

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences Naturelles et Médicales, N.S., XVIII-5, Bruxelles, 1971

Le gisement de terres rares
de la Karonge
(République du Burundi)

PAR

B.-M. ADERCA

Ingénieur Géologue Conseil de la Sté SOMIKA (Burundi)
Associé de l'Académie

et

R. VAN TASSEL

Docteur en Sciences

HORS COMMERCE - NIET IN DE HANDEL

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, N.R., XVIII-5, Brussel, 1971

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences Naturelles et Médicales, N.S., XVIII-5, Bruxelles, 1971

**Le gisement de terres rares
de la Karonge
(République du Burundi)**

PAR

B.-M. ADERCA

Ingenieur Géologue Conseil de la Sté SOMIKA (Burundi)
Associé de l'Académie

et

R. VAN TASSEL

Docteur en Sciences

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, N.R., XVIII-5, Brussel, 1971

Mémoire présenté à la Séance du 26 janvier 1971

D/1971/0149/5

Le meilleur moyen de trouver de nouvelles ressources minérales reste le raisonnement géologique; rien ne sert d'investir beaucoup d'argent dans un programme d'exploration si celui-ci n'a pas pour base un raisonnement géologique solidement argumenté.

R.H.T. GARNETT

RESUME

Le présent travail fait suite et complète celui publié sur la mine de Gakara (Burundi) en 1958. Il apporte un supplément de connaissances stratigraphiques et tectoniques, appuyées d'une esquisse géologique.

Les nouvelles données proviennent, d'un côté, d'un levé de terrain effectué par des géologues du Service Mines-Géologie de la République du Burundi, d'un autre côté de l'extension des travaux d'exploitation qui ont permis de nombreuses observations.

On a pu mettre en évidence: l'existence d'une structure anticlinale principale; une position stratigraphique différente pour les différents pointements minéralisés actuellement connus; l'intégration probable de ces pointements minéralisés le long de plusieurs zones de cisaillement constituant autant d'alignements minéralisés; le « contrôle d'ordre tectonique » de la localisation des minéralisations; la forme géométrique de la minéralisation en stockwerks complexes et touffus.

R. VAN TASSEL a étudié la minéralogie du gisement et a rédigé le chapitre correspondant. Il a effectué de très nombreuses identifications des minéraux normaux: Bastnaesite, Monazite, Barytine, Goethite et a déterminé deux minéraux nouveaux pour le Burundi: Rhabdophane et Goyazite s.l.

B.M. ADERCA a étudié la paragenèse minérale et en a rédigé le chapitre. La transformation secondaire à grande échelle de la bastnaesite en monazite et la silicification intense d'une gangue initiale principalement barytique sont les phénomènes permettant de constituer une véritable « carte d'identité » du gisement. Un déroulement de la mise en place de la minéralisation et de son évolution ultérieure est proposé. Il est long et complexe quoique identique en tous les points de la zone minéralisée étudiée. Toutefois, le degré d'intensité des divers termes de cette évolution est fort différent d'un point à l'autre de cette zone,

permettant ainsi d'ajouter des touches locales pour chaque pointement minéralisé qui a été mis en exploitation et dont chacun se caractérise par des types de minerais différents.

Le phénomène de monazitisation de la bastnaesite conduit à la formation de structures carriées, celui de la silicification est très particulier, caractérisé par la formation de quartz encapuchonné, qui est considéré comme une cristallisation sous tensions dirigées.

Aussi bien la transformation du fluo-carbonate (bastnaesite) en phosphate (monazite) que la silicification de la gangue barytique initiale, ne sont pas considérés comme des altérations d'origine superficielle mais bien des phénomènes régionaux dus à l'apport, d'origine profonde, à certains moments de la paragenèse, de phosphate, puis de silice, par les éléments minéralisateurs.

SAMENVATTING

Deze studie sluit aan bij de publicatie van 1958, over de ertsafzetting van Gakara, Burundi, en vult deze aan. Ze verstrekt bijkomende gegevens over de stratigrafie en de tektoniek, aan de hand van een geologische schetskaart.

Deze nieuwe gegevens zijn het resultaat, enerzijds van geologisch veldwerk uitgevoerd door de geologen van de Mijnbouwkundig-Geologische Dienst van de Republiek Burundi, en anderzijds van de vordering van de ontginning die aan de basis ligt van een groot aantal nieuwe waarnemingen.

De vaststellingen slaan op: het bestaan van een belangrijke anticlinale structuur; een verschillende stratigrafische positie van de verschillende punten die nu bekend zijn, de vermoedelijke groepering van de gemineraliseerde plaatsen langs verscheidene storingszones die evenzovele mineralisatiezones vormen; de „tectonic control” van de mineralisatie en de ruimtelijke verdeling van deze mineralisatie in ingewikkelde en dichte stockwerken.

R. VAN TASSEL heeft de mineralogie van de afzetting bestudeerd en het desbetreffende hoofdstuk is van zijn hand. Hij heeft talrijke identificaties van de gewone mineralen uitgevoerd: bastnaesiet, monaziet, bariet, goethiet, en heeft twee mineralen

bepaald, die nog niet in Burundi bekend waren, rhabdofaan en goyaziet s.l.

B.M. ADERCA heeft de paragenese bestudeerd en het desbetreffende hoofdstuk geschreven. De secundaire omzetting, op grote schaal, van bastnaesiet in monaziet en de zeer sterke silicificatie van een oorspronkelijk barietisch ganggesteente zijn de verschijnselen, die als het ware een identiteitskaart van de afzetting uitmaken.

Een verloop van de mineralisatie en van haar verdere ontwikkeling wordt voorgesteld. Dit verloop is lang en ingewikkeld, maar is hetzelfde voor alle punten van de gemineraliseerde zone die bestudeerd zijn.

Van plaats tot plaats in de gemineraliseerde zone is er echter een groot verschil in de intensiteit van de verschillende fasen van de omzetting, zodat het mogelijk is locale bijzonderheden op te geven van elke in ontginning genomen plaats, die telkens door verschillende erts-types gekenmerkt is.

Het verschijnsel van de monazitisatie van bastnaesiet leidt tot de vorming van carieuze „box-work” structuren, terwijl de zeer bijzondere silicificatie gekenmerkt wordt door de vorming van kappenkwarts, opgevat als een kristallisatie onder gerichte krachten.

Zowel de omzetting van fluorcarbonaat (bastnaesiet) in fosfaat (monaziet), als de silicificatie van het oorspronkelijk barietisch ganggesteente worden niet beschouwd als verweringsverschijnselen, maar als een verschijnsel van regionale omzetting, tengevolge van toevoer, in bepaalde stadia van de paragenese, van fosfaat en vervolgens kiezel, door mineralisatoren die van een diepgelegen haard afkomstig zijn.

SUMMARY

This study continues and completes a publication on the ore deposit of Gakara, Burundi, of 1958. It brings complementary data about the stratigraphy and tectonics, based on a geological sketch of the region.

These new data are furnished, on the one side, by a geological survey performed by geologists of the Geology and Mines Department of the Republic of Burundi and on the other side by the continuation of several mine workings enabling a host of new observations.

It has been possible to ascertain: the existence of a main anticlinal structure; a different stratigraphical position of all mineralized spots that are now known; the probable grouping of these points along several fault-zones which form as many mineralized axes; the tectonic control of the emplacement of the ore deposits and the spatial distribution of the mineralization in intricate and dense stock-works.

R. VAN TASSEL has studied the mineralogy of the deposit and written the chapter in question. He provided many identifications of the more typical minerals: bastnäsite, monazite, barite, goethite and has identified rhabdophane and goyazite s.l., two new minerals for Burundi.

B.M. ADERCA has investigated the paragenesis and has written the chapter relating to this subject-matter. The secondary alteration, on a large scale, of bastnäsite into monazite and the very strong silicification of the primary barite mineral are phenomena which make it possible to draw up a veritable "identity-card" of the deposit. A course of the deposition of the mineralization and its subsequent development is proposed. It is long and complicated but completely identical for every point of the mineralized zone which has been examined.

From point to point in the mineralized zone there is however a great difference in the intensity of the several phases of this alteration so that it is possible to give local particulars of every site that has been put into exploitation, each site being also characterized by a special ore-type.

The phenomenon of the monazitisation of the bastnäsite leads to the formation of "box-work" structures, which in the case of the silicification is very peculiar and characterized by the formation of "cox-comb structures"; this is considered to be a cristallization under conditions of directional stress.

Both the alteration of the fluo-carbonate (bastnäsite) into phosphate (monazite) and the silicification of the original barite gangue are not considered to be due to weathering but to regio-

nal phenomena following supply, at certain moments of the paragenesis, of, first, phosphate and then silica, by mineralizing agents of deep seated origin.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit ist eine Folge und Ergänzung der Veröffentlichung über die Lagerstätte Gakara, Burundi, von 1958. Sie bringt ergänzende Daten über die Stratigraphie und die Tektonik an Hand einer geologischen Kartenskizze.

Die neuen Daten gehen einerseits aus einer geologischen Feldaufnahme, ausgeführt von Geologen des Amtes für Geologie und Bergbau der Republik Burundi hervor und anderseits aus der Fortsetzung des Abbaues die viele neue Beobachtungen ermöglicht hat.

Es wurde festgestellt: das Vorkommen einer wichtigen antiklinalen Struktur; eine unterschiedliche stratigraphische Lage der verschiedenen mineralisierten Stellen die bis jetzt bekannt sind; die vermutliche Gruppierung dieser mineralisierten Punkte entlang verschiedener Störungszonen, die ebensoviele mineralisierte Achsen bilden; die von der Tektonik kontrollierte Ortstellung der Mineralisationen und die räumliche Verteilung der Mineralisationen in komplizierten und dichten Stockwerken.

R. VAN TASSEL hat die Mineralogie des Lagerstätte untersucht und den diesbezüglichen Abschnitt geschrieben. Er führte eine große Anzahl Bestimmungen normaler Mineralen aus: Bastnaesit, Monazit, Baryt und Goethit und hat zwei, für Burundi neue Mineralien bestimmt, und zwar Rhabdophan und Goyazit s.l.

B.M. ADERCA hat die Mineralparagenese studiert und den betreffenden Abschnitt verfaßt. Die sekundäre Umbildung in großem Ausmaße von Bastnaesit in Monazit und die intensive Silizifikation des ursprünglichen barytischen Ganggesteines sind die Phänomene die es ermöglichen eine wahre „Identitätskarte“ der Ablagerung dazulegen. Ein Vorgang der Ortstellung der Mineralisation und die darauffolgende Entwicklung wird vorgeschlagen. Sie ist langwierig und kompliziert aber identisch für

alle Stellen der mineralisierten Zone die studiert worden sind. Von Ort zu Ort in der mineralisierten Zone gibt es jedoch einen großen Unterschied der Intensität der verschiedenen Phasen der Umbildung so daß es möglich ist örtliche Besonderheiten jeder in Abbau gesetzten mineralisierten Stelle zu geben, die ebenfalls durch unterschiedene Erztypen gekennzeichnet sind.

Das Phänomen der Monazitisation des Bastnaesit führt zur Bildung von „Box-work“ — Strukturen weil das der Silifizierung sehr eigentümlich ist und gekennzeichnet wird durch die Bildung von Kappen-Quartz welche betrachtet wird wie eine von gerichteten Spannungen bedingte Kristallisation.

Sowohl die Umbildung des Fluor-Karbonats (Bastnaesit) in Phosphat (Monazit) als die Silifizierung des ursprünglichen barytischen Ganggesteines werden nicht wie Verwitterungsvorgänge sondern als Regional-Phänomene betrachtet, die stattfinden eines Stoffzufuhrs zufolge an bestimmten Zeitpunkten der Paragenese; Mineralisatoren aus tiefen Zonen stammend brachten zuerst das Phosphat und darauf die Kieselsäure.

РЕЗЮМЕ

Настоящая работа продолжает и дополняет этюд рудника Гакара (Gakara, Burundi) опубликованный в 1958 году. Она приносит дополнительные сведения о стратиграфии и тектонике района, опирающиеся на геологический эскиз.

Новые данные обязаны, с одной стороны, съёмке произведённой геологами Горно-Геологической Службы Республики Бурунди, с другой, многочисленным наблюдениям сделанным при развитии рудничных работ.

Показаны :

- наличие главной антиклинали ;
- различные стратиграфические горизонты достигнутые известными обнажениями рудных тел ;
- вероятная зависимость этих обнажений с несколькими зонами среза, создающих минерализованные линии ;
- тектонический характер контроля локализации рудных тел ;
- геометрическая форма этих тел в виде тустых и сложных „stokwerks”ов.

Р. Ван Тассель (R. Van Tassel) изучал минералогию месторождения и написал соответствующую главу. Он сделал многочисленные идентификации минералов : бастнезита, монацита, барита и гётита и определил два новых для Бурунди минерала : рабдофанит и гоязит.

Б. Адерка (B. Aderca) изучал минеральный парагенезис и написал соответствующую главу. Два феномена : вторичное, широко распространенное изменение бастнезита в монацит и интенсивное окварцевание жильной породы, по преимуществу баритовой - позволяют составить настоящую „визитную карточку” месторождения.

Предложена гипотеза их эволюции с момента начальной минерализации. Она долгая и сложная, по одинаковая во всех местах изучаемой минерализованной зоны. Все же, степень интенсивности различных терминов этой эволюции не одинакова в

разных точках этой зоны, что позволяет прибавить местные характеристики для каждого месторождения, давшего место рудничным работам. Каждое из этих месторождений характеризуется различными типами минералов.

Феномен моноацитизации бастнезита способствует образованию кариёзных структур; феномен окварцевания своеобразен и характеризуется образованием кристаллов „анкапюшоне“ - что считается как тип кристаллизации при направленном напряжении.

Как трансформация флюоро-карбоната (бастнезита) в фосфаты (моноцит, рабдофанит) так и окварцевание жильной породы, вначале баритовой, не относятся к феноменам связанным с поверхностными реакциями, но считаются феноменами режонального характера, связанными с приносом из глубин, в известные моменты парагенезиса, фосфора, потом кремния и других элементов минерализаторов.

I. INTRODUCTION (B.M.A.)

Le gisement de terres rares de la Karonge a fait l'objet d'une première publication recueillie par l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer dans ses publications de 1958 (1).

L'exploitation du gisement, poursuivie sans interruption de 1948 à 1957, a dû être arrêtée vers fin de cette dernière année suite à l'impossibilité de trouver un acheteur offrant un prix rémunérateur pour le minerai produit.

Dans les toutes dernières années des travaux scientifiques très importants ont considérablement enrichi nos connaissances sur les métaux du groupe des « terres rares », tant en ce qui concerne leur géochimie, minéralogie, géologie que plus particulièrement en ce qui concerne leur métallurgie et leur séparation, avec obtention d'oxydes de grande pureté et même des métaux individuellement. Le progrès technique qui s'en est suivi — il y a bien peu d'années, tout ce que le métallurgiste pouvait retirer d'un minerai était le mélange de l'ensemble des métaux du groupe, produit qui était connu sous la dénomination allemande bien significative de « Mischmetall » — a conduit à un nouvel intérêt pour les minerais des métaux du groupe des « terres rares », ce qui a permis la réouverture des travaux d'exploitation de la mine du Burundi en août 1965, travaux qui se poursuivent depuis lors.

Tandis qu'en 1957 le niveau le plus bas atteint dans la grande carrière de Gakara était à l'altitude de 1964,5 m (voir plan *fig. 5* de la publication précitée), en 1966 et 1967 les travaux dans cette carrière ont été approfondis jusqu'au niveau de ± 1950 m donc de ± 14 m, avec l'élargissement des niveaux supérieurs que cet approfondissement implique. Des travaux d'exploitation ont également été poussés à la carrière de Rusutama, la certitude

(1) J. THOREAU, B. ADERCA et L. VAN WAMBEKE: Le gisement de terres rares de la Karonge (Urundi) (Bulletin des Séances de l'ARSOM, 1958, p. 684-715, 19 fig., 2 pl. h.t.).

ayant été acquise que les deux pointements minéralisés de Gakara et Rusutama font partie d'un seul « alignement » minéralisé continu de plusieurs kilomètres de longueur. Par ces nouveaux travaux, à fin 1969, il a été produit plus de 1200 t de minerai marchand.

Des travaux de reconnaissance, en direction, ont été poussés dans les filons de Mukasenyi et sur plusieurs autres pointements minéralisés, représentant des « alignements » différents.

