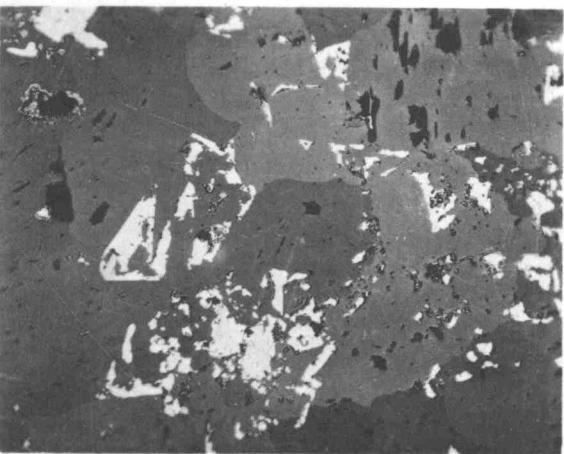


Fig. 90

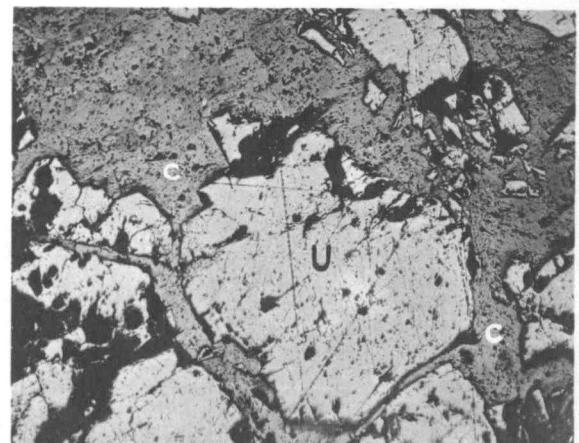
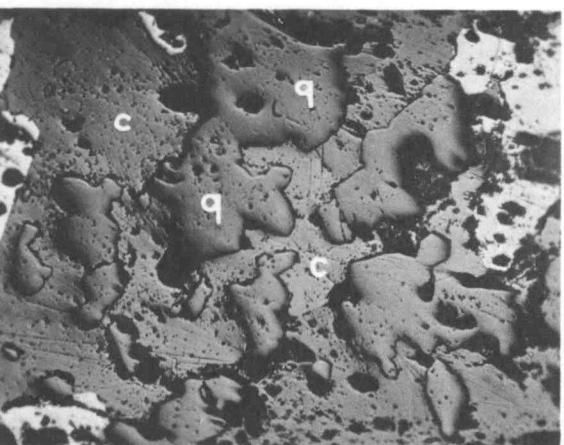