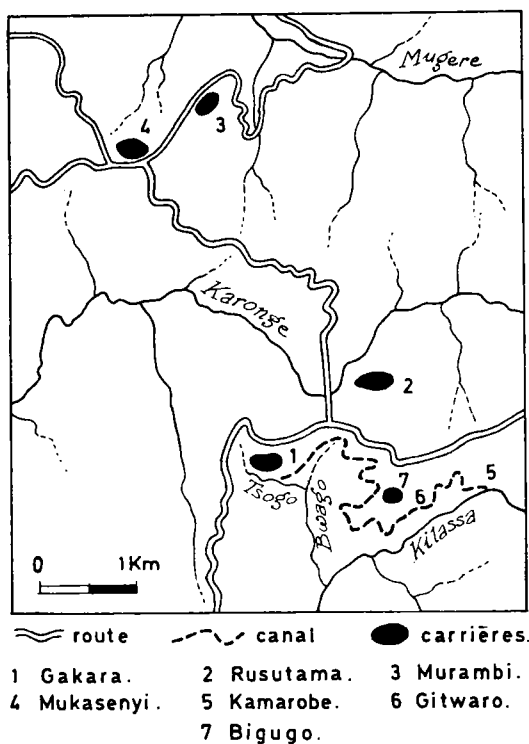


Fig. 1

Ces travaux ont montré l'existence de types de minerai divers, dont l'étude a dû être entreprise pour faciliter le traitement et l'épuration en vue de l'obtention d'un concentré marchand répondant aux exigences plus sévères du métallurgiste.

C'est le résultat de ces études que nous exposons dans la présente note. Pour sa compréhension, la *fig. 1* montre la position de tous les pointements dont proviennent les minerais étudiés. Les *fig. 1* et 2 de la publication de 1958 donnent la position et la situation géologique d'ensemble.

II. GEOLOGIE DU GISEMENT (B.M.A.)

Cette note géologique est basée, principalement, sur le levé effectué en septembre 1968 par les géologues R. RAMELOT et J.-C. LAMBEAU du Service des Mines du Burundi. Nous lui avons ajouté les données de terrain récoltées lors de visites au Burundi en 1966, 67, 68 ainsi que certaines études de roches.

L'épaisseur des terrains superficiels d'altération est considérable dans toute la région étudiée. Il s'en suit une grande rareté d'affleurements rendant difficile la lecture de la géologie de la région. Dans l'état actuel des observations, les grands traits peuvent être décrits comme suit:

A. STRATIGRAPHIE

De haut en bas il paraît exister:

1. Schistes,
2. Niveau quartzitique,
3. Gneiss œillé,
4. Micaschistes.

1. Des schistes métamorphiques bariolés, tendres, très altérés dans la partie NE de la carrière de Gakara, où leur attitude est N-20°-W/85°N; en cet endroit ces schistes sont toutefois décollés de la masse quartzitique sousjacent;

2. Un niveau quartzitique d'une trentaine de mètres de puissance. Ce niveau, bien visible dans la grande carrière de Gakara où son attitude est N-26°-E/82° SE, se dirige ensuite vers les chutes de la rivière Karonge qu'il forme, puis s'infléchit fortement vers le nord, ainsi que l'ont montré les levés Ramelot-Lambeau. Le niveau, entièrement formé de gros bancs de quartzite blanc massif à la carrière Karonge, renferme de petits bancs de schistes siliceux et des intercalations de micaschistes muscovitiques en plus de gros bancs de quartzite blanc muscovitique lité, aux

chutes de la Karonge. Une étude microscopique a été effectuée a) sur le quartzite schistoïde des chutes Karonge et b) sur le quartzite massif, mais pris dans une zone tectonisée, de la grande carrière de Gakara:

a) *Quartzite blanc schistoïde finement grenu, muscovitique, des chutes de la Karonge* (lames M 11.709)*: quartzite blanc straticulé, straticules de 3 à 5 mm, légèrement ondulantes, à surfaces soulignées par de fines paillettes de muscovite parcimonieusement répandues ainsi qu'un peu de matières ferrugineuses. Sous le microscope on observe une cristallisation du quartz en grains polyédriques s'impressionnant les uns dans les autres, avec formes allongées parallèlement à la stratification. Une dimension de grain très répandue est 0,6 mm/0,2 à 0,3 mm. La muscovite se présente en très fines paillettes mélangées à des matières ferrugineuses, l'ensemble soulignant, en taches étroites allongées, les surfaces de stratification; ou en grande paillettes isolées, toujours de formes allongées, de même dimension ou plus grandes que les grains de la masse de quartz. L'allongement parallèle à la stratification est la règle absolue.

Dans une des lames on observe plusieurs grains de *microcline* et un grain d'*orthose*, tous ces grains étant de formes globuleuses, donc ne suivant pas la règle d'allongement parallèle à la stratification du quartz et de la muscovite.

Aucun élément accessoire n'a été observé dans les deux lames étudiées.

b) *Quartzite blanc de la grande carrière de Gakara* (lames M 11.710): deux lames ont été taillées dans un échantillon prélevé sur un banc du niveau de quartzite compris entre deux filons, dans la partie Sud-Ouest de la carrière.

Roche identique à la précédente, appartenant d'après les levés de surface au même niveau quartzitique que celui des chutes de la Karonge mais située ici dans une zone dérangée. Les bancs constituant le niveau dans la grande carrière sont plissés surtout près des deux contacts avec les roches encaissantes, où ont eu lieu des décollements et glissements.

* Les échantillons et les lames minces dont le numéro est précédé de M, font partie des collections du Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren.



Carrière de Rusutama

L'échantillon prélevé montre deux genres de cassures: une cassure de même direction que la stratification mais faisant avec elle un angle d'environ 20°; d'autres cassures rapprochées, de direction perpendiculaire à celle de la stratification.

Le long de la cassure peu inclinée on observe la formation de géodes avec parois tapissées de fines cristallisations siliceuses et avec dépôts de résidus ferrugineux les remplissant.

Il existe des straticules entièrement imprégnées de matières ferrugineuses et prenant de ce fait des teintes roses à brunes.

Sous le microscope la différence avec la structure du quartzite des chutes est frappante. Des straticules de 2 à 3 mm d'épaisseur, à cristallisation allongée identique à celle des lames 11.709, sont séparées par des straticules beaucoup plus minces, 0,1 à 0,3 mm, formées de quartz microgrenu, grains de 0,04 mm de dimension prépondérante, amplement mélangés et cimentés par des matières ferrugineuses.

On observe aussi une straticule de 2 mm d'épaisseur formée par une succession de straticules composantes parallèles de 0,1 mm alternativement en une ligne de grains de quartz allongés et en une fine mosaïque de quartz abondamment mélangé de matière ferrugineuse.

Dans la deuxième lame mince les straticules finement grenues ferrugineuses prennent plus d'importance, deviennent par places même plus épaisses que les straticules à cristallisation grossière et à formes allongées.

On observe dans cette lame des grains à contours dentelés, engrainant d'un élément à l'autre. La *muscovite* n'est représentée que par quelques très rares petites paillettes. Il n'y a aucun élément accessoire.

Dans les deux lames l'extinction est nette; on n'observe pas des extinctions ondulantes.

Il paraît normal de penser que la différence de structure observée entre le quartzite des chutes de la Karonge et celui de la grande carrière de Gakara appartenant au même niveau, est due au fait que cette dernière est située dans une zone tectonisée, dont les mouvements ont consisté en un décollement du quartzite des roches l'encaissant, de plasticité (compétence) très différente.

Schistes bariolés et niveau quartzitique pourraient ne former que des accidents dans une grande masse de gneiss.

3. Gneiss œillés à deux micas, probablement des orthogneiss d'après RAMELOT-LAMBEAU. Cette roche, extrêmement altérée dans la partie sud-ouest de la grande carrière Gakara, où elle est bien mise à jour, a été recoupée parfaitement inaltérée dans un travers-banc inférieur de recherche au niveau 1940.

Des échantillons ont été prélevés à front d'avancement de ce travers-banc (éch. Gak. 6, le 15.10.65) et les lames 1194, 1195, 1196 y ont été taillées.

B.M. ADERCA a prélevé le 27.11.66, après l'arrêt des travaux de cette galerie de reconnaissance, un échantillon de roche gneissique beaucoup plus siliceuse, intercalée dans les gneiss œillés précédents (échantillon et lame A2).

Dans la lame 1194 on observe une straticule essentiellement quartzeuse, visible sur 2 mm d'épaisseur et une straticule essentiellement feldspathique visible sur 10 mm d'épaisseur, séparées entr'elles par une fine straticule micacée de 0,2 mm d'épaisseur maximum.

La straticule quartzeuse est formée de plages non orientées, la dimension prédominante étant de l'ordre de 0,5 mm, à contours dentelés engrenant d'une plage à l'autre. Il s'y mêle quelques rares grains de feldspath.

Les très fines straticules micacées sont formées de *muscovite* en fines paillettes allongées s'accolant en faisceau parallèle avec *biotite* en paillettes plus grandes, informes, paraissant par places se former au dépens de la *muscovite*.

Les fines straticules muscovitiques soulignent la schistosité de la roche. Dans la lame deux pareilles straticules se réunissent sous angle aigu, ce qui correspond à la structure œillée de la roche.

Les strates feldspathiques, beaucoup plus épaisses et à gros cristaux, montrent sous le microscope une structure fort différente: très grandes plages d'orientation optique uniforme divisées par un double réseau de fines veinules de quartz à cristallisation très fine. Ces veinules ont au maximum 0,1 à 0,2 mm d'épaisseur et une de leurs directions est pratiquement parallèle à la direction de la schistosité — représentée dans la lame par la séparation entre les deux straticules de quartz et de feldspath — l'autre direction étant légèrement oblique sur la perpendiculaire à la schistosité.

La structure œillée en grand, parfaite tant sur l'échantillon que dans la lame examinée, est un effet cataclastique (HARKER, 1939, p. 167) assez avancé, conduisant à une structure lenticulaire du gneiss.

Les fines veinules de quartz microcristallin ne paraissent pas pouvoir être considérées comme appartenant aussi à la phase cataclastique, car il est difficile de penser que les plages séparées par les veinules de fin quartz ont pu se séparer d'un cristal unique pendant une phase dynamique, sans aucun changement de position l'une par rapport à l'autre.

Cette phase de silicification est postérieure à la cataclase du gneiss.

Quant à la nature du feldspath, étant d'un indice de réfraction nettement inférieur à celui du baume, de caractère biaxe négatif et montrant, sur certaines plages deux directions de clivage se coupant à angle droit, il s'agit d'*orthose*.

Les deux autres lames (1195, 1196) du même échantillon montrent une structure œillée parfaite mais la silicification y est beaucoup plus importante. On observe de grandes plages de quartz microgrenu, contrastant avec le quartz grossièrement cristallisé qui forme les straticules quartzzeuses du gneiss, ne contenant plus que fort peu d'*orthose* résiduelle.

Il y existe en outre quelques plages d'un plagioclase maclé polysynthétiquement suivant la loi de l'albite (angle d'extinction 13°) et une grande plage très finement maclée (*albite*).

En lame mince la roche de l'échantillon A2 apparaît comme formée de fins feuillets à texture quartzitique: *quartz* finement cristallisé, en grains à contours dentelés engrainant d'un grain à l'autre; le feuilletage est souligné par de la *biotite* en fines paillettes formant de très minces straticules séparant celles de quartz beaucoup plus épaisses (millimétriques). Il existe en outre de l'*orthose*, du *microcline* et de l'*albite*, paraissant exister en quantités à peu près égales en ce qui concerne le feldspath sodique par rapport à l'*orthose* potassique.

Tous les feldspaths se présentent en plages de loin plus importantes que la dimension du grain moyen de la cristallisation du quartz et ces plages se développent au milieu des straticules quartzzeuses, sans former donc des straticules feldspathiques. C'est ce qui donne à la roche un aspect œillé et nous incite à

considérer cette roche, vu aussi les proportions des divers minéraux, comme un *quartzite feldspathique à biotite* ou un *gneiss particulièrement siliceux*.

Tous les plagioclases sont fracturés: dans la lame 1195 on en observe une grande plage maclée polysynthétiquement, dont les fines macles sont découpées et déplacées dans le même sens suivant plusieurs fines microfissures parallèles.

Orthose, microcline et feldspaths sont encombrés de très fines paillettes de *muscovite* qui forme aussi de longues paillettes étroites se disposant le long des clivages du feldspath ou de l'orthose. Aucun autre élément accessoire n'a été observé.

Ce même gneiss siliceux œillé biotitique est bien observable dans une ancienne galerie de recherche située immédiatement au sud des chutes Karonge et dans laquelle il est séparé des quartzites par une épaisseur d'environ 30 m de granite-gneiss muscovitique, certains bancs finement cristallisés d'autres à gros éléments, une pegmatite à gros feuillets de muscovite s'intercalant entre le gneiss muscovitique et celui biotitique.

La carrière de Bigugo est découpée dans un granite-gneiss très altéré, s'excavant à la pelle, à structure stratifiée parfaite, l'attitude moyenne du feuilletage étant N-10°-W/80° à verticale.

4. Micaschistes occupant la partie centrale d'une structure anticlinale et particulièrement bien exposés dans la carrière de Rusutama. Leur altération est telle qu'on peut y tailler des gradins manuellement, à la pelle. La structure est finement zonée, rouge et blanc, la teinte générale étant rouge là où il n'y a pas de minéralisation et jaune dans les parties minéralisées, l'ensemble étant irrégulièrement zébré de pegmatite blanche. La direction générale est fort voisine de la méridienne: N-10° à 15°-E/70° W. Les micaschistes de Rusutama sont, par ailleurs, fort semblables aux schistes bariolés de la carrière Gakara.

Roches éruptives

Des roches éruptives existent dans la région du gisement: à moins d'un kilomètre à l'ouest de la carrière Gakara, le colluvium recoupé par les tranchées d'une route montre l'existence d'une roche granitique blanche, à cristallisation très grossière laissant partout de gros feuillets de muscovite. La situation de terrain indique que, vers l'ouest, le quartzite de la carrière Gakara doit

venir rapidement buter contre la masse granitique. Des dykes et pointements d'une roche basique vert très foncé sont nombreux. Sa nature reste à déterminer. Les dykes recoupent obliquement la direction générale des couches.

B. TECTONIQUE

La publication de 1958 donne un certain nombre d'indications tectoniques de caractère local, récoltées dans les gisements en exploitation. C'est en 1968 que les géologues du Service des Mines du Burundi, R. RAMELOT et J.-C. LAMBEAU effectuèrent un levé de la région de Gakara à l'échelle 1/5 000, levé que nous reproduisons ici en réduction et qui montre que la minéralisation est accrochée à une grande structure anticlinale. (*Planche I h.t.*)

Dans la notice explicative de leur levé, RAMELOT et LAMBEAU donnent les indications suivantes:

Un important banc de quartzite, observable depuis la carrière de Gakara, souligne une large structure anticlinale s'ennoyant vers l'Est.

Au-dessus de ce banc de quartzite apparaissent des paquets de schistes métamorphiques dans un fond gneissique.

Ces schistes, bien observables dans la carrière de Rusutama, montrent une intense fracturation à laquelle est liée la minéralisation. Dans la carrière principale de Gakara le contact quartzite-gneiss est souligné par une fracture importante, minéralisée, dont des ramifications s'étendent dans les deux épontes.

La carrière de Bigugo, comme celles de Nyabigati N et S, ne montrent que des gneiss fracturés.

La rareté des affleurements observables en dehors des carrières ne permet malheureusement pas d'établir une corrélation précise ni de relier entre eux les accidents tectoniques observés.

Si la structure anticlinale esquissée par les derniers levés se confirme, il s'en suivra que les exploitations Gakara et Rusutama se situeront en bord nord du dit anticlinal, quoique à des niveaux stratigraphiques différents, tandis que l'exploitation Bigugo, comme le confirment d'ailleurs les attitudes y relevées, serait fixée pratiquement dans la zone axiale. Les indices de minéralisation autour de la colline Gitwaro et les anciennes exploitations Nyabigati restent en flanc sud de l'anticlinal.

Dans la publication de 1958, la disposition des fractures principales et du réseau filonien, dans la grande carrière de Gakara, a été décrite et figurée (*fig. 5*, p. 692). Le niveau inférieur se trouvait, à l'époque du levé figuré, à 1964,50 m. Depuis lors, les observations faites confirment la disposition faillée et permettent de l'interpréter comme un décollement entre le niveau de quartzite rigide et les schistes et gneiss l'encaissant.

La publication de 1958 (*fig. 5*) donne l'état des travaux au 6.6.57. Depuis la reprise des travaux trois galeries de recherches, C4 et C5 au niveau 1964,50 m (= niveau 9, niveau de base de la carrière lors de l'arrêt en 1958) et C6 au niveau 1975 m, ont permis de préciser la position de la zone faillée et ainsi mieux fixer l'extension du dérangement. Les dernières observations faites sont synthétisées sur un plan qui donne en même temps l'avancement des travaux de la carrière au 1^{er} janvier 1970, plan que nous avons superposé sur celui donnant la situation au 6.6.1957 (*pl. II, b.t.*).

La galerie C4 débute à la limite sud des quartzites, où on observe une brèche minéralisée, parcourt sur une trentaine de mètres des schistes gneissiques, puis s'incurve pour pénétrer et traverser le niveau quartzitique perpendiculairement à sa direction générale. Les schistes gneissiques renferment un stockwerk très touffu de fins filonnets de bastnaesite parfois pure ainsi que des poches de quartz à structure bréchiée, certaines assez grandes, également minéralisées. Le niveau quartzitique, à sa partie nord, comporte un horizon de schistes siliceux blancs fortement plissés et dérangés, avec une minéralisation très irrégulièrement distribuée.

La galerie C5, symétrique de C4 à l'ouest du niveau 1964,50 m, a parcouru une zone excessivement dérangée, de soutènement très difficile. Elle n'a servi qu'à délimiter l'épaisseur de la zone faillée.

L'approfondissement de la tranchée d'accès de la carrière jusqu'au niveau des 1945 m a fait constater que le stockwerk filonien dans les gneiss altérés, en bordure sud de la zone faillée, s'étend plus au sud que ce qui avait été constaté dans les travaux de 1957. Il y est sensiblement plus développé que ce qui avait été indiqué dans la première publication. Dans la tranchée d'accès au niveau 1945 (*fig. 2*) nous avons observé (le 27.11.

1966) un gneiss porphyroïde très altéré contenant, sur 30 m de longueur, neuf filonets à bastnaesite à la recoupe. Le dernier filonet est situé à plus de 70 m de distance au sud de la zone faillée.

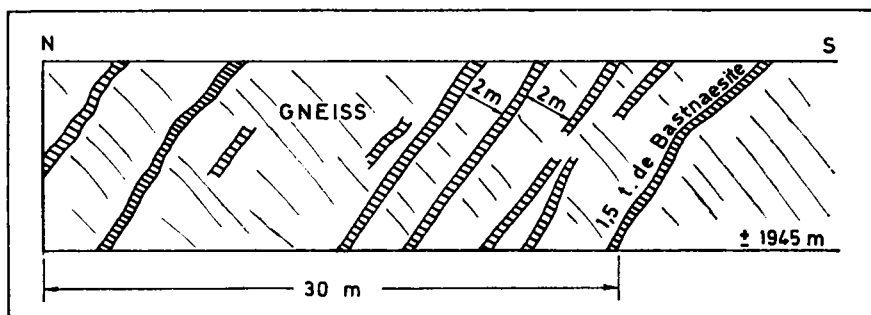


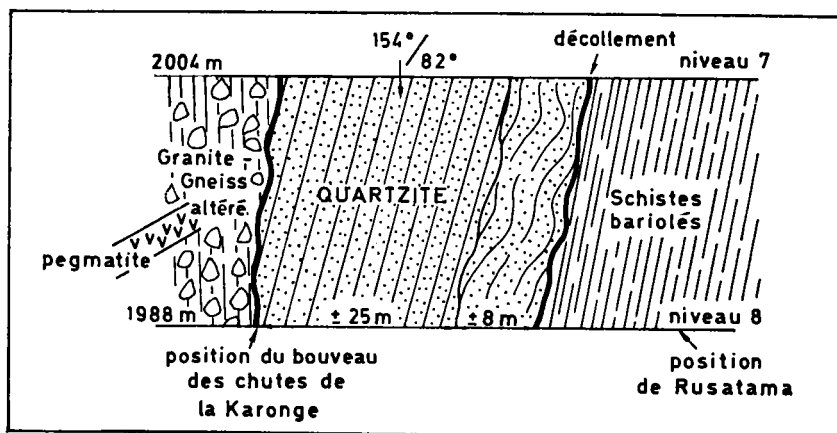
Fig. 2

Enfin un bouveau inférieur de recherche a été creusé au niveau 1939,76 m. Il a parcouru, sur 60 m de longueur, des gneiss contenant un banc quartzitique de 0,60 m de puissance, avec minces intercalations schisteuses finement litées. A front d'avancement le gneiss était parfaitement frais.

Le 18.4.68, la masse de quartzite de la grande carrière de Gakara et ses épontes étaient particulièrement bien dégagées sur un des gradins de la carrière et nous en avons noté et photographié la disposition représentée *fig. 3*.

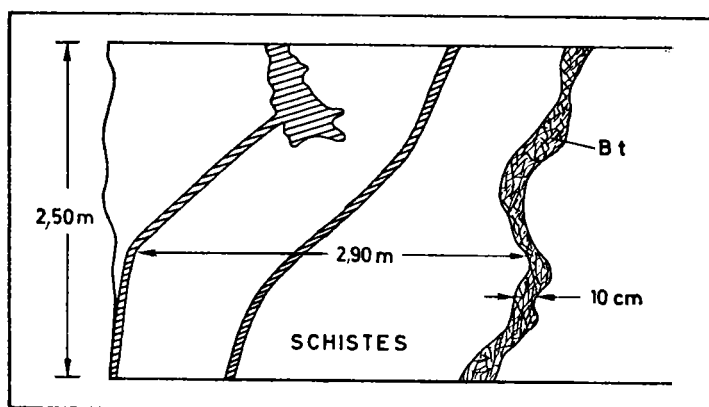
La fracturation des schistes de la carrière de Rusutama a été décrite et figurée dans la publication de 1958. En avril 1968, au centre d'un des gradins de la carrière, nous avons observé une masse de schistes altérés jaunes et rouges, écrasés, donnant l'impression d'avoir coulé, formant une zone de faille sur environ 50 m de largeur, et y renfermant un stockwerk très irrégulier de filonets de bastnaesite (*fig. 4*).

RAMELOT et LAMBEAU, inspectant les différentes carrières, au cours de leur levé, en ont donné la description suivante:



Carrière de la Karonge .

Fig. 3



Filons au centre d'un gradin de Rusatama .

Fig. 4

1°) *Carrière Gakara*: Une zone broyée minéralisée occupe à l'Ouest de la carrière le contact SW-NE entre les quartzites et les gneiss. De petites ramifications de cette fracturation pénètrent suivant une direction EW dans les gneiss situés à l'Est. D'autres affectent le banc de quartzites au NW en prenant l'allure d'un stockwerk.

Dans le coin NE de la carrière le contact quartzite-gneiss est stérile mais subsistent des fractures minéralisées qui semblent plus importantes dans le quartzite que dans le gneiss.

Il semble donc que, dans cette carrière, la différence de compétence entre les quartzites et les gneiss ait joué un certain rôle dans la localisation des fractures les plus importantes. Des filons de pegmatites sont observables en différents points de la carrière mais ils semblent bien n'avoir aucun rapport avec la minéralisation.

Nous avons, en ce qui nous concerne, considéré toujours les pegmatites postérieures à la minéralisation, nous basant tant sur le fait que ces pegmatites sont non minéralisées mais surtout sur certaines observations de positions réciproques faites sur des contacts filon-pegmatite, en lame mince.

2°) *Carrière Rusutama*: Les fronts montrent un réseau irrégulier de filonets minéralisés du type stockwerk, à tendance générale NS et sub-verticaux, encaissés dans des schistes bariolés très altérés. Les épontes prennent une coloration blanc-jaunâtre qui pourrait être le témoignage d'une certaine feldspathisation hydrothermale.

Il est à noter dans cette carrière que les schistes, sous les sollicitations tectoniques, semblent s'être comportés comme un matériau rigide, sans apparition de plissements. Ceci laisse à penser qu'ils étaient sortis de la zone de plasticité de l'écorce terrestre lorsque la fracturation, accompagnée de mise en place de la minéralisation, s'est produite.

Peut-être s'agit-il d'une tectonique et d'une phase minéralisante très tardives, peut-être de l'âge de la formation du graben du lac Tanganyika. Ceci rapprocherait alors le gisement de Karonge des gisements des terres rares de Tanzanie, par exemple, qui jalonnent comme on le sait les grands accidents radiaux du type Rift Valley. Les roches volcaniques sont absentes à Karonge mais est-il interdit de penser notamment à des carbonatites aveugles?

La possibilité d'existence de « carbonatites » en relation avec la minéralisation en terres rares a souvent été évoquée. Mais, à ce jour, aucune carbonatite n'a été découverte dans la région et la calcite elle-même n'est représentée, avec doute, que par quelques « fantômes » dans la gangue silicifiée de certains filons.

3°) *Carrière Bigugo*: La minéralisation est ici liée à une fracturation des gneiss, du type stockwerk, orientée en moyenne EW. Les fronts ont à un certain moment montré des filons de pegmatites à lépidolite stériles, orientés 350°/40° E et déplacés par cette fracturation.

Tout ce que l'on peut dire de cette carrière, c'est que la phase tectonique minéralisante est indépendante et postérieure à celle concomitante de la mise en place des pegmatites.

Cette remarque apparaît en contradiction avec des observations de terrain et en lame mince, ci-dessus relatées. Il ne serait nullement impossible qu'il existe diverses venues pegmatitiques, toutes non minéralisées en terres rares, mais leur étude détaillée reste à faire.

Le stockwerk filonien de Bigugo est enchassé dans les gneiss très fortement altérés, s'excavant à la pelle dans la zone superficielle découpée par la carrière, mais gardant parfaitement la structure de la roche. Le réseau filonien se dispose suivant deux directions principales: l'une ($18^\circ/55^\circ$) est celle du feuilletage des gneiss; l'autre ($340^\circ/85^\circ$) est fortement inclinée sur celui-ci (fig. 5).

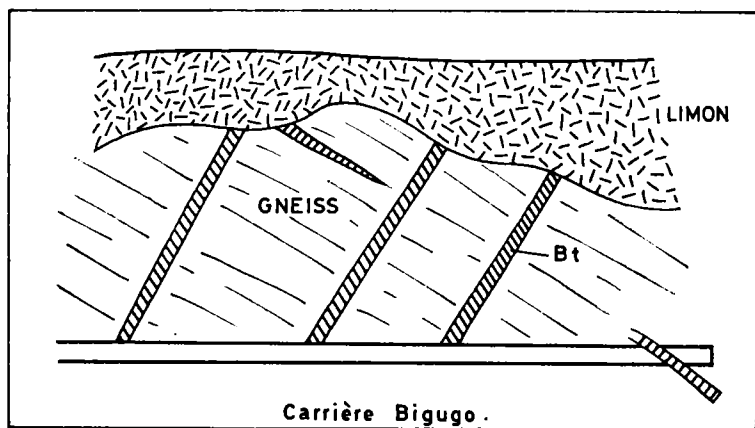


Fig. 5

Les filons sont de faible puissance, 2 à 15 cm; leur remplissage est de teinte verte, parcouru par des zones irrégulières ferrugineuses et leurs salbandes sont fortement imprégnées de matières ferrugineuses.

4°) *Carrières Nyabigati N et S*: Comme celle de Bigugo, ces carrières montrent un stockwerk dans des gneiss.

En conclusion, RAMELOT et LAMBEAU décrivent l'ensemble des accidents tectoniques localisant la minéralisation comme consti-

tuant « un stockwerk assez lâche qui, à la faveur de certaines conditions géologiques locales, prend l'allure de shear-zones où la densité de la minéralisation est telle qu'elle devient exploitable ». La densité des observations ne leur a toutefois pas permis d'intégrer les divers accidents tectoniques, observés localement, en des structures plus importantes permettant éventuellement de guider les recherches vers de nouveaux points minéralisés.

Les levés RAMELOT-LAMBEAU de 1968 indiquent donc une position stratigraphique différente pour les différents gisements et ne laissent qu'une importance toute locale au niveau de quartzite Gakara — chutes Karonge contrairement aux idées anciennement avancées.

Les minéralisations actuellement connues peuvent être disposées en plusieurs alignements:

— l'alignement Gakara-Rusutama, situé en versant ouest de la structure anticlinale,

— l'alignement Gitwaro-Nyabigati, situé en versant est de la dite structure,

— l'alignement Murambi-Mukasenyi, situé au nord et dans un contexte stratigraphique différent.

Le gisement de Bigugo resterait ainsi isolé, situé tout contre la partie axiale de la structure anticlinale, mais sur son versant est, c'est pourquoi nous avons inclus ce gisement dans l'alignement minéralisé oriental.

Ce groupement des gisements actuellement connus peut toutefois ne point correspondre à un fait génétique et ne s'imposer que pour sa commodité dans la localisation et la description des divers pointements minéralisés. Des recherches de prolongement en direction en seront basées et permettront de vérifier la réalité de ces « alignements ».

Dans tous les pointements minéralisés le « contrôle » de leur localisation apparaît comme d'ordre tectonique. Dès lors, une hypothèse de travail fort défendable pour les futures recherches apparaît aussi celle qui alignerait les gisements Gakara-Rusutama-Nyabigati sur une zone de fracturation principale. Celle-ci intégrerait les nombreuses fractures observées localement, constituant ainsi une zone de cisaillement importante de direction fort inclinée par rapport à celle de l'axe anticlinal.

C. MINÉRALISATION

Un chapitre « métallogénique » du rapport couvrant le levé effectué par RAMELOT-LAMBEAU est rédigé comme suit:

Chaque carrière a ses caractéristiques propres. Si la minéralisation semble partout liée à un stockwerk la roche encaissante est par contre chaque fois différente. A Gakara, il s'agit d'un stockwerk dans un ensemble quartzito-gneissique avec, bien entendu, une zone plus riche près du contact quartzite-gneiss.

A Rusutama il s'agit d'un stockwerk dans des schistes tandis que à Bigugo, Nyabigati N et S, d'un stockwerk dans des gneiss.

Si la densité des observations avait été plus importante peut-être aurait-il été possible de relier tous ces tronçons de stockwerk entre eux et les intégrer dans une structure tectonique unique ce qui aurait facilité la recherche des zones intéressantes. Ce n'est malheureusement pas le cas et, à voir la dispersion des points minéralisés, on a plutôt l'impression qu'il s'agit d'une très vaste région, débordant même du cadre de notre levé, où la bastnaesite a pris place dans un stockwerk très lâche affectant un ensemble gneissique, quartzitique et schisteux.

Ce stockwerk minéralisé ne montre apparemment aucune relation spatiale avec le contact gneiss-roches métamorphiques ce qui nous confirme encore dans l'idée qu'il relève d'une tectonique postérieure affectant l'ensemble d'une région déjà rigidifiée. Le granite, dont le feuilletage gneissique est parallèle aux roches encaissantes, pourrait être syntectonique.

Les données sur la nature de la minéralisation ainsi que celles sur la paragenèse minérale, exposées dans la publication de 1958, doivent rester présentes à la mémoire. Mais, depuis la réouverture des travaux d'exploitation en 1965, de nombreux échantillons ont été récoltés. Ils ont fait l'objet d'une étude en lames minces et en surfaces polies.

La minéralisation en « terres rares » de la région étudiée se caractérise par:

- l'existence de deux types de minerais, qui peuvent voisiner: un minerai massif parfaitement cristallisé et un minerai bréchi-forme;
- la transformation secondaire en monazite, par places très avancée (Bigugo) de la bastnaesite initialement déposée;
- la silicification intense d'une gangue initiale barytique.

III. ETUDE DES ASSOCIATIONS MINERALES (B.M.A.)

A. ALIGNEMENT MINÉRALISÉ GAKARA-RUSUTAMA:

1. *Gisement de Gakara:*

a) *Minerai massif:*

Entre les niveaux de 1964,5 m et 1950 m, où l'exploitation s'est principalement développée depuis la reprise des travaux en 1965, on a mis à découvert plusieurs filons de bastnaesite massive, de 5 à 20 cm d'épaisseur.

Ce minerai est formé par l'empilement, souvent parallèle et régulier, de plaques de bastnaesite* (*) de 0,5 à 2 cm d'épaisseur, d'allure légèrement ondulée en direction et se disposant parallèlement aux épontes du filon (structure tabulaire).

Par endroits une plaque épaisse s'incurve, prend des angles divers par rapport aux épontes et à la structure lamellaire principale — l'angle de 45° paraissant toutefois prédominant — ou se divise en fines lames de quelques millimètres d'épaisseur, se disposant également sous des angles divers.

Cet arrangement n'apparaît pas comme dû à une cristallisation originelle, mais nous semble plutôt formé par des déplacements mécaniques, ayant dérangé une structure tabulaire initiale régulière.

Aux changements de direction d'une lame de bastnaesite par rapport à la lame voisine, restant de direction régulière, le vide produit se remplit de quartz grossièrement cristallisé ou d'une pâte siliceuse microcristalline, ou reste inoccupé et forme des géodes soulignées par un fin liséré brun foncé résineux de

* Les minéraux marqués d'un astérisque ont fait l'objet d'une confirmation par diffraction aux rayons X (chap. IV).

*goethite**, laquelle sur les surfaces libres prend des formes mamelonnées.

La bastnaesite de ces veines est d'une belle couleur brun clair-miel. Même à l'œil nu on constate qu'elle est envahie par une substance de couleur vert-clair, très finement cristallisée, qui a été déterminée comme étant de la *monazite**.

Sur une surface polie la relation entre bastnaesite et monazite apparaît clairement: la monazite souligne les surfaces de séparation entre les lames de bastnaesite puis, en partant de ces surfaces, envahit leur intérieur en suivant un réseau de craquelures très serré ainsi que les joints de clivage.

Rappelons que déjà dans la publication de 1958 (p. 702) il a été mentionné:

La naissance de produits secondaires aux dépens de la bastnaesite, sous l'effet apparemment de l'altération superficielle. Ces produits, de teinte verdâtre, se développent dans les fractures du minéral primaire et l'envahissent progressivement jusqu'à se substituer plus ou moins complètement à lui. Jaune, brun à vert en lame mince, ils sont constitués de très fins éléments cristallins, dont la nature et la composition chimique, n'ont pu encore être déterminées. La bastnaesite, sous l'effet de l'altération, devient terne et prend une teinte vert pâle.