Fig. 85

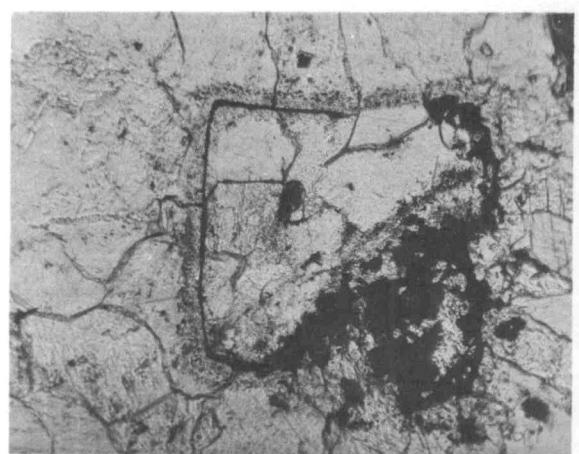


Fig. 87

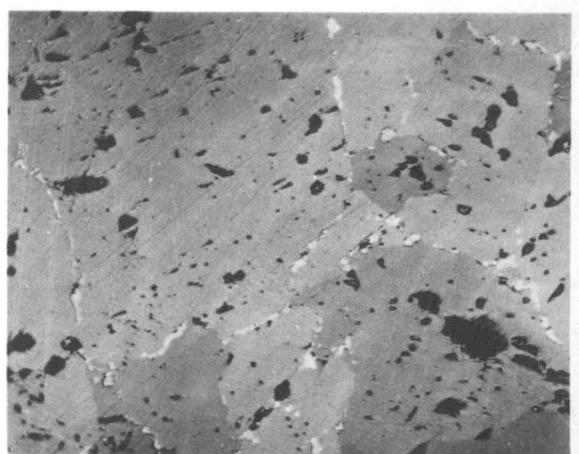


Fig. 89

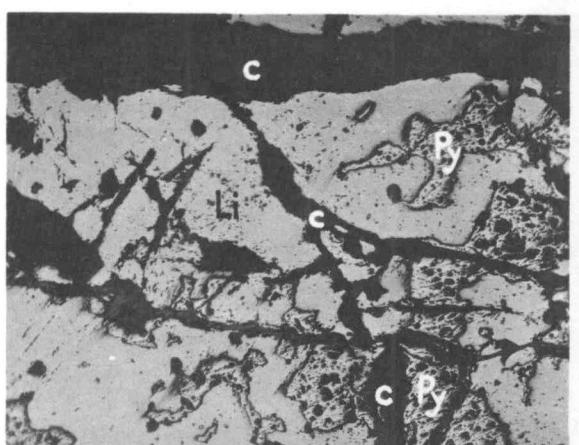
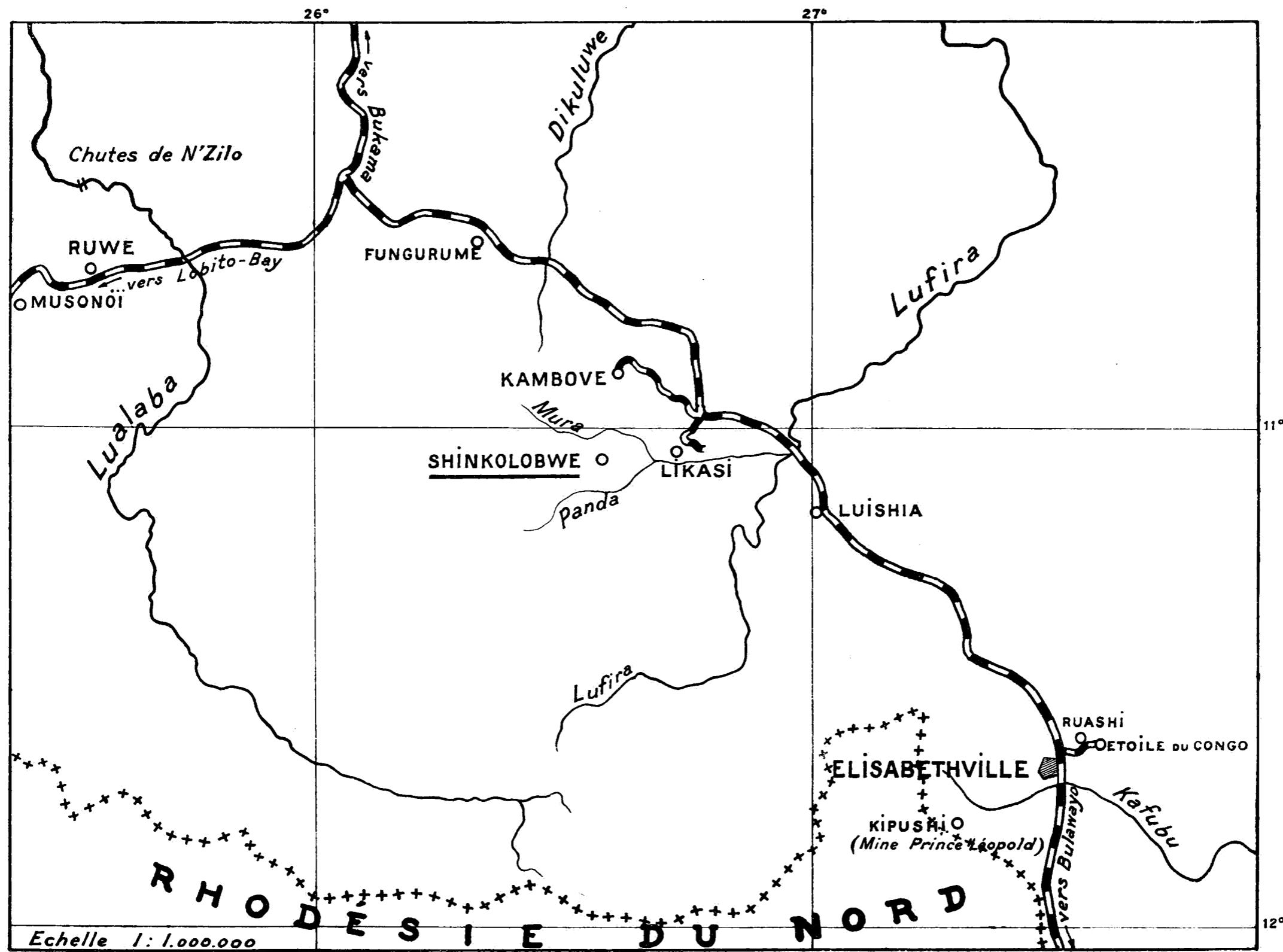
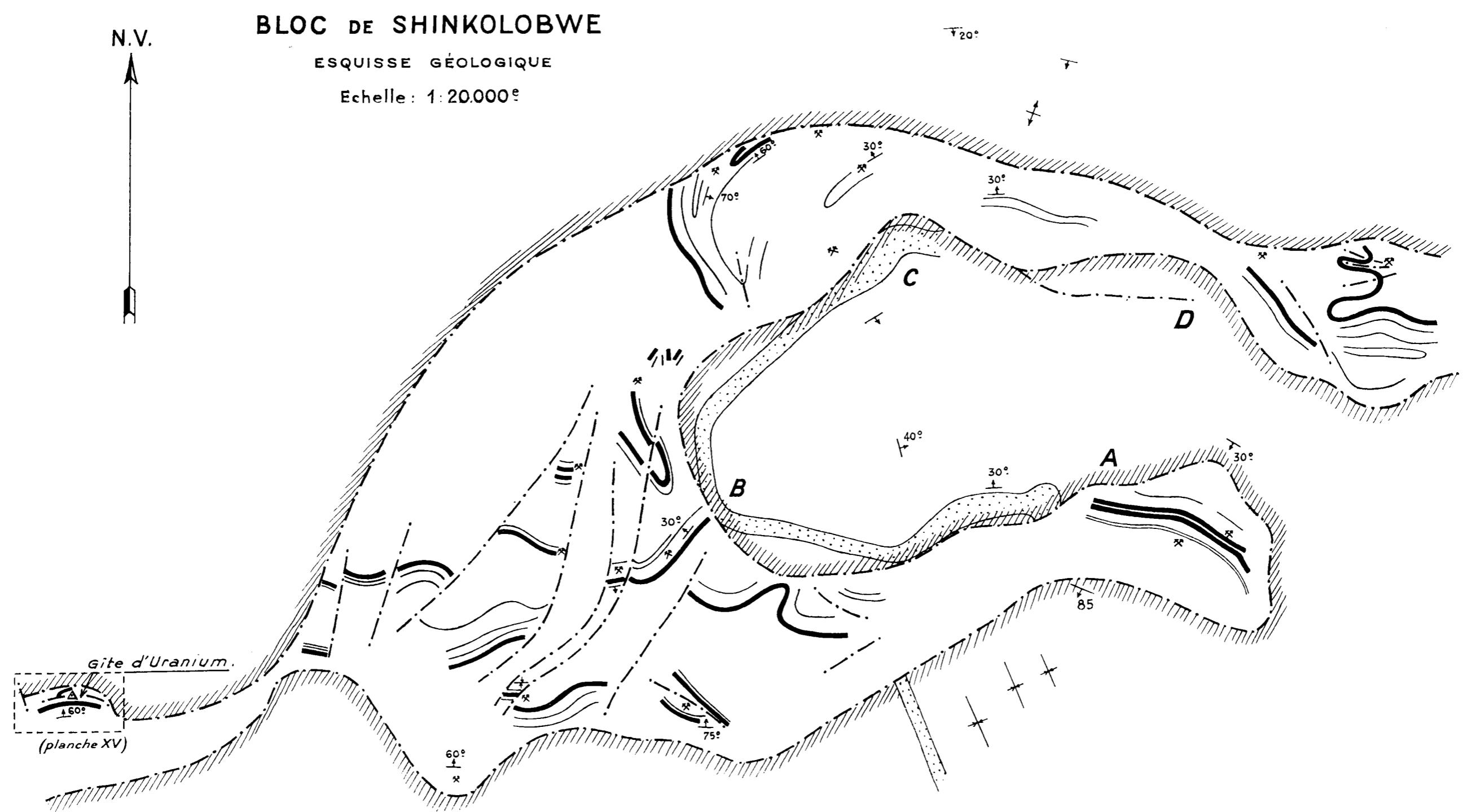