Dans les notes minéralogiques, (p. 711) la *monazite* identifiée par les radiogrammes est signalée comme se présentant en dissémination ou dans de minces veinules dans des échantillons de Rusutama:

La présence de la monazite à Rusutama est un fait nouveau dans la reconnaissance du gisement urundien de bastnaesite. Le minéral n'a pas été caractérisé dans les autres chantiers et points d'affleurement (p. 712).

Les nombreux échantillons dont nous avons disposé pour la présente étude ont permis de procéder à l'identification parfaite du minéral* et aussi de constater que *la transformation de la bastnaesite en monazite est un phénomène général pour le gisement du Burundi et s'y est accompli sur une échelle importante.*

Les lisérés de *monazite* emballent directement les plaques de bastnaesite, tandis que la *goethite** se dispose soit directement sur la bastnaesite soit au-dessus de la monazite. Cette disposition typique est schématisée *fig. 6.*

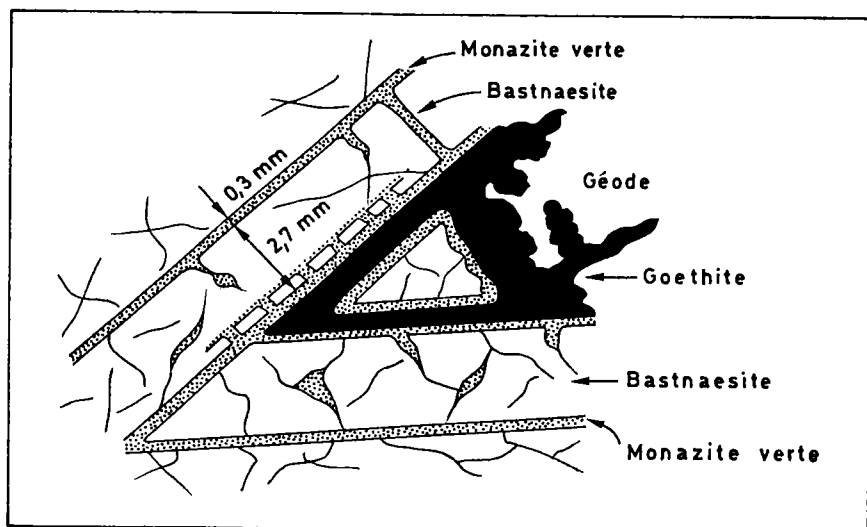


Fig. 6

Rappelons que la bastnaesite, de symétrie rhomboédrique, possède un clivage basal parfait (0001) et un clivage prismatique imparfait suivant $10\bar{1}0$. Dans le minerai massif de Gakara, l'empilement de cristaux tabulaires se fait parallèlement à 0001. Le clivage suivant $10\bar{1}0$ est parfois visible.

Ce qui facilite la propagation des altérations secondaires c'est surtout un réseau serré de craquelures irrégulières que nous mettons en relation avec les déformations mécaniques subies par les cristaux après leur formation.

Les coins entre les lames de bastnaesite sont aussi occupés par du quartz, vitreux et grossièrement cristallisé ou en masse pulvérulente microcristalline. Certains échantillons, à géodes nombreuses et rapprochées, prennent un aspect carié; la goethite, comme des nuages, y pénètre la bastnaesite qui prend de ce fait une teinte très foncée.

La *planche III h.t.* représente, en grandeur naturelle, l'entière, entre toit et mur, d'une veine de bastnaesite de 7 cm de puissance. On y observe la cristallisation tabulaire, les coins de quartz et l'imprégnation par la monazite verte particulièrement bien développée, se propageant à partir d'une fissure recoupant obliquement la veine. Une analyse (AN 1538) effectuée sur un

fragment représentatif du minerai a donné 11,1 % P_2O_5 et moins de 1 % SiO_2 . (L'échantillon portant le n° ME 111/B.6249 a été récolté en septembre 1965.)

Au niveau de 1956 m de la grande carrière de Gakara, vers la face nord de celle-ci, au contact du noyau de quartzite formant lèvres sud de la faille de Gakara (publication de 1958, *fig. 5*) on a récolté une plaque de bastnaesite massive de l'ordre d'un dm^2 de surface et de 3 à 4 cm d'épaisseur, à structure tabulaire et à clivage basal micacé. Les surfaces dégagées, brillantes, ont une allure spéculaire. Certaines surfaces sont recouvertes d'un très fin enduit vert de monazite*, dont la pénétration vers l'intérieur est plus faible que sur les échantillons de minerai massif précédemment décrit. Le second clivage se distingue très mal.

Au même niveau, mais dans son coin sud-ouest, l'exploitation récente a mis à jour une zone bréchiée particulièrement importante dans laquelle on a récolté de nombreux morceaux de *bastnaesite spéculaire**, tous en forme de tablettes de 1 à 2 cm d'épaisseur. Le clivage est micacé, excessivement fin et les surfaces dégagées sont brillantes. Des plans parallèles, perpendiculaires au clivage micacé, équidistants de $\pm 0,5$ mm, correspondent au clivage secondaire prismatique. Les feuillettes de clivage sont en outre parcourus par un réseau de fissures irrégulières excessivement serré, l'ensemble devant certainement être mis en relation génétique avec la présence de ces tablettes dans une zone soumise à bréchiation. Des enduits de monazite* excessivement fins ne couvrent que quelques surfaces de clivage écartées, tandis que, sous le binoculaire, on constate que l'intérieur des tablettes est exempt de monazite. Sous le microscope, le clivage basal se montre exactement perpendiculaire à l'axe optique positif d'un uniaxe, la figure d'interférence étant parfaite.

Une lame mince (n° 1147 éch. B.9971, récolté en janvier 1968) taillée dans un de ces fragments perpendiculairement au clivage micacé, montre une partition parallèle excessivement régulière: des plans de clivage principal se succèdent au rythme de 100 à 150 μ et à l'intérieur des lamelles ainsi formées existent des plans secondaires plus fins, au rythme de 10 à 15 μ . Le parallélisme en long des lamelles, même les plus fines, est parfait et s'étend sur toute la longueur de la lame mince.

Le clivage secondaire apparaît comme très imparfait. L'envahissement par la monazite est général: elle pénètre sous forme de fins enduits entre les lamelles de clivage principales et de là envahit le clivage secondaire le long duquel elle se développe particulièrement. La monazite est, par places, fortement imprégnée de produits ferrugineux.

Cette belle régularité est interrompue par le changement de direction d'un paquet de lamelles. L'angle aigu ainsi formé est occupé par un coin dont le clivage secondaire fin est parfait mais dont les contours sont corrodés, fracturés même près de la pointe, qui est souvent constituée par une géode. Ce changement de direction nous apparaît, comme partout, d'origine mécanique.

La bastnaesite massive, envahie par l'altération secondaire en monazite prend une teinte verdâtre, franchement verte quand la transformation progresse.

A certains endroits il a été récolté du minerai massif dont la teinte est rouge plus ou moins foncé. Même à l'œil nu on peut constater que ce minerai a la structure tabulaire de toutes les cristallisations massives de la bastnaesite. La teinte de celle-ci est toujours d'un beau jaune-miel mais les faces des cristaux sont soulignées et leur intérieur est envahi par un minéral finement cristallisé, d'une teinte rouge vif, possédant un clivage parfait.

Deux lames minces, n° 1138 et 1139, ont été taillées dans de la bastnaesite massive altérée en rouge. (Ech. B.6247 et B.6248, collectés en 1967.)

On y constate que le minéral rouge se présente envers la bastnaesite, exactement comme la monazite* décrite précédemment. La lame 1138 (voir *fig. 7*) montre plusieurs petites géodes, situées comme toujours dans le triangle formé par des paquets divergents de cristaux tabulaires de bastnaesite.

Les géodes sont tapissées par le minéral rouge, en un fin feutrage d'aiguilles. Contre le vide celles-ci forment de très petits mamelons à structure fibroradiée. Par places la masse fibreuse rouge renferme de petits grains de quartz. Ce minéral rouge, lamellaire ou fibreux est également de la *monazite**.

La monazite verte n'est pas absente. On l'observe remplissant de rares fines fissures traversant les lames et pénétrant faiblement, par places, vers l'intérieur des cristaux de bastnaesite.

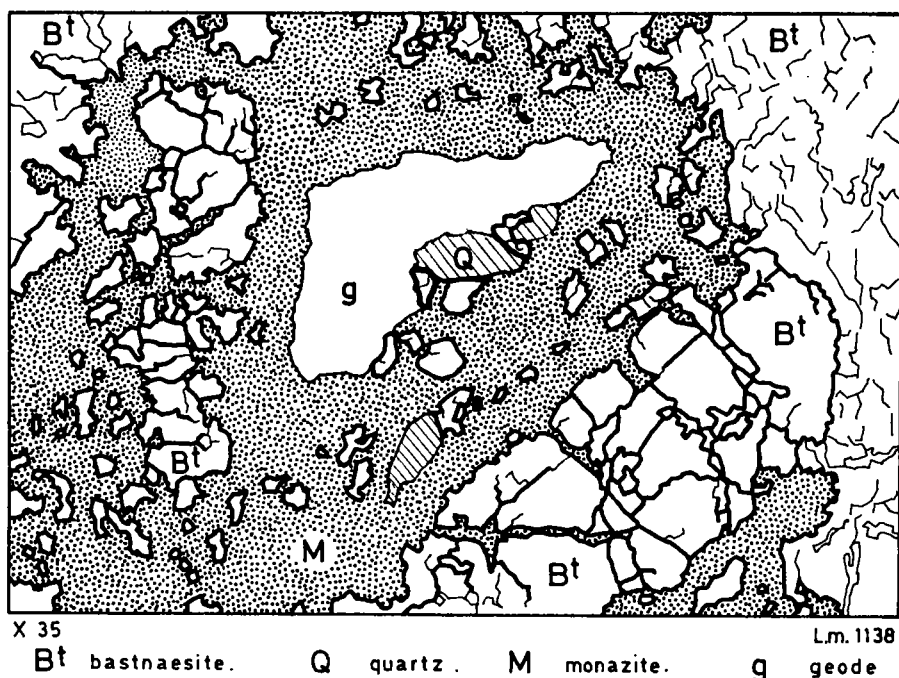


Fig. 7

Les deux monazites coexistent, soit mélangées en un fin feu-trage soit, plus souvent, en couches superposées entourant de petites plages isolées de bastnaesite. Dans ce cas la monazite verte forme toujours la première enveloppe en contact avec la bastnaesite tandis que la monazite rouge emballe la monazite verte.

La bastnaesite de la lame 1139 (éch. B.6248) est fortement envahie par la monazite rouge et d'une manière quelque peu chaotique. On a nettement l'impression d'une dislocation de la bastnaesite due à la formation du minéral secondaire. On y observe également des structures cloisonnées, les alvéoles étant occupées par des résidus de bastnaesite. Les dernières très fines cloisons à texture finement fibroradiée entourant la bastnaesite sont de couleur jaune de soufre, clair et brillant. Par places se sont formés des bourgeons à structures fibroradiée (*fig. 8*, l.m. 1139) dont la couleur passe progressivement, du centre vers la

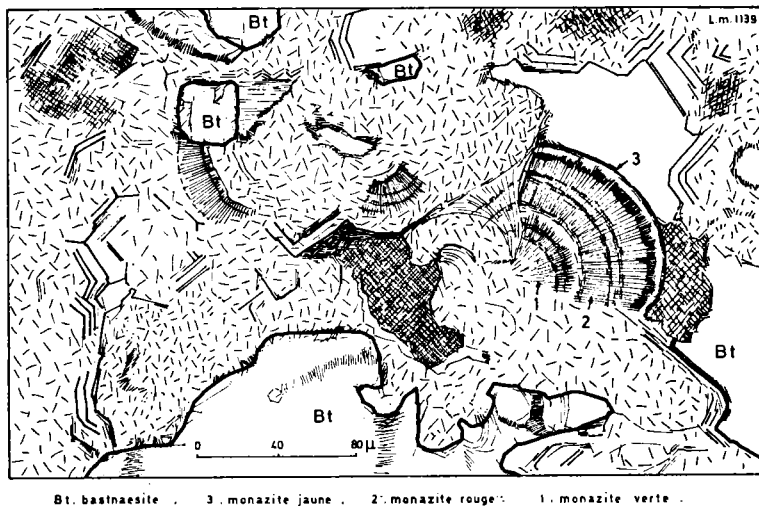


Fig. 8

périphérie, du vert au rouge, puis avec transition brusque au jaune. La structure représentée par la *fig. 8* remplit la fine séparation entre deux cristaux de bastnaesite. Aussi bien le minéral rouge que la croûte jaune ont pu être isolés et sont bien tous les deux de la *monazite** (RX 4050 et RX 4051) tout comme la base verte des bourgeons.

b) *Minerais bréchiformes:*

Du minéral bréchiforme connu depuis le début de l'exploitation a été récolté. Il s'agit de fragments anguleux de bastnaesite de dimensions très variables, englobés dans une pâte finement grenue, de couleur claire.

En 1951, l'ingénieur du Service des Mines BERTRAND (voir publication de 1958, p. 690 et 691) observa, dans les parties supérieures du gisement alors exploitées, des veinules formées de bastnaesite tabulaire massive contre les épontes, tandis que leur partie centrale était occupée par du minéral bréchiforme.

Dans les travaux récents, au coin sud-ouest de la carrière de Gakara, une zone de broyage particulièrement riche a été mise à jour. Les zones de broyage ont certainement favorisé la mise en place de la minéralisation, laquelle fut reprise à son tour,

après dépôt, par des mouvements subséquents qui ont dérangé les cristallisations initiales et permis la pénétration et l'accomplissement, sur grande échelle, d'altérations secondaires: transformation de la bastnaesite en monazite, silicification, dépôts géodiques et imprégnation par des substances ferrugineuses.

Quantitativement, c'est de minerais bréchiformes que provient la majeure partie de la production des deux dernières années. Grâce à l'amabilité du Professeur J. THOREAU de l'Université de Louvain, de M. J. LEPERSONNE du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervueren et du Professeur I. DE MAGNÉE de l'Université de Bruxelles, nous avons pu disposer de nombreux échantillons récoltés par divers visiteurs au cours de toute la période d'exploitation de la mine. Lors de visites des travaux, en 1966 et en 1967, B.M. ADERCA a récolté et rapporté de nombreux échantillons.

Suivant leur ancienneté et vu le mode d'avancement des exploitations, ces échantillons s'échelonnent de haut en bas de la grande carrière de Gakara. Des surfaces polies et des lames minces y ont été confectionnées, qui permettent d'étudier le processus des altérations secondaires au fur et à mesure de l'approfondissement dans le gisement et l'imbrication extrême des divers constituants.

On s'explique, par leur examen, la complexité des opérations nécessaires pour obtenir un minerai marchand de pureté satisfaisante par des méthodes de séparation gravimétriques.

La liste des lames minces taillées et étudiées figure au tableau page suivante.

1. *Matériel de 1948*

Le minerai récolté en avril 1948, au début des travaux, lors de la première visite du gisement par un géologue, le Professeur J. THOREAU, a été décrit par celui-ci dans la publication de 1958 (p. 698 et seq. et fig. 12 à 16). Nous résumons ici sa description.

Le minerai montre la bastnaesite entourée par une gangue de *quartz* et *barytine*, avec cristaux de *pyrite* et, en beaucoup plus faible quantité, de *galène*. La bastnaesite est de première cristallisation et, souvent idiomorphe. Il existe également un quartz de première cristallisation. La barytine, qui prend par places un grand développement, appartient à un deuxième stade de cristal-

lisation. Elle a été particulièrement sensible aux quartzifications des stades ultérieurs.

	Date	Récolte	n° éch. et lame mince	
1	avril 1948	J. Thoreau, à un moment où les travaux étaient superficiels et concernaient des éluvions et têtes de filons	K. 316	1229
2a	septembre 1954	E. Polinard		M. 4507
2b	septembre 1957	I. de Magnée		M. 6110
2c	1962	A. Bertossa		M. 9752 9755
3	septembre 1965	W. Krenning	B. 7146 B. 7147 B. 7149 B. 7150	1186-1187
4	1966	B.M. Aderca	C. 8	1128-1129 1130-1144
5a	juin 1967	id.	C. 9	1142-1143
5b	décembre 1967	id.	B. 9973	1150-1151 1152
5c	1967	id.	B. 6246 C. 1590	1160-1193
	avril 1968	id.		M. 11.714

Le Professeur THOREAU rattache les sulfures à la phase barytique.