Fig. 91





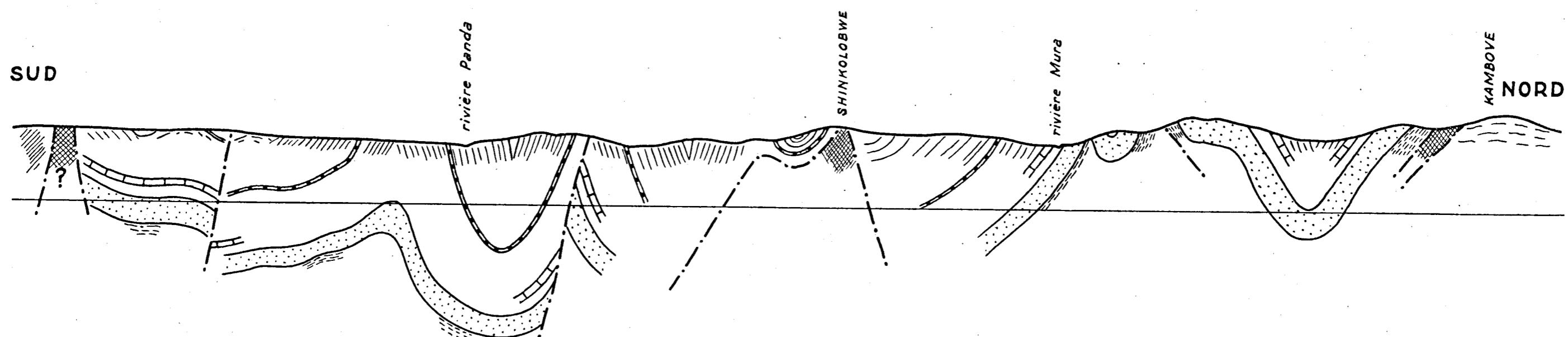
**LÉGENDE**

- [Horizontal lines] Couches du Kundelungu.
- [Dotted pattern] Petit Conglomérat.
- [Wavy lines] Série des Mines.
- [Diagonal lines] Contacts anormaux.
- [Cross symbol] Minéralisation.

COUPE GÉNÉRALE N-S PAR KAMBOVE ET SHINKOLOBWE

Echelle : 1:100.000 e.

Relief exagéré 5 fois.

LÉGENDE

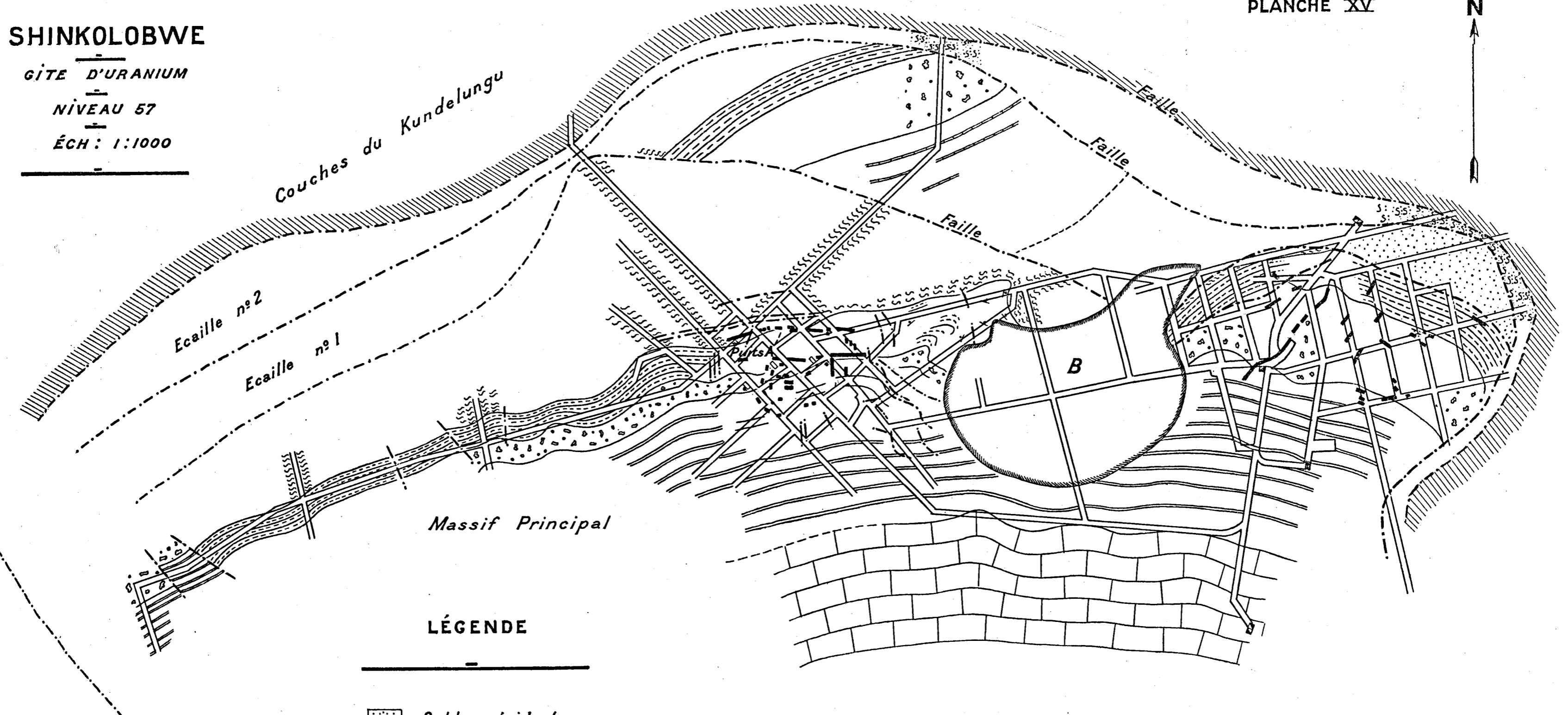
Schistes.	{
Petit Conglomérat.	
Calcaire de Kâkontwe.	
Grand Conglomérat.	
Série de Moashia.	
?	
Série des Mines.	
— — — Contacts anormaux.	