La phase de silicification est très généralisée. On y assiste au développement d'un « quartz bourré d'inclusions qui tendent à dessiner des figures de croissance en forme d'ogives dont la juxtaposition donne naissance à des crêtes de coq ». Dans le fond siliceux, la distribution des inclusions est irrégulière et les individus cristallins présentent « une extinction onduleuse qui semble trahir une structure fibroradiée ». Les structures en « crête de

coq » (quartz en ogives, kappenquartz, coxcombstructures) délimitent des cavités plus ou moins comblées par une cristallisation plus jeune d'un quartz limpide en mosaïque fine ou grossière. Le Professeur THOREAU pense que ces structures géodiques trahissent des cristallisations opérées à faible profondeur. L'échantillon K. 316 nous remis par lui montre une pâte de ton clair rosé, englobant des fragments anguleux de bastnaesite brun miel, de grosses plages ou des cristaux de quartz à formes corrodées de couleur blanc-grisâtre et des amas de goethite. Les petites géodes sont nombreuses.

Les cristaux de bastnaesite et de quartz, ainsi que les plages de barytine et de goethite, sont tous entourés de fins liserés d'un quartz blanc laiteux, au-dessus duquel pousse, dans les géodes, un tapis de fins cristaux de quartz hyalin.

Deux lames minces (n° 1229) ont été taillées dans cet échantillon, dont une plage est représentée *fig. 9*.

La bastnaesite, tout en gardant des formes cristallines reconnaissables, est fortement corrodée par la silicification, celle-ci

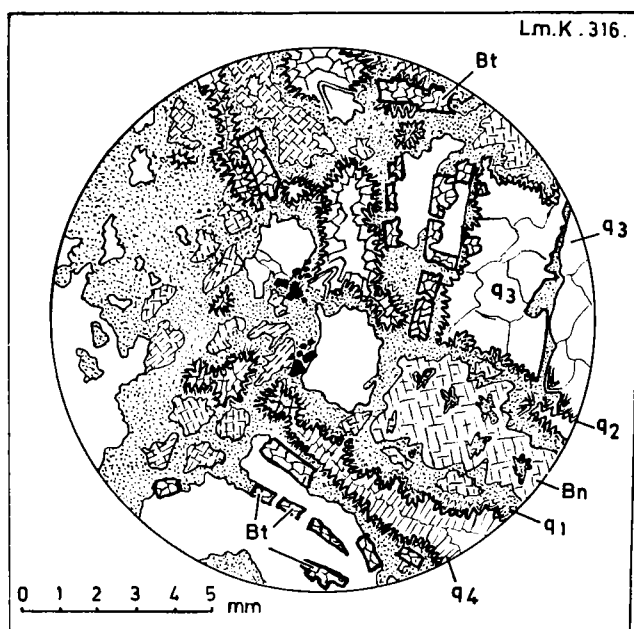


Fig. 9

s'exerçant surtout perpendiculairement à la direction du clivage basal (0001) tandis que les surfaces de ce clivage ne se laissent que très difficilement attaquer. De ce fait, les cristaux de bastnaesite se présentent pratiquement tous comme des tablettes parfaites délimitées par des surfaces 0001 tandis que les bouts de ces tablettes sont fortement corrodés par le milieu englobant.

L'effet d'écrasement mécanique s'est exercé particulièrement sur les cristaux de bastnaesite à cause de leurs nombreux joints de moindre résistance constitués par les deux clivages, dont un excessivement fin. Il en résulte un réseau de fissures facilitant la pénétration des phénomènes de silicification. Faisons remarquer que dans les lames K.316, la monazitisation est complètement absente: tant sur l'échantillon qu'en lame mince, on constate que la bastnaesite est parfaitement fraîche. Son occurrence, sur une surface sciée et polie, peut être estimée, à environ 10 % de l'ensemble.

La *barytine**, à qui est due la teinte rose de la pâte, forme au moins un tiers sur une surface polie et nous paraît par endroits pouvoir en atteindre la moitié. Dans les lames minces, des contacts bastnaesite-barytine ne sont pas observables, mais sur l'échantillon, au binoculaire sous fort grossissement, on observe de nombreux contacts bastnaesite-barytine, la barytine enveloppant et par places corrodant la bastnaesite.

Le quartz à inclusions (q1) très finement cristallisé, enveloppe aussi bien les plages de barytine que les cristaux de bastnaesite, les isolant presque toujours complètement les uns des autres, formant des contours fermés qui épousent exactement les formes de cristaux dans le cas de la bastnaesite. Vers l'extérieur le quartz à inclusions passe à un second contour jointif d'ogives à structure encapuchonnée (q2).

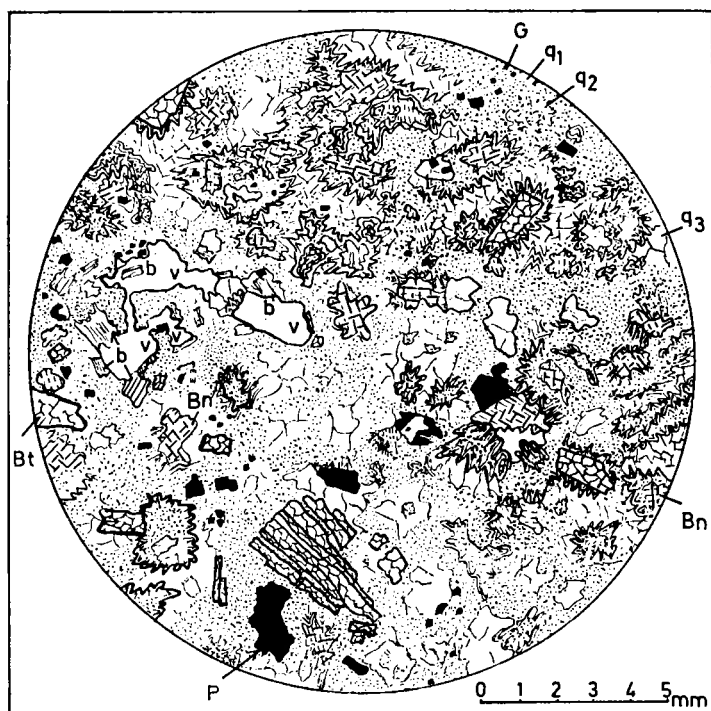
Normalement, les ogives ont une longueur de l'ordre de 0,1 à 0,2 mm, mais il existe, en petit nombre, de grandes ogives de 1 mm de longueur. Les ogives sont toujours implantées dans les contours de quartz à inclusions et sont dirigées avec leurs pointes vers l'extérieur des plages de barytine et des cristaux de bastnaesite.

L'ensemble de l'enveloppe siliceuse — quartz à inclusions, ogives implantées — a une épaisseur assez uniforme de l'ordre

de 0,5 mm et se distingue parfaitement, même à l'œil nu, par sa teinte blanc laiteux formant des contours fermés.

Autour des ogives à structure encapuchonnée cristallise un quartz limpide, formant des cristaux pyramidés (q4), se développant coaxialement avec les ogives. Entre nicols croisés les extinctions sont roulantes et englobent ogive et cristal de quartz coaxial. On observe, sur échantillon, de nombreuses géodes tapissées de fins cristaux de quartz hyalin pyramidés. D'autres géodes sont complètement remplies par cette dernière cristallisation de quartz hyalin.

Souvent l'ogive à structure encapuchonnée est beaucoup plus courte que le cristal de quartz limpide l'englobant et n'en occupe que la base.



b: biotite ; Bn: barytine ; Bt: bastnaésite ; q1: quartz à inclusions ;
q2: quartz encapuchonné ; q3: quartz limpide ; P: pyrite ; G: galène ;
v: vides .

Fig. 10

Par places se sont formées, à l'intérieur des contours d'ogives, de grandes plages de quartz limpide atteignant des dimensions de l'ordre du centimètre, à cristallisation très grossière (q3). D'autres pareilles grandes plages sont formées par un quartz grisâtre mélangé à des matières ferrugineuses. Il en existe enfin entièrement formées par de la matière ferrugineuse qui ne s'est pas conservée en lames minces et y a laissé des trous (voir dessin *fig. 9*).

La pyrite se situe toujours en dehors des cristaux de bastnaesite et de leur enveloppe siliceuse et ses cristaux possèdent chacun une enveloppe silicifiée.

L'ordre de cristallisation est donc: bastnaesite-barytine et sulfures-quartz à inclusions s'accroissant vers les vides par des contours d'ogives à structure encapuchonnée-quartz limpide. Les matières ferrugineuses peuvent être les produits d'altération de la pyrite.

2. Matériel de 1954, 1957, 1962

Les échantillons dans lesquels ont été taillées les lames M 4507 (collection Polinard 1954), M 6110 (de Magnée 1957), M 9752 et M 9755 (collection Bertossa 1962) proviennent tous d'une zone située aux environs du niveau de 1964,5 m, niveau sur lequel ont été arrêtés les travaux en 1957.

Le minerai de ces échantillons se caractérise par de la bastnaesite fortement disloquée et corrodée par le milieu englobant, dans lequel s'entremêlent barytine et quartz à inclusions en proportions diverses. Quand la barytine est prédominante, le minerai est de couleur rose, ce qui est le cas de celui de la lame 4507, dans lequel la barytine forme au moins 75 % de tout le minerai. Par contre, là où le quartz prédomine, la teinte est grisâtre.

Les cristaux de bastnaesite sont normalement petits, fortement écrasés, peu abondants, limpides et complètement dépourvus de toute transformation secondaire (absence de monazitisation). Ils ne sont attaqués que sur leurs bords par la silicification.

La silicification s'attaque à la barytine d'une manière très irrégulière résultant en un entremêlement des plages de barytine et de quartz à inclusions, à structures en ogives mal développées, d'aspect strictement chaotique (*fig. 10*, lame M 6110). Les zones

de quartz à inclusions se terminant par des structures en ogives encapuchonnées sont elles-mêmes très irrégulières.

Dans les lames M 9752 et M 9755, les structures de quartz encapuchonnées ont une disposition géodique, les cristaux des tapis de fins quartz pyramidés dirigeant leurs pointes vers des géodes restées ouvertes ou remplies de quartz hyalin en grandes plages. Par contre dans la lame 4507, les zones de quartz à inclusions se terminant par des structures en ogives encapuchonnées, également très irrégulières, ont leurs ogives dirigées, assez souvent, vers des plages de barytine qu'elles pénètrent à la manière d'un poignard. Cette forme de la silicification n'apparaît plus comme étant géodique et peut peut-être s'expliquer en attribuant à la barytine pénétrée par le quartz encapuchonné un âge plus récent que celui de la silicification (barytine secondaire).

Dans la lame M 6110 on observe un nid de plusieurs fins feuillet de *biotite*, le plus grand mesurant $0,6 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$. Il existe quelques autres très fines paillettes de biotite éparpillées dans la masse de quartz microcristallin à inclusions. La biotite est fortement corrodée par le quartz à inclusions qui l'entoure de la même manière que la bastnaesite. On peut en conclure que la biotite est un minéral primaire, de formation contemporaine de celle de la bastnaesite. Nous n'avons pas pu identifier macroscopiquement la biotite sur l'échantillon.

La pyrite est abondante dans tous les échantillons qui sont également plus riches que d'habitude en *galène*, en fines mouches isolées de dimension inférieure à 1 mm. On observe également quelques cristaux importants de *galène*.

3. Matériel de 1965

Ech. B.7146, B.7149 et B.7150 (l.m. 1186-1187): Les deux photographies de la *planche IV h.t.* ont été réalisées sur des échantillons provenant de la recoupe d'une petite masse filonienne dans un nouveau de recherche de la partie W de la carrière de Gakara au niveau 1964,50 m, nouveau creusé dans la zone de dérangement principale.

Les phénomènes d'altération montrent un degré d'avancement extrême. La masse de fond est formée de plages blanc-neige ou jaunâtre de *kaolinite** RX 2904 et 2936 et de plages rose-clair

de *quartz**. Celui-ci forme aussi des imprégnations blanches concrétionnées, parfois fibreuses et de fines cloisons entourant et soulignant les anciens cristaux de bastnaesite. La barytine est complètement absente. Les cristaux de bastnaesite* RX 2899 ne sont représentés que par des résidus et, le plus souvent, seulement par des cloisons jaunes ou vertes de *monazite** (RX 3252).

La masse du minerai est cariée par de nombreuses géodes souvent soulignées par une couche brune résineuse de *goethite** RX 2881. Une abondante matière ferrugineuse ocre à rouge, appelée *limonite* à défaut d'identification précise, remplit les géodes ou imprègne des parties de la masse de fond siliceuse.

La masse bréchiforme contient également des fragments de schiste micacé imprégnés des mêmes matières ferrugineuses: ces fragments sont déformés et attaqués sur leurs bords par la silicification environnante.

Deux lames minces ont été taillées dans l'échantillon B.7150. Elles montrent la masse de fond siliceuse rose microcristalline, obscurcie d'inclusions. Celles-ci forment parfois des ogives, mais dont l'arrangement est irrégulier. De nombreuses ogives ont été coupées par la lame perpendiculairement à leur axe; elles montrent dans ce cas un arrangement des inclusions en contours fermés concentriques et restent éteintes entre nicols croisés. On observe des ogives noires, obscurcies par les inclusions jointives. Des plages de quartz clair sont peu abondantes. En plus du quartz microcristallin à inclusions les lames ne montrent qu'une matière ferrugineuse rouge vif très abondante remplissant tous les vides et recouvrant les guirlandes de quartz encapuchonné aux rares endroits où elles existent.

L'imprégnation ferrugineuse est donc, dans les phénomènes d'altération observés, la dernière en date.

4. Matériel de 1966

L'échantillon C8 est des plus remarquable et quatre lames minces y ont été taillées: 1128, 1129, 1130, 1144.

4.a) *Lame 1130 (fig. 11)*: le champ est principalement occupé par 2 cristaux tabulaires de bastnaesite, l'un de 5 mm et l'autre de 3 mm d'épaisseur, faisant entr'eux un angle de 60°. Les deux cristaux de bastnaesite sont emballés dans de la monazite d'une cristallisation excessivement fine, qui ronge leurs bords et s'in-

filtre suivant chaque craquelure vers leur intérieur, leur donnant ainsi une allure déchiquetée. La monazite est souvent envahie par un pigment ferrugineux rouge intense.

Chaque fois que se développe une plage de monazite d'une certaine importance, on constate que son centre est occupé par un minéral blanc grisâtre, à structure très finement aciculaire implantée, de birefringence paraissent inférieure mais non point fort différente de celle de la monazite environnante. Il s'agit de *rhodophane** (RX 3240). Ce minéral forme également la partie centrale, d'environ 0,3 mm d'épaisseur, d'une veinule de monazite coudée, qui recoupe le cristal principal de bastnaesite.

L'angle aigu entre les deux cristaux de bastnaesite est occupé par une fine mosaïque de quartz dont les extinctions roulantes

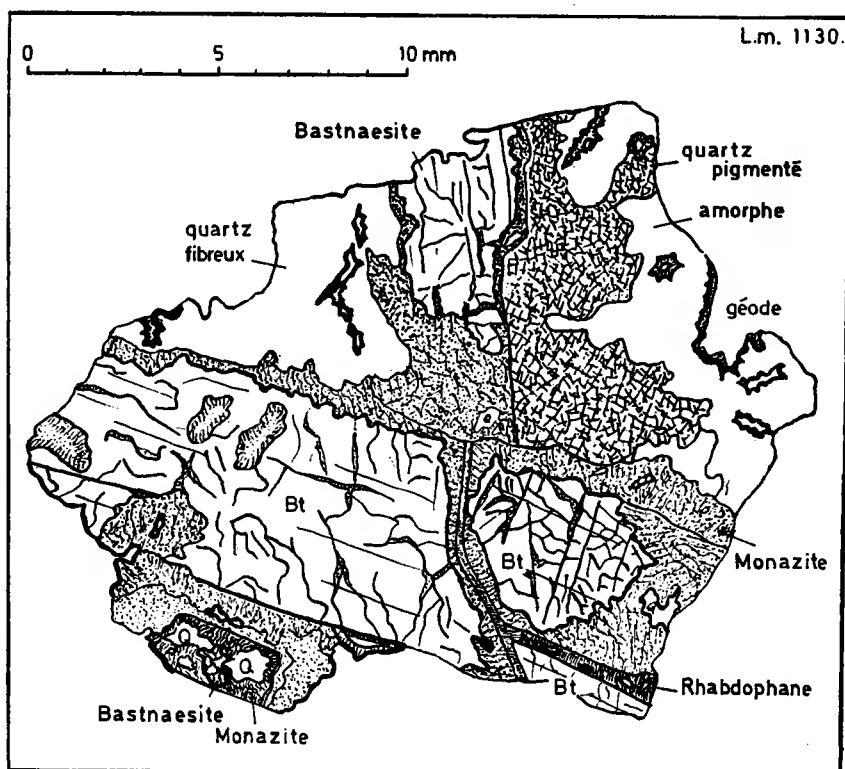


Fig. 11

dénotent une structure fibreuse. On y observe de minuscules géodes soulignées par un épais revêtement noir ferrugineux (goethite) à formes mamelonnées. En plusieurs endroits la croûte ferrugineuse, dont l'épaisseur est de l'ordre de $1/10^{\circ}$ de millimètre, est surmontée par une croûte épousant parallèlement les formes mamelonnées de la première mais à structure fibroradiée, formée par un minéral incolore blanc-bleuâtre, à teintes de biréfringence violentes, identifié comme *rhabdophane*.

L'angle obtus formé par les deux cristaux de bastnaesite est occupé par la fine mosaïque de quartz fibreux toutefois très for-

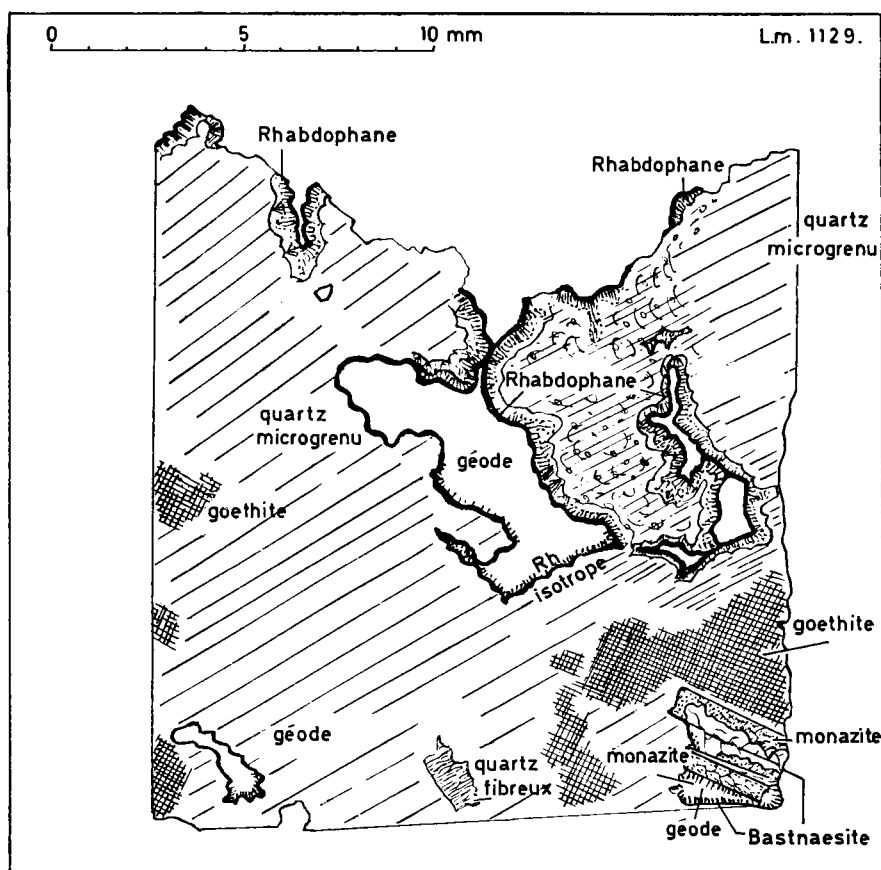


Fig. 12

tement imprégnée ou même entièrement formée, contre les cristaux, par de la goethite. Il y existe de nombreuses géodes, dont une assez grande en bordure de la lame, toutes avec le revêtement double ci-dessus décrit.

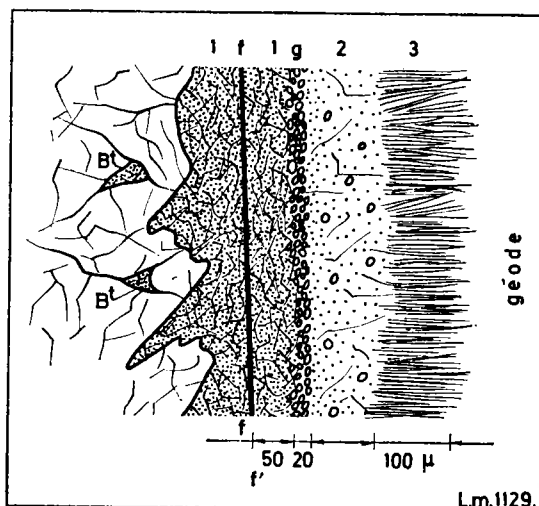
Autour de la grande géode le remplissage de quartz fibreux est remplacé par une substance blanche isotrope, à contours imprécis contre le quartz, restant éteinte entre nicols croisés finement imprégnée d'inclusions ferrugineuses et, par places, bourrée d'aiguilles. (*Kaolinite**)

4.b) *Lame 1129*: La lame précédente (1130) a montré l'existence, à l'intérieur des plages de monazite, d'un minéral blanc-grisâtre à structure finement aciculaire. Un minéral fibreux analogue, de teinte plus claire, blanc bleuâtre, se forme sur les croûtes de goethite tapissant les géodes.

Dans la lame 1129, dont la fig. 12 schématise l'entièreté, n'existe qu'un seul groupement de deux fines lamelles de bastnaesite, l'une de $\pm 1,2$ mm et l'autre de $\pm 0,4$ mm d'épaisseur (voir coin sud-est de la figure). Les deux cristaux sont fortement envahis par la monazite sur leurs bords. Dans le coin formé entre ce petit groupement et une autre lamelle de bastnaesite dont ne subsiste qu'un fin liséré en bordure de la lame mince se situe une petite géode dont le revêtement est constitué par une couche de $\pm 250 \mu$ entièrement en *monazite* de teinte verte contre le cristal de bastnaesite et devenant de plus en plus claire vers le vide. A la base le feutrage est excessivement fin mais, au fur et à mesure que la teinte s'éclaircit, la dimension des aiguilles constitutives augmente. Les derniers 100μ sont constitués par des aiguilles blanc-bleuâtre, écartées ou même isolées, de 50 à 100μ , dont on peut observer l'extinction longitudinale positive (*fig. 13*).

La lame 1129 a également recoupé une géode relativement grande ($8 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$) située au centre de la fig. 12, flanquée par une autre géode plus petite mais de forme très tourmentée. Ces géodes sont soulignées par un épais revêtement noir de goethite (70 à 100μ).

D'un côté la géode est entourée par du quartz microgrenu dont les extinctions roulantes dénotent la texture fibreuse; on y observe d'ailleurs une petite plage irrégulière de quartz fibreux. Le quartz est partout bourré d'inclusions, souvent ferrugineuses



Bt:bastnaesite ; f.f: face du cristal ;
 Monazite : 1:verte ; 2:grise ; 3:en aiguilles
 incolores .
 g : globules ferrugineux .

Fig. 13

et de gerbes de très fines aiguilles. Par places la matière ferrugineuse devient prépondérante et il se forme des amas noirs de goethite.

Entre les deux géodes, le quartz microgenu est emballé dans une matière de teinte naturelle brun très clair formée par un très fin feutrage d'aiguilles laquelle en bordure des géodes prend une teinte de plus en plus claire et contre la croûte de goethite s'arrange en bourgeons à texture fibro-radiée de 100 à 150 μ d'épaisseur, de teinte naturelle blanc-laiteux et à vives couleurs de birefringence (fig. 14). Ce minéral a été déterminé comme étant un phosphate hydraté de terres rares, le *Rhabdophane**.

Dans ces géodes implantées sur la surface externe de la croûte de goethite, on observe de minuscules aiguilles isolées lesquelles, par places, forment quelques accumulations un peu plus importantes. En ces endroits la couleur du minéral, ses teintes de

* Voir p. 88.

birefringence, sont identiques à celles du rhabdophane voisin situé sous la croûte de goethite.

4.c) *Lame 1128 (fig. 14)*: Cette plage montre, sur un peu plus de sa moitié, un enchevêtrement de cristaux de bastnaesite, avec leurs bordures envahies par la monazite, comme d'habitude.

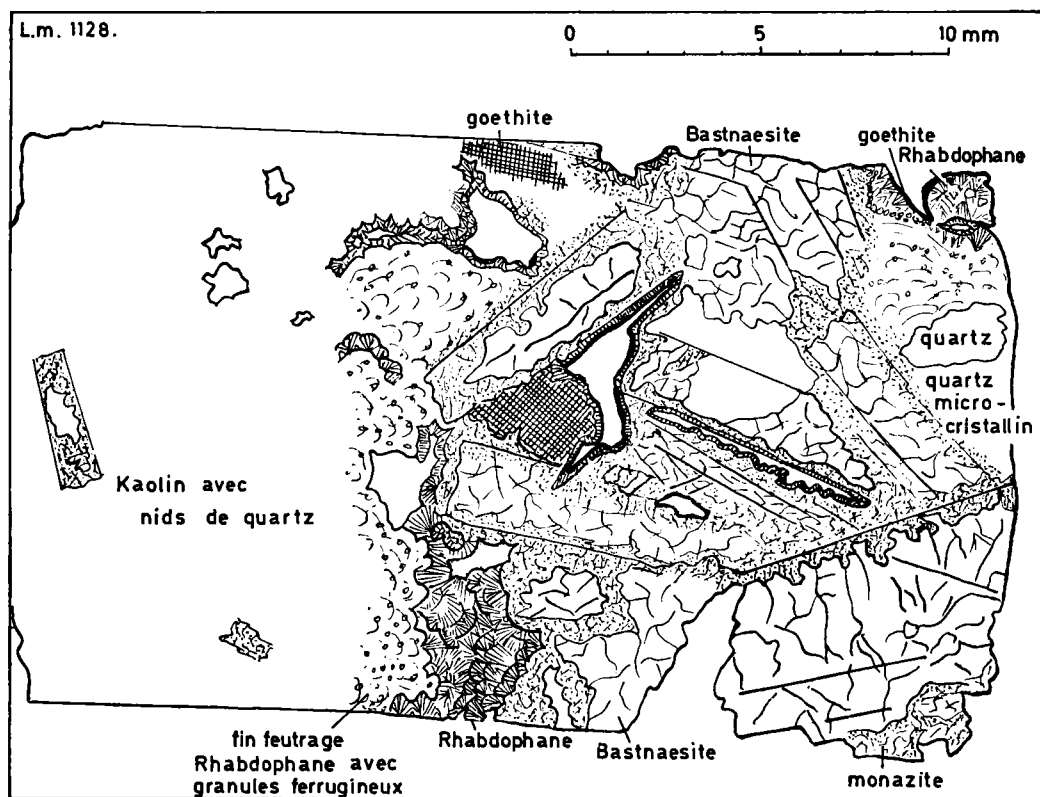


Fig. 14

Il s'y observe deux géodes s'allongeant chacune parallèlement à la lamelle de bastnaesite voisine. Ces géodes sont soulignées par un fin enduit noir de goethite superposé à un liséré de rhabdophane fibroradié, lui-même reposant sur la bordure, transformée en un fin feutrage de monazite, d'un cristal de bastnaesite. Cette

bordure est soulignée par une forte imprégnation de pigment ferrugineux rouge.

En bordure de la plage de bastnaesite, on observe une zone à formes arrondies, de 1 à 3 mm de largeur, formée par un fin feutrage de rhabdophane à très nombreux globules ferrugineux rouges, la teinte d'ensemble en lumière naturelle étant d'un brun relativement foncé. Contre la plage de bastnaesite, le feutrage de rhabdophane s'éclaircit, devient incolore et passe à des bourgeons lesquels en coupe apparaissent comme des guirlandes fibro-radiées, reposant toujours sur une bordure monazitique.

Quand les guirlandes de rhabdophane entourent une géode, elles sont recouvertes par une très fine croûte de goethite noire. En une place, se développe une plage plus importante de rhabdophane fibro-radié, ayant un peu plus de 2 mm de largeur. Le minéral est ici incolore, avec de belles teintes de biréfringence entre nicols croisés.

Le restant de la lame est occupé soit par du quartz microgrenu, bourré d'inclusions, de gerbes de fines aiguilles incolores et avec quelques rares « fantômes » de bastnaesite, soit par un minéral incolore, isotrope, de réfringence légèrement inférieure au quartz adjacent, vide d'inclusions mais renfermant des gerbes d'aiguilles. Sous le binoculaire il est blanc-laiteux gras se rayant très facilement par une pointe d'acier. Il s'agit de *kaolinite* (RX 4054) renfermant des aiguilles de rhabdophane et des nids de quartz.

4.d) *Lame 1144*: Dans la plage découpée par cette lame, il ne subsiste que quelques très rares et petits débris de cristaux de bastnaesite, noyés dans une masse de quartz finement cristallisé et à extinctions roulantes.

Ce quartz contient des nuages d'inclusions, certaines globuleuses, d'autres formées par des gerbes de fines aiguilles incolores. On observe, en outre, en fines plages entremêlées au quartz ou en nombreuses surfaces isolées plus importantes, une matière amorphe, isotrope, de teinte rouge uniforme en lumière naturelle transmise, mais incolore en lumière réfléchie. Elle est, par places, finement imprégnée de rhabdophane soit en fin feutrage serré soit en gerbes isolées de fines aiguilles (*kaolinite*)*.

De nombreuses géodes sont soulignées par l'habituelle croûte noire de goethite*, d'une épaisseur de 80 à 100 μ . Sous cette

croûte de goethite se développent des guirlandes de rhabdophane* fibro-radié, dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre de $150\ \mu$. Elles entourent et sont issues de zones brun foncé de rhabdophane en très fin feutrage d'aiguilles non orientées. Le rhabdophane fibro-radié des guirlandes est blanc-laiteux opalin en lumière réfléchie.

En un endroit s'est formé un plus gros bourgeon de rhabdophane* fibro-radié, d'une épaisseur de $420\ \mu$. Là où existent des géodes ouvertes, une fine couche ($\pm 50\ \mu$) de matière fibro-radiée s'est formée au-dessus de la croûte de goethite*. Elle est différente du rhabdophane voisin situé sous la croûte de goethite, par sa teinte vert-clair et sa cristallisation.

La microphoto 2, *pl. VIII* montre l'allure d'ensemble de la lame avec ses fines guirlandes de rhabdophane fibro-radié sous les encroûtements de goethite* noire et une dernière fine couche de rhabdophane déposée au-dessus de la goethite. La microphoto *pl. VIII* représente le gros bourgeon de rhabdophane et la microphoto *pl. X* la structure autour d'une géode finement allongée: les plages claires en-dehors de la géode sont du quartz; dans le coin SO de la photo fin feutrage de rhabdophane passant à la guirlande fibroradiée contre la géode; suit la croûte de goethite noire épaisse ici de $\pm 100\ \mu$ et, pincée dans un resserrement de cette croûte, en un fin feutrage de teinte vert clair, la matière du dernier dépôt, également du *rhabdophane* (RX 4047).

5. *Matériel de 1967 et 1968*

5.a) Est décrit plus loin p. 57 chap. c.

5.b) L'échantillon B.9973 récolté en décembre 1967 dans lequel sont taillées les trois lames minces 1150, 1151 et 1152 montre un degré de silicification très avancé, avec une texture fortement cariée.

Une masse de fond finement siliceuse, rose, englobe de nombreux gros noyaux de quartz transparent grisâtre et de beaucoup moins nombreux et plus petits résidus de cristaux de bastnaesite soit en minerai clair soit fortement corrodé par la silicification ou la monazitisation. Dans cette masse de fond la barytine existe mais en faible proportion et en fort petites plages noyées dans la masse de fond siliceuse. Les caries sont souvent entourées et

soulignées, tout comme les cristaux de bastnaesite d'ailleurs, par un liséré de quartz blanc laiteux tapissé, du côté du vide, par un revêtement jointif de fins cristaux pyramidés de quartz. D'autres caries montrent des résidus de minerais ferrugineux, des cloisons et dépôts d'un minéral jaune finement feuilleté. Il existe des caries entièrement remplies de dépôts ferrugineux, d'autres d'un mélange de quartz grenu et de produits ferrugineux. Les sulfures, pyrite et galène, sont présentes mais en très faible quantité.

Dans la lame 1150, les cristaux de bastnaesite, isolés, sont attaqués par la monazitisation suivant un réseau de fissures irrégulières et, de ce fait, se sont désagrégés lors de la préparation de la lame mince. La masse de fond contient de la barytine, le plus souvent en petites plages résiduelles, entourées d'un quartz à inclusions dans lequel les structures encapuchonnées existent mais sont mal formées. Le quartz hyalin de dernière formation est absent et c'est le quartz à inclusions, parfois en ogives, qui borde les nombreuses géodes. Le centre de certaines structures circulaires en ogives est occupé par du quartz à inclusions. Il existe dans le quartz à inclusions des dispositions de celles-ci en contours fermés concentriques dont le quartz enveloppant reste éteint entre nicols croisés; il s'agit d'ogives coupées perpendiculairement à leur axe.

La plage de minerai visible dans la lame 1151 montre la même structure que celle de la lame précédente mais on y observe en plus des accroissements géodiques complets, bâtis autour de résidus de barytine, se terminant par du quartz hyalin entourant les ogives à inclusions. Le quartz hyalin bâtit par places de grandes plages remplissant d'anciennes géodes ou ne forme qu'un tapis de quartz pyramidés, de nombreuses géodes restant ouvertes.

La plage de minerai de la lame 1152 montre un stade particulièrement avancé des phénomènes de transformation secondaires: les cristaux de bastnaesite présentent des parties importantes transformées en monazite et le développement du quartz à inclusions très finement grenu ne laisse subsister que de petites plages de barytine, fortement corrodées.

Le croquis *fig. 15* représente une portion de la lame 1152 dans laquelle les cristallisations siliceuses autour d'un cristal de bastnaesite présentent une disposition particulière: d'un côté d'une plaque de bastnaesite de 1 mm \times 5 mm on observe leur disposition géodique typique tandis que de l'autre côté il n'y a que

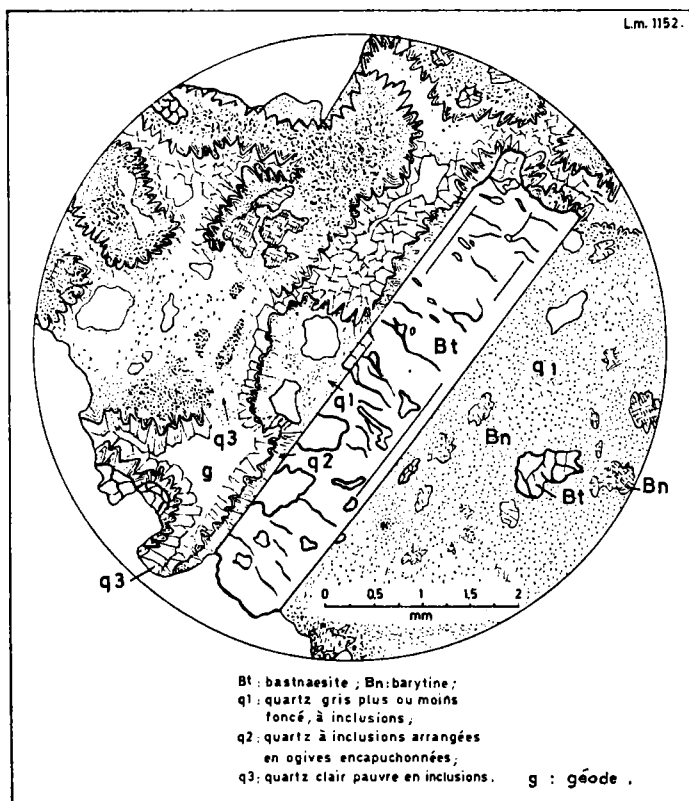


Fig. 15

du quartz microcristallin à inclusions, sans aucun arrangement particulier de celles-ci. Cette disposition suggère que l'arrangement particulier des inclusions en guirlandes d'ogives pourrait se réaliser sous l'effet d'une pression orientée, pour laquelle la petite plaque de bastnaesite a constitué écran de protection, produisant une sorte d'effet en cône d'ombre dans lequel l'arrangement particulier des inclusions ne s'est pas produit.

5.c) *Echantillon M 11.714*: Filon situé au centre de la masse de quartzite; échantillon prélevé le 18.4.68 entre les niveaux 7 et 8 (1975 m et 1966 m). Minerai bréchiforme clair, dont la majeure partie est formée par une gangue siliceuse blanche sans cristallisation visible dans laquelle sont englobées quelques plaques de quartz, des résidus de cristaux de bastnaesite très forte-

ment altérés et surtout de très nombreuses géodes tapissées ou entièrement remplies par des matières ferrugineuses brun très foncé à noir du type goethite.

Deux lames ont été taillées. Une d'entre elles (b) montre le contact entre un quartzite très fin et de la matière filonienne constituée par un fond de silice à extinctions en éventail et à inclusions par place disposées en ogives englobant des squelettes résiduels de bastnaesite entièrement transformée en monazite. Entre le quartzite et la matière filonienne envahissante s'intercale une bande irrégulière de quartz en grandes plages à contours dentelés, engrenant d'une plage à l'autre.

La deuxième lame (a) est entièrement située dans la partie filonienne comportant un fond siliceux très finement grenu à très nombreuses structures en ogives avec reliques de bastnaesite transformée en monazite ou remplacée par des matières ferrugineuses rouge foncé ou noires. Il existe de très nombreuses géodes dans lesquelles la fine matière siliceuse est recouverte par une couche de quartz à structure fibreuse puis celle-ci par une fine couche de goethite laquelle, en s'épaississant, arrive par plaques à complètement remplir la géode. Il existe plusieurs grandes plages de quartz hyalin. L'ordre de cristallisation est le suivant: bastnaesite-barytine; monazitisation; silice fine à inclusions; quartz hyalin, coaxial sur les ogives et en grosses plages; dépôt de goethite encroûtant ou remplissant les vides.

La lame 1160 (Ech. B.6246): montre des cristaux de bastnaesite* de dimensions diverses, noyés et isolés les uns des autres dans une gangue silico-barytique.

Un fait est frappant: les cristaux de bastnaesite, clairs et incolores, toujours allongés, ont les faces parallèles au clivage intactes, tandis que leur terminaisons perpendiculairement au clivage sont toujours rongées par la gangue et, de ce fait, informes.

La gangue est formée par une mosaïque où quartz et barytine sont très intimement associés. Elle est en outre abondamment parsemée de cristaux de pyrite, certains assez gros.

Dans le dessin couvrant toute la lame mince (*fig. 16*) les cristaux de bastnaesite, de pyrite, les grandes plages de quartz hyalin, ont été représentés exactement en forme et position à la chambre claire. Quant à la gangue, seulement les grandes pla-

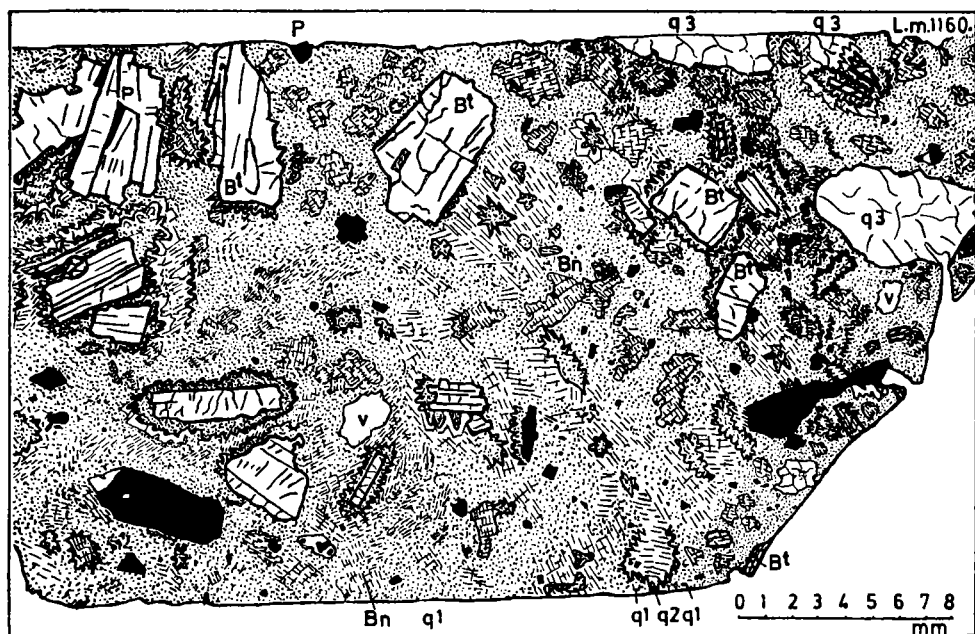


Fig. 16

ges de barytine ont été dessinées tandis que le reste a été schématisé suivant les observations au microscope autour de chaque grande plage de barytine. Cela permet d'évaluer les proportions des divers constituants approximativement comme suit: bastnaesite: 13 %; pyrite: 3 %; grandes plages de quartz hyalin: 4 %; gangue silico-barytique finement cristallisée: 80 %.

La pyrite a des formes cristallines propres. En un endroit on observe une lame triangulaire de pyrite s'infiltrant entre deux cristaux de bastnaesite qu'elle paraît écarter (coin NW de la fig. 16). Cette pyrite est donc postérieure au minéral utile, ses relations avec la gangue sont plus imprécises.

La partie siliceuse de la gangue est formée par un quartz très finement cristallisé, tellement bourré d'inclusions qu'il prend une teinte grise assez foncée.

Toutes les plages siliceuses finissent en cordons et guirlandes formés par des chaînes d'ogives. Ces ogives, formées chaque fois par un seul cristal, ont des dimensions du même ordre de gran-

deur que celles du quartz microgrenu à inclusions dont elles constituent une zone d'accroissement externe. Il existe toutefois, par endroits, des ogives isolées de dimension très supérieure à celle normale.

Chaque fois qu'on peut observer une ogive coupée par la lame perpendiculairement à son axe longitudinal, on constate que la coupe transversale est arrondie, que la partie centrale de l'ogive est dépourvue d'inclusions et que celles-ci se disposent toutes en une couche extérieure. Dans les ogives que la lame coupe longitudinalement, l'arrangement des inclusions s'observe presque toujours en lignes disposées suivant les génératrices du cône ogival. Ce dernier arrangement n'est visible que là où la densité d'inclusions est faible car, le plus souvent, cette densité est si forte que l'ogive paraît encombrée d'inclusions jointives. Mais, transversalement le centre est dépourvu d'inclusions. Les ogives sont très souvent encapuchonnées par un cristal de quartz hyalin coaxial.

La cristallisation siliceuse comporte donc trois phases dans le temps: quartz microgrenu à inclusions, s'arrangeant ensuite en guirlandes d'ogives, sur lesquels se disposent enfin, coaxialement, de petits cristaux de quartz hyalin.

Cette cristallisation de quartz a aussi des caractéristiques directionnelles qu'on peut décrire comme suit: tous les cristaux de bastnaesite sont emballés dans des chaînes d'ogives se formant sur une couche d'épaisseur très variable de quartz microgrenu en contact avec la bastnaesite. Par cette disposition, toutes les ogives pointent vers l'extérieur de la bastnaesite et nous n'avons pas pu observer fût-ce une seule ogive pointant vers un cristal de bastnaesite.

Souvent, autour de la pointe de cristaux allongés de bastnaesite, s'observent des ogives particulièrement bien formées, disposées en éventail et donnant le même arrangement que celui de la limaille de fer autour des pôles d'un aimant.

Quand deux cristaux de bastnaesite sont rapprochés une disposition caractéristique se manifeste: deux chaînes d'ogives à pointes opposées entre lesquelles les cristaux de quartz hyalin superposés aux ogives laissent une géode, souvent remplie par une cristallisation de quartz microgrenu, toujours hyalin.

Il existe aussi quelques grands noyaux de quartz, atteignant 5 à 6 mm de diamètre, de formes globuleuses, apparaissant dans la lame comme des plages de quartz hyalin, chaque plage étant d'orientation optique uniforme sauf parfois sur les bords qui sont très nets par rapport au quartz microgrenu les entourant. Mais on observe par places des plages de quartz microgrenu se prolongeant au-delà des bords du grain (nettement visibles en lumière naturelle) et perdant leurs inclusions dans le grain. Nous pensons pouvoir en conclure à une dernière phase de recristallisation du quartz microgrenu avec expulsion de ses inclusions, autour de quelques centres de recristallisation.

La barytine se présente en plages de dimensions diverses, à contours irréguliers, se distinguant fortement du quartz environnant. Quoique la barytine ne soit pas dépourvue d'inclusions, leur densité étant de beaucoup inférieure à celle existant dans le quartz, en lame mince la barytine tranche sur le quartz gris foncé par sa couleur claire, ses clivages (les deux clivages du prisme), ses indices de réfraction nettement supérieurs à celui du quartz.

Quant à la position des ogives de quartz elle est ici l'inverse de celle constatée par rapport à la bastnaesite: normalement les plages de barytine sont entourées par du quartz microcristallin à inclusions, mais quand les ogives sont développées celles-ci pointent vers la barytine paraissant y pénétrer. On peut observer des ogives pourvues de leur capuchon de quartz hyalin entourant, entre les pointes de quartz, des résidus de barytine.

Il semble qu'il faut en conclure que si la silicification s'est bien faite au dépens de la barytine en progressant à partir des cristaux de bastnaesite dans une gangue entièrement barytique au début, comme nous l'avons vu précédemment, on est cette fois en présence de barytine secondaire, déposée sur les croûtes d'ogives siliceuses.

On observe un très bel exemple de la marche de la silicification dans l'angle formé par deux cristaux de bastnaesite et dans lequel trois fronts d'avancement de la silicification constituent un triangle dans le centre duquel subsiste un résidu de bastnaesite. Le capuchon de quartz hyalin, coaxial des ogives, comporte ici, près du sommet des cristaux qui enserrent de toutes parts le résidu de

bastnaesite, une seconde mince zone d'accroissement, en forme d'ogive, bourrée d'inclusions.

Quand à la proportion barytine-quartz de la gangue, le quartz est légèrement prédominant sur la barytine résiduelle dans la lame examinée.

La lame 1193 taillée dans l'échantillon C 1590 récolté en 1967 est identique à la précédente mais la silicification paraît plus avancée (la proportion de barytine résiduelle par rapport au quartz microgrenu à inclusions est ici plus faible que dans la lame précédente). Les cristaux de bastnaesite sont tous disloqués et quant aux relations quartz-barytine si, à certains endroits, elle est identique à celle de la lame précédente, en beaucoup d'endroits, situés loin des cristaux de bastnaesite, des bandes épaisses de quartz microgrenu entourent les plages résiduelles de barytine. La formation d'ogives y est très peu développée et les relations directionnelles floues.

La formation des ogives, avec arrangement caractéristique de leurs inclusions, nous apparaît comme un phénomène directionnel qui pourrait être dû à l'existence, dans le milieu en cours de cristallisation, d'un état de tensions orientées causé par la présence de cristaux de bastnaesite déjà existants. Dans une zone en cours d'écrasement des cristaux de bastnaesite la distribution des tensions serait plus uniforme, d'où la formation de quartz non orienté, sans ogives ou sur une faible échelle seulement.

c) *Contact filon — éponte quartzitique:*

Dans la publication de 1958 (p. 691 et *fig. 5*) un niveau de quartzite a été signalé. Il forme la lèvre sud de la faille principale et, ensemble avec celle-ci, est responsable de la localisation du gisement en cet endroit.

En juin 1967, l'exploitation a dégagé des filons au contact du quartzite au niveau 7 (gradin E) 1975 m, et des échantillons sains, d'un filon de bastnaesite adhérant à son éponte quartzitique, ont pu être prélevés, en même temps que des échantillons de brèche minéralisée fraîche et de divers degrés d'altération.

Les lames minces 1142 et 1143 de l'échantillon C9 ont été confectionnées sur des plaquettes orientées, sciées à cheval sur le contact filon-quartzite, comme représenté par la *fig. 17*.



Fig. 17

Sous le microscope le quartzite se montre microgrenu, à grains finement dentelés et formés d'un quartz hyalin, pratiquement dépourvu de toute inclusion. Il est fortement imprégné de fins cristaux de pyrite, englobant souvent des résidus de quartz hyalin. Sur 5 à 10 mm de largeur, longeant le contact avec le filon de bastnaesite, existe une zone de quartz hyalin en grandes plages à texture grossièrement grenue, les grains ayant des contours finement dentelés engrenant de l'un à l'autre. Ces grandes plages de quartz à cristallisation grossière sont toutes entourées et séparées entr'elles par des bordures de $\pm 0,5$ mm de largeur, formées par un quartz très finement grenu, bourré d'inclusions et dans lequel se développent les structures de quartz encapuchonné, formées par des zones de croissance différant par leur contenu quantitatif en inclusions, décrites en 1958 sous la dénomination de « crêtes de coq » (p. 700).

En lame mince, les zones de quartz à inclusions possèdent une teinte grisâtre tandis que sur l'échantillon leur teinte est blanc-laiteux. Le quartz sans inclusions formant la masse du quartzite est trictement incolore en lame mince, blanc-bleuâtre sur l'échantillon.

Contre le contact, on observe une zone plus épaisse de quartz à inclusions, très riche en cristaux de pyrite, tandis que, par places, des cristaux de bastnaesite ayant jusque 5 mm de longueur et de 0,3 à 1 mm d'épaisseur pénètrent dans le quartzite, au-delà de la limite du filon, perpendiculairement ou obliquement à celle-ci.

Des zones irrégulières de quartz à inclusions avec développement de structures encapuchonnées existent également vers le centre du quartzite, dans la partie à cristallisation microgrenue. Elles s'accrochent aux cristaux de pyrite, se développent plus largement là où on observe une fracturation des cristaux de pyrite et remplissent aussi quelques alignements.

Comme déjà exposé (1958, p. 700 et *fig. 13*), « les structures en crêtes de coq délimitent le plus souvent des cavités du minerai, ou des espaces qui semblent avoir constitué des vides ». Quand ces structures sont bien développées, on observe la dernière ogive, fortement teintée d'inclusions noires, entourée par une dernière enveloppe de quartz hyalin pyramidé tandis que le restant de la cavité n'est pas toujours remplie par du quartz.

Le filon de bastnaesite débute par une zone d'au maximum 2 cm de largeur (à l'endroit où la lame a été taillée) formée par de grandes plaquettes allongées, disposées plus ou moins parallèlement. Les paquets de plaquettes en bastnaesite sont séparés par des plages de quartz hyalin lesquelles ont ici une orientation optique uniforme entre la bastnaesite qui les sépare, contrairement à la structure en gros grains des plages claires de quartz qui forment la zone adjacente au contact dans le quartzite.

La pyritisation atteint la bastnaesite, mais sur une échelle de loin inférieure à celle du quartzite.

Les cristaux de bastnaesite sont, en cet endroit, implantés obliquement sur la surface de séparation filon-éponge, l'angle d'implantation étant de l'ordre de 65° . Il nous semble intéressant de signaler que cette disposition est aussi celle de l'implantation générale des filons par rapport au niveau de quartzite (voir 1958, *fig. 5*), l'angle de terrain de ces deux directions étant de l'ordre de 50° .

Les paquets de cristaux de bastnaesite sont traversés, perpendiculairement à leur direction, par des microfissures qui se signalent soit par l'incurvation des lames de bastnaesite avec leur bréchiation au coude formé, soit par un remplissage de quartz à inclusions à structures encapuchonnées. Partant de ces fissures le quartz à inclusions pénètre entre les cristaux de bastnaesite en les corrodant.

L'aspect du filon change brusquement au-delà d'une de ces microfissures, dont le remplissage a une épaisseur de l'ordre de ± 1 mm. Ce remplissage a une allure géodique. Les deux parois de la fissure sont couvertes par un fin revêtement continu d'ogives de quartz à structure encapuchonnée. Celles-ci baignent leurs pointes dans du quartz à inclusions très finement grenu, à extinctions roulantes. Au centre de la fissure se placent des géodes allongées, certaines totalement remplies d'une matière ferrugineuse rouge intense.

D'autres géodes n'ont qu'une fine croûte ferrugineuse les tapissant, leur centre étant occupé par la matière amorphe ci-dessus décrite. Dans celle-ci on observe, par places, des gerbes d'aiguilles excessivement fines, légèrement verdâtres en lumière naturelle, que nous prenons pour des aiguilles de rhabdophane.

Près de cette fissure existent des cristaux de pyrite écrasés. L'un d'entr'eux renferme des résidus de quartz hyalin et de bastnaesite. Au delà de la fissure les cristaux de bastnaesite se continuent sur quelques millimètres puis apparaît le minerai bréchi-forme: débris de cristaux de bastnaesite diversement orientés, noyés dans une masse de fond microgrenu, de couleur rose sur l'échantillon.

Cette masse de fond est formée par du quartz à inclusions englobant et corrodant de nombreuses plages de barytine autour desquelles le quartz prend la structure encapuchonnée, les ogives étant toujours dirigées vers l'extérieur de la plage de barytine qu'ils entourent. Les mêmes structures de quartz en ogive, avec la même orientation, poussent autour des cristaux de bastnaesite. Il existe enfin de nombreuses géodes, la plupart très petites, une de la dimension des plages de barytine, avec le revêtement typique ci-dessus décrit.

Pour rechercher des éléments accessoires autres que ceux observés dans les lames minces et aussi pour trouver d'autres nids de biotite, en plus de l'apparition unique signalée ci-dessus (lame M 6110), nous nous sommes servi d'un échantillon de brèche fraîche, non pyriteuse, pour y faire scier une dizaine de plaques de 2 à 3 mm d'épaisseur. La surface ainsi dégagée totalise près de 100 cm² et a été entièrement examinée sous une loupe binoculaire. Aucun nouvel élément n'a été identifié, ni aucun autre nid de biotite.

2. *Gisement de Rusutama:*

La carrière de Rusutama se trouve située à 1.400 m au N.E. de celle de Gakara et la description du gisement qui y a été mis à jour est donnée, avec quelques détails, dans la publication de 1958, p. 694 à 698.

En ce qui concerne la paragenèse minérale, on peut lire dans la même publication, p. 699, que celle de Rusutama est « *caractérisée par l'apparition de la monazite et l'absence de barytine* ». Cette conclusion, due au fait que les minerais qui ont fait l'objet de la première étude provenaient des travaux de reconnaissance

du gisement en surface ou à faible profondeur, est à revoir entièrement.

Dans la partie centrale minéralisée de la carrière de Rusutama existe une zone de quelques dizaines de mètres constituée par des schistes métamorphiques altérés enchâssant un stockwerk très irrégulier de veines et veinules de minerai. A Rusutama aussi bien qu'à Gakara d'ailleurs, les schistes des zones minéralisées sont beaucoup plus clairs et plus altérés que ceux éloignés de toute minéralisation.

En mars 1966 les travaux avaient mis à jour, à peu près au centre du stockwerk minéralisé, une « poche » constituée par une matière vert-jaunâtre, fortement désagrégée. Le degré d'altération de la plus grande partie du remplissage de la « poche » était tel qu'un simple écrasement manuel suffisait pour réduire en poussière un fort pourcentage de sa masse, tout en libérant des morceaux d'un degré d'altération moins avancé. Cette substance ocre pulvérulente (éch. B.7154) englobant les morceaux moins altérés contient 10 % Fe_2O_3 et 15 % P_2O_5 et est composée de *monazite**, *quartz* et *limonite* (analyse n° 1209). La structure de la plupart des fragments est cloisonnée et les cloisons sont en *monazite**. Certains fragments plus compacts sont formés de *bastnaesite* et *monazite*.

L'examen macroscopique suffit pour se rendre compte que ce remplissage est constitué principalement par de la monazite de transformation secondaire de la bastnaesite, contenant encore des résidus de ce dernier minéral. En effet, les quelques morceaux

n°	Fraction granulométrique mm	%	Oxydes totaux T.R. %	P_2O_5 %	F %	CO_2 %	SiO_2 %	Radio- activité impulsions/ min.
1	< 0,1	11,4	40,2	11,9	< 0,2	0,8	26,6	66
2	0,1 à 0,2	6,1	34,4	9,8	< 0,2	0,7	28,4	102
3	0,2 à 0,5	4,3	41,2	11,7	< 0,2	0,7	20,6	47
4	0,5 à 1,0	5,1	45,3	12,2	< 0,2	0,7	16,6	103
5	1,0 à 1,9	8,4	55,7	11,9	< 0,2	0,8	11,2	68
6	1,9 à 5,6	20,4	69,0	12,7	< 0,2	1,9	3,1	124
7	> 5,6	44,3	68,9	12,8	1,7	3,0	3,7	95
		100 %						

plus gros récoltés montrent la structure typique en « box-work » cloisonné, éponge à mailles resserrées en monazite, avec ou sans résidus de bastnaesite au centre des mailles.

Un échantillon du remplissage a été prélevé, puis tamisé à sec tel quel, en sept fractions granulométriques (Tableau ci-dessus).

Grâce à l'amabilité du Dr GREINACHER (Essen, Allemagne) nous disposons d'analyses effectuées séparément sur chaque fraction.

Les fractions fines, si on fait abstraction de l'importante quantité de silice provenant du quartz de silicification, contiennent une importante proportion de *monazite*. La catégorie > 5,6 mm, en admettant les analyses moyennes, d'après Vlasov, pour la monazite et la bastnaesite (tableau ci-dessous),

	Monazite	Bastnaesite
oxydes totaux de T.R.	60,13 %	75,03 %
ThO ₂	9,25	—
CO ₂	—	19,89
F	—	6,21
P ₂ O ₅	26,95	—

est considérée en combinant tout le P₂O₅ dans la monazite, comme pouvant contenir 47 % de monazite, mais la quantité de CO₂ présente ne suffit pas pour former de la bastnaesite normale.

La monazite de Rusutama étant un produit secondaire formé par transformation de la bastnaesite, ne peut être thorifère. La radioactivité de Rusutama, constatée sur les échantillons analysés par le Dr GREINACHER, nous a beaucoup préoccupé dans le temps et une étude spéciale a été entreprise à son sujet en 1958 (voir p. 712 et seq.).

Quatre lames minces (éch. R.B. 7154, lames n^{os} 1170 à 1173) ont été taillées sur des fragments de 1 à 2 cm de dimension. Sous le microscope elles ne montrent que deux éléments: *bastnaesite* et *monazite*, cette dernière de loin prépondérante.

La structure cloisonnée est par places extrêmement fine et se forme par envahissement des cristaux de bastnaesite suivant leurs deux clivages. Dans aucun des fragments il ne subsiste de bastnaesite inaltérée tandis que, par contre, les grandes plages de monazite sans plus aucun résidu de bastnaesite abondent.

La monazite est microcristalline et ne se résout en éléments constitutifs même sous fort grossissement. Sa teinte est verte, devient rouge par pigmentation ferrugineuse qui, par endroits, l'obscurcit complètement.

Il paraît évident que la « poche » de Rusutama était initialement constituée par une masse de bastnaesite très pure, ultérieurement envahie par une transformation en monazite, par places complète.

Deux lames minces ont été taillées dans un échantillon (M 11.713), prélevé en 1968 sur un remplissage filonien comportant des parties brun-foncé dures et d'autres altérées limoniteuses ocre, des paillettes de mica s'observant dans les parties dures. Sous le microscope on observe par places une très fine cristallisation siliceuse peu étendue, la presque totalité de la surface des lames étant occupée par une matière ferrugineuse dure, rouge foncé, dans laquelle apparaissent des résidus de bastnaesite rongés par la matière ferrugineuse.

Nous disposons encore de quatre lames minces (1243 et 1244, 1248 et 1249) taillées dans les deux échantillons portant les numéros C 1582 et C 1581, prélevés le 22.11.69. Les deux premières lames 1243 et 1244 (éch. C 1582) montrent le minerai habituel du chantier de Rusutama, formé par des résidus informes de cristaux de bastnaesite, empâtés dans une masse ferrugineuse et siliceuse qui attaque de toutes parts la bastnaesite. Sous fort grossissement on constate que le minéral d'altération en contact avec la bastnaesite est presque toujours de la *monazite*, celle-ci se chargeant rapidement de matières ferrugineuses jusqu'à constituer des amas ferrugineux rouge intense. L'allure des dépôts en encroûtements successifs indique que la transformation en monazite s'est faite en milieu s'enrichissant progressivement en fer. Celui-ci, au début, imprègne la monazite pour finir par se déposer seul. La proportion entre bastnaesite résiduelle et minerais secondaires est très variable d'un endroit à l'autre.

Les lames 1248 et 1249 (éch. C 1581) montrent un minerai quelque peu plus siliceux dans lequel de gros cristaux de bastnaesite disloqués, ayant subi un écrasement mécanique, sont resoudés par du quartz clair, sans inclusions, à texture polygonale relativement grossière ou par des matières ferrugineuses.

B. ALIGNEMENT BIGUGO/GITWARO-NYABIGATI:

Le gisement de la colline Gitwaro est connu par des travaux de prospection détaillés et de nombreuses veines et veinules à bastnaesite, dans un environnement gneissique, ont été recoupés lors du creusement du canal alimentant en eau les exploitations de Gakara. A l'extrémité ouest de ce stockwerk une petite exploitation a été développée sur l'emplacement d'un ancien essai d'exploitation, au lieu dit Bigugo, au fond d'un ravin sous-affluent de la Kilasa.

A Nyabigati, deux essais d'exploitation ont été entrepris lors de la première période de travaux. Ils n'ont pas encore fait l'objet de développements.

1. *Gisement de Bigugo:*

L'exploitation de Bigugo a mis à jour un stockwerk complexe dont certaines veinules n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, d'autres atteignant 20 à 30 centimètres. La roche encaissante est un gneiss de couleur claire, extrêmement altéré et s'excavant à la pelle. Le minerai de Bigugo est très différent de celui de l'alignement Gakara-Rusutama. Il est constitué par une masse vert-clair cariée, parcourue par des zones brun-chocolat de formes très irrégulières. Dans les veinules de très faible épaisseur, 1 à 2 cm, l'entièreté du remplissage peut être constituée par la matière brun-chocolat, ferrugineuse, avec un peu de quartz englobé.

Les échantillons et lames minces suivants ont été examinés: Echantillons M 11.716 (2 lames) prélevé le 30 juillet 1968; M 11.717, 2 lames; M 11.740, 2 lames; éch. C 1583 (lames 1191 et 1192), éch. C 1587 (lame 1123) prélevés en septembre 1969.

Le minerai vert finement carié, parcouru par des zones irrégu-

lières ferrugineuses brun foncé est caractéristique de Bigugo et en constitue une véritable carte d'identité. Reconnaisable aussi bien sur échantillons qu'en lame mince, il est normalement assez dur.

Les parties vertes sont constituées de monazite* finement fibreuse, en structures concentriques soit autour d'un vide soit autour d'un résidu de bastnaesite. La dimension de chaque structure — bastnaesite ou vide et leurs enveloppes concentriques en monazite — est de l'ordre de 0,1 mm à maximum 0,2 mm. Aussi bien vides que résidus de bastnaesite ont des formes arrondies qu'entourent les structures concentriques enveloppantes en monazite.

A la loupe sur une surface polie, comme sous le microscope, on voit que les petits éléments arrondis de bastnaesite ne remplissent pas totalement la structure monazitique enveloppante et que la majeure partie des fines caries sont dépourvues de noyaux en bastnaesite et restent vides. Certaines caries sont remplies de matières ferrugineuses ocre.

Dans la lame 1192 une plage de bastnaesite de l'ordre de 0,4 mm de dimension est entourée, exactement suivant ses formes arrondies et à rentrants, par des enveloppes monazitiques concentriques, un petit vide existant entre la bastnaesite et son enveloppe en monazite. Cette disposition est commune et nous conduit à la conclusion que la transformation de la bastnaesite en monazite se fait avec diminution de volume et produit la structure cariée. La partie verte (AN 1562, RX 4044) du minerai a été trouvée contenir jusque 25 % de P_2O_5 et consister minéralogiquement en *monazite*. On y observe par places de rares grumeaux ferrugineux et quelques résidus biotitiques fortement imprégnés de matières ferrugineuses.

Les zones ferrugineuses brun-chocolat montrent des cristaux de bastnaesite à formes cristallines conservées, de 0,1 à 0,2 mm de dimension pour la plupart, quelques rares éléments atteignant 0,5 mm, isolés l'un de l'autre et englobés dans un ciment ferrugineux rouge foncé. Ce ciment a conservé la bastnaesite de la transformation en monazite car, en dehors de rares fines fissures remplies de monazite partout dans les zones brun-chocolat les cristaux de bastnaesite sont absolument frais et préservés de la monazitisation.

Le front de séparation entre les zones ferrugineuses et le minerai vert carié est par endroits net et tranchant, à d'autres places irrégulier et donnant l'impression de la diffusion du minerai vert dans les zones à bastnaesite fraîche à ciment ferrugineux. Ces observations permettent de conclure que le minerai originel à Bigugo était entièrement formé par de la bastnaesite finement cristallisée dans une gangue ferrugineuse; des solutions apportant du phosphore auraient ultérieurement dissous la gangue ferrugineuse et attaqué la bastnaesite, produisant le minerai vert carié. Cette explication génétique cadre bien avec les formes très irrégulières présentées actuellement par le minerai frais à gangue ferrugineuse. La gangue ferrugineuse initiale disparaît complètement au cours de la transformation monazitique, ou se conserve par places sous forme de grumeaux répandus plus ou moins parcimonieusement.

Les échantillons C 1584 à C 1588 proviennent d'un petit filonet de 2 cm de puissance, recoupé dans une galerie de reconnaissance. Il est formé entièrement de matière ferrugineuse brun-chocolat avec un peu de quartz englobé. Cette matière est finement crevassée et les crevasses sont tapissées par une mince croûte mamelonnée de couleur violet clair, qui s'est montré être du *rhabdophane**. En lame mince (n° 1223) on constate que l'épaisseur de ces croûtes, déposées dans les caries directement sur la goethite formant le remplissage de la veinule, est de 20 à 50 μ maximum et que la structure du rhabdophane y est fibroradiée.

2. Gisement de Nyabigati:

De Nyabigati nous possédons peu de matériaux, les deux anciens essais d'exploitation, peu importants, étant actuellement d'accès difficile. Les quelques échantillons récoltés l'ont été en surface et consistent en un minerai rouge ferrugineux, très altéré, friable, masses de limonite ocreuse contenant des cristaux de bastnaesite plus ou moins altérés.

Les échantillons provenant de Nyabigati-Nord (éch. C 1575, lames 1236, 1237 et l'éch. C 1572, l.m. 1247), montrent sous le microscope une masse ferrugineuse englobant des cristaux de

bastnaesite à clivage très fin qu'elle attaque et pénètre suivant un réseau complexe de fissures. Contre les cristaux de bastnaesite la matière englobante est de la monazite fibreuse verte, celle-ci se chargeant de plus en plus de globules ferrugineux au fur et à mesure qu'on s'en écarte, jusqu'à devenir entièrement ferrugineuse.

Il existe des parties où la gangue ferrugineuse est mélangée de quartz à structure fibreuse, d'ailleurs fortement imprégné lui-même de granules ferrugineux.

Une partie au moins des matières ferrugineuses doit provenir de l'altération de la pyrite, dont on observe plusieurs formes de cristaux épigénisés en goethite