SHINKOLOBWE

GITE D'URANIUM

NIVEAU 57

ÉCH: 1:1000



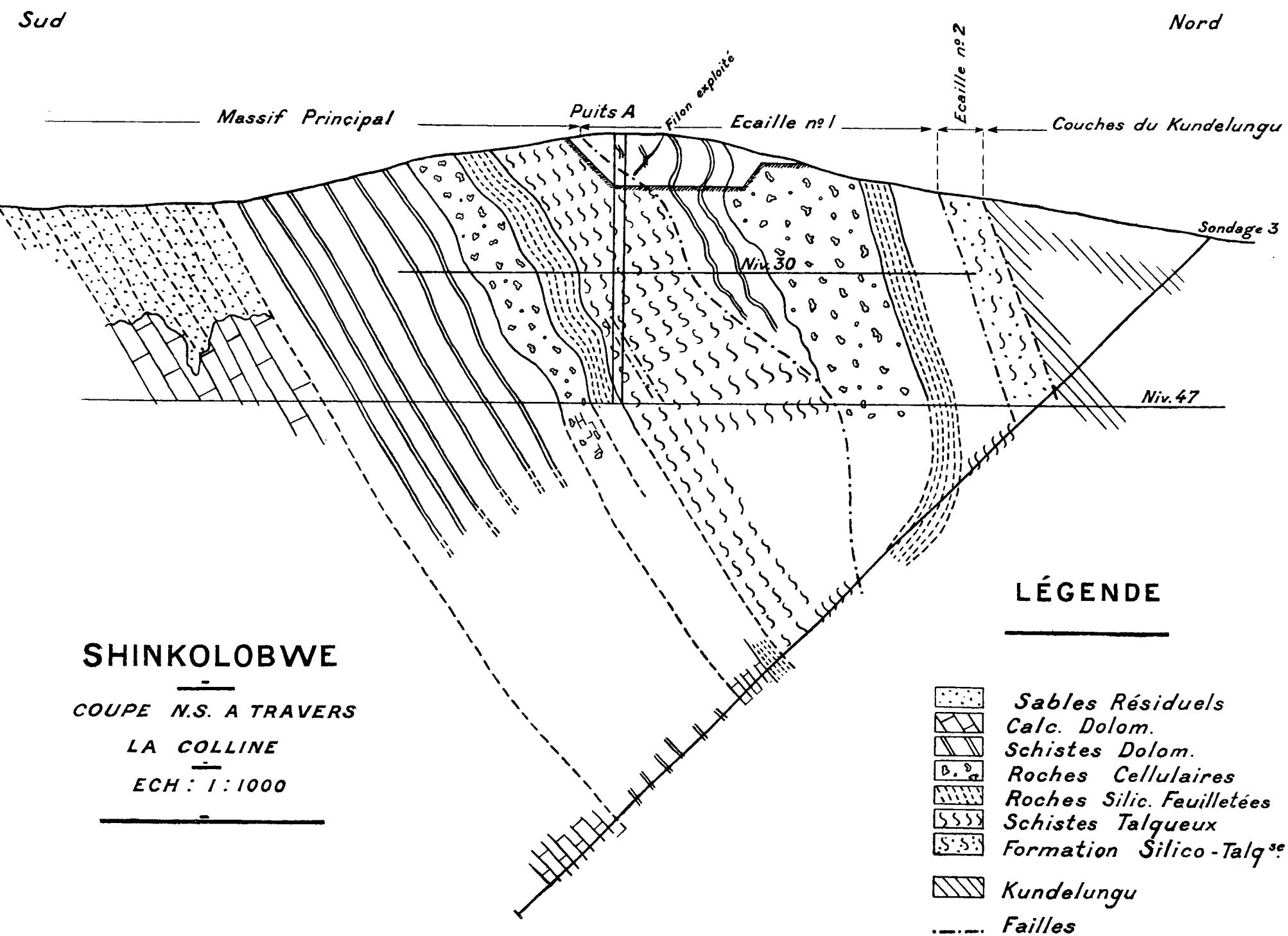
LÉGENDE

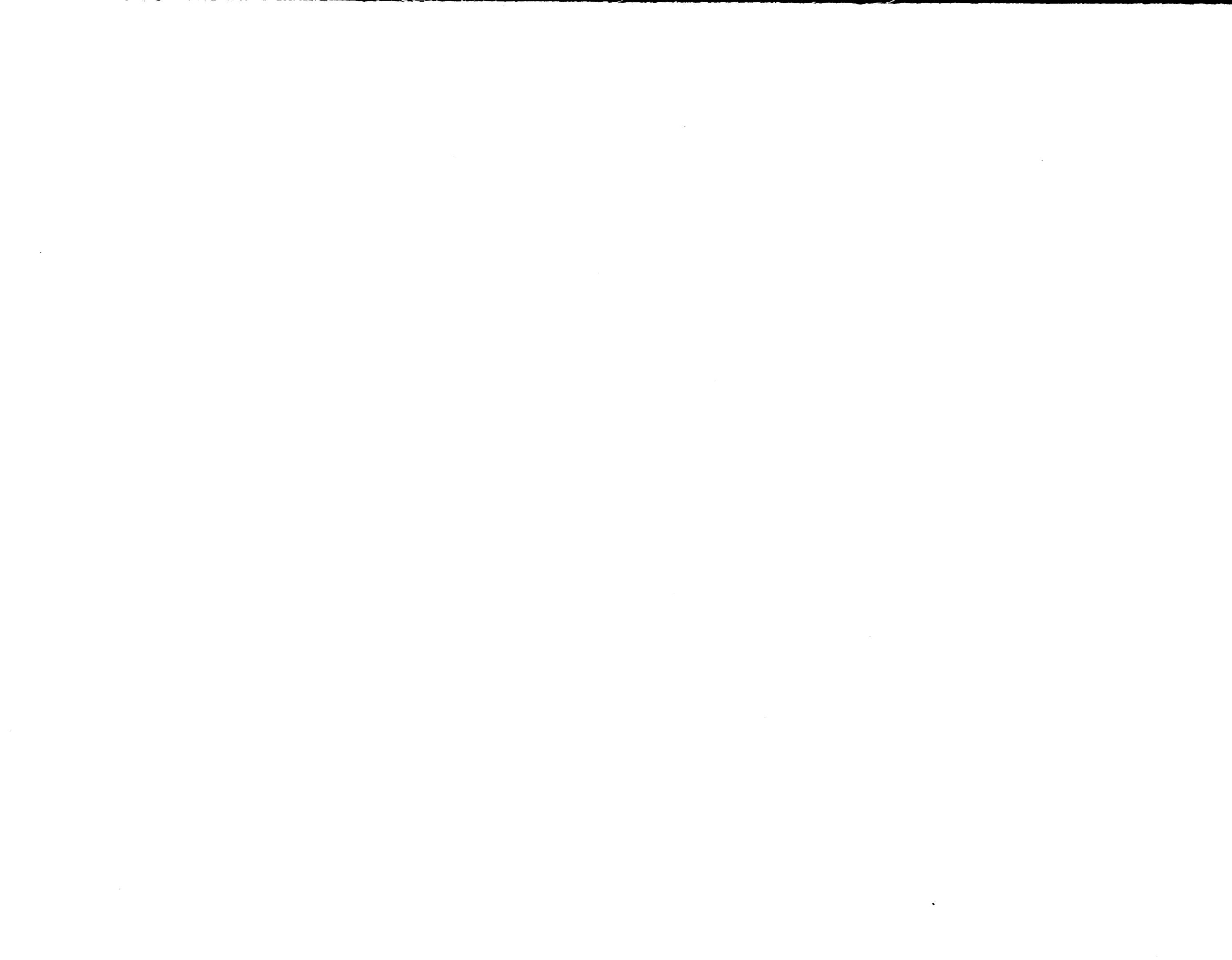
[Squares with dots]	Sables résiduels
[Diagonal lines]	Calc. Dolom.
[Horizontal lines]	Schistes Dolom.
[Dots]	Roches Cellulaires
[Vertical lines]	Roches Silico Feuilletées
[Vertical lines with dots]	Schistes Talqueux
[Vertical lines with squares]	Formation Silico-Talqueuse

[Diagonal lines]	Kundelungu
------------------	------------

---	Faillles
-----	----------

—	Filons
---	--------

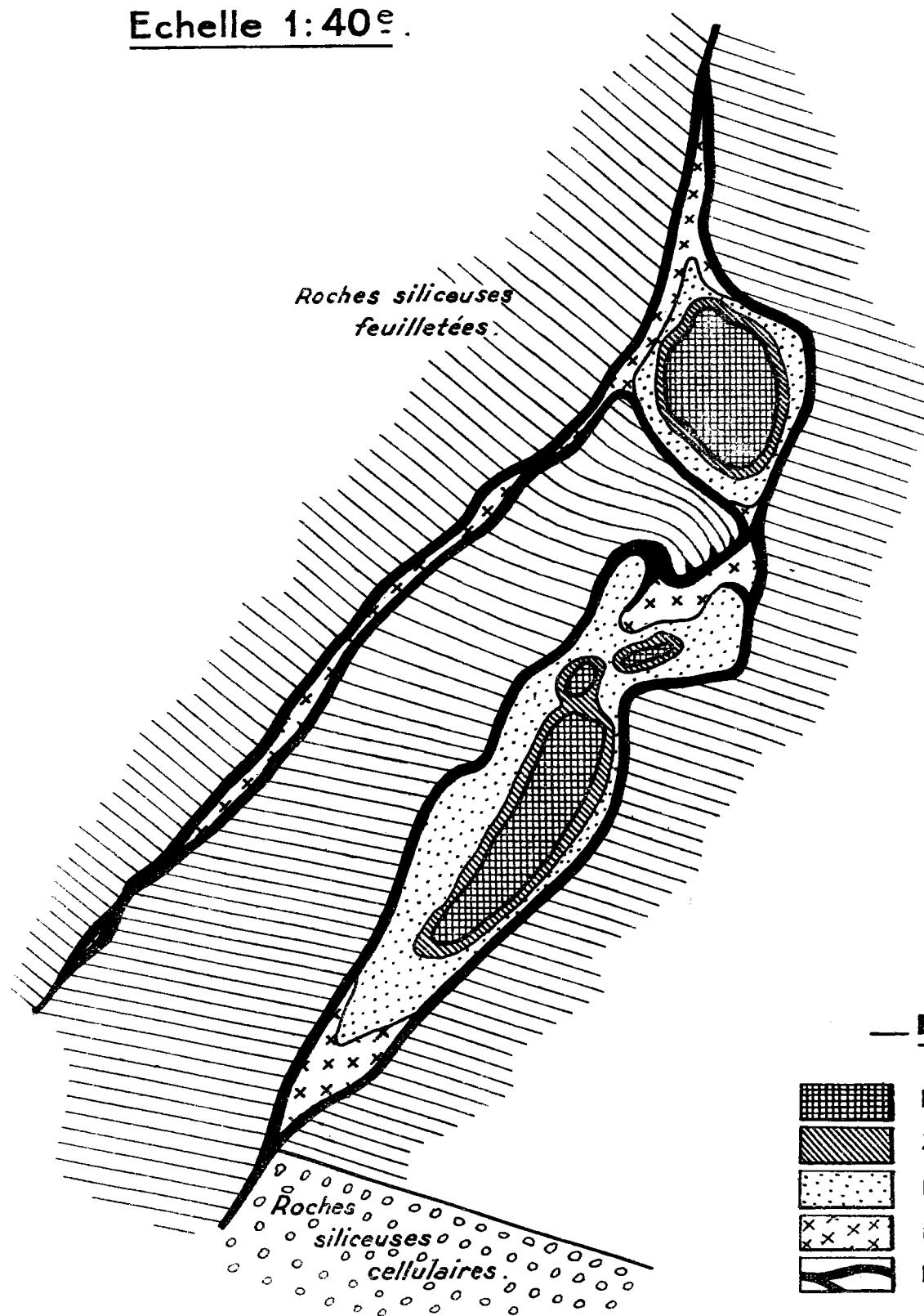




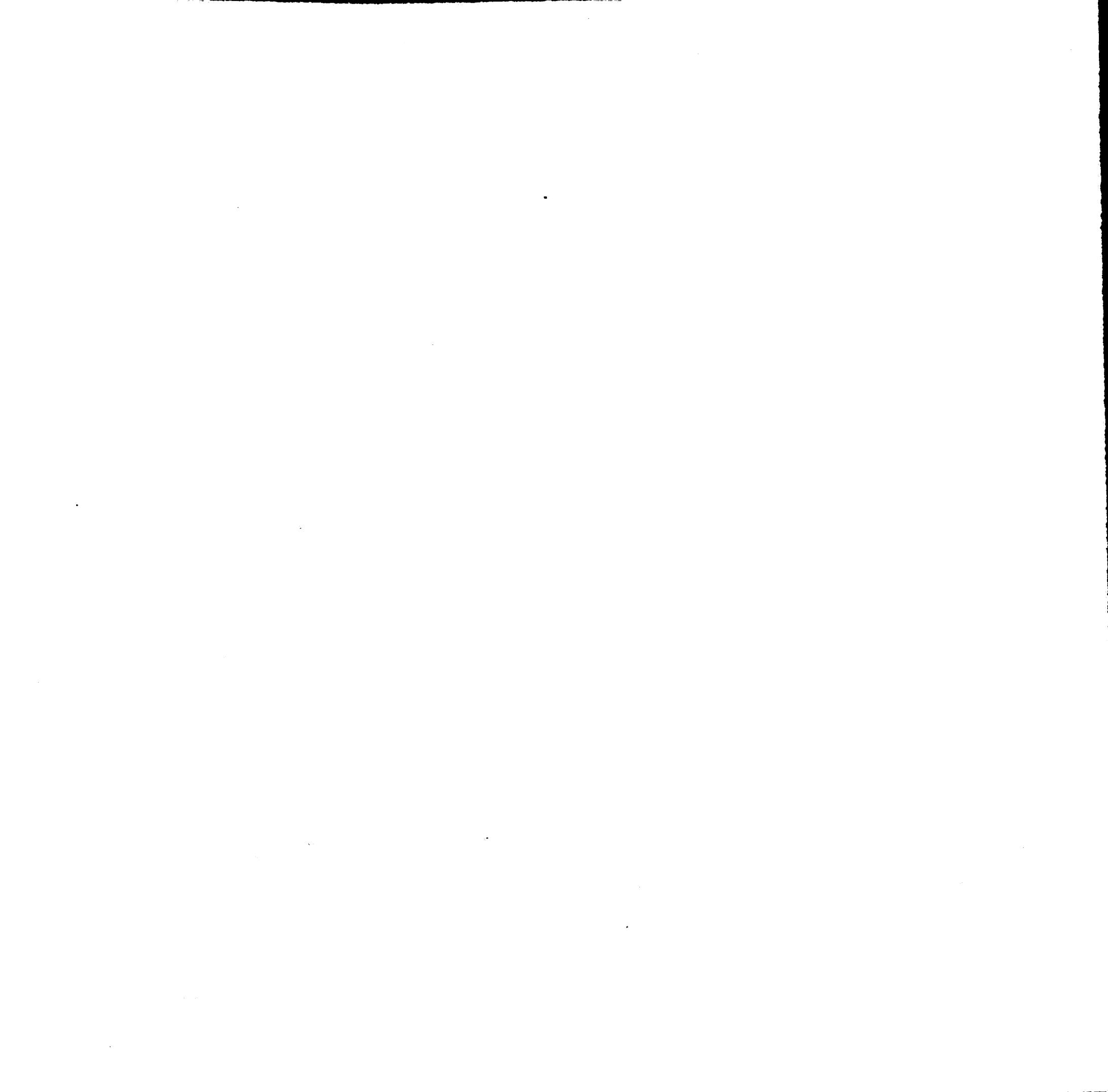
SHINKOLOBWE

Coupe verticale à travers un filon

d'après J. Nève.

Echelle 1:40^e.LÉGENDE

[Dotted pattern]	Pechblende.
[Diagonal hatching]	Zone à Becquerélite.
[Vertical dots]	Minerai orange.
[X marks]	Minerai jaune.
[Wavy lines]	Minerai vert (Torbernite et Parsonsite).



LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBINS, W., <i>Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall</i> (52 p., 6 pl., 1931). fr.	20 »
2. VANDERYST, R. P. HYAC., <i>Les roches oolithiques du système schisto-calcaieux dans le Congo occidental</i> (70 pages, 10 figures, 1932)	20 »
3. VANDERYST, R. P. HYAC., <i>Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)</i> (154 pages, 1932)	32 »
4. SCAËTTA, H., <i>Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène</i> (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932)	26 »
5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., <i>Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge</i> (27 p., 2 cartes, 1932).	10 »
6. ROBINS, W., <i>Les espèces congolaises du genre Panicum L.</i> (80 pages, 5 planches, 1932)	25 »
7. VANDERYST, R. P. HYAC., <i>Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai</i> (82 pages, 12 figures, 1933)	25 »

Tome II.

1. THOREAU, J. et DU TRIEU DE TERDONCK, R., <i>Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)</i> (70 pages, 17 planches, 1933)	50 »
--	------

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., <i>Triangulation du Katanga</i> (140 pages, fig., 1930) fr.	25 »
---	------

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome III.

1. PLANQUAERT, R. P. M., <i>Les Jaga et les Bayaka du Kwango</i> (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932). fr.	45 »
2. LOUWERS, O., <i>Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932</i> (69 pages, 1933)	12 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBINS, W., <i>La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)</i> (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932). fr.	15 »
2. DUBOIS, A., le Dr, <i>La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)</i> (87 pages, 1932)	13 »
3. LEPLAE, E., <i>La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central</i> (31 pages, 1932)	5 »
4. DE WILDEMAN, E., <i>Le port suffrutescent de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance !</i> (51 pages, 2 planches, 1933)	10 »

Sous presse :

VANDERYST, R. P. HYAC., *L'élevage extensif du gros bétail par les populations indigènes du Congo portugais* (in-4°).

PAGÈS, R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu, Congo belge. Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (in-8°).

SCAËTTA, H., *Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire* (in-4°).

ADRIAENS, L., CASTAGNE, E., VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (in-8°).

STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Etude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (in-8°).

VAN NITSSEN, R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (in-8°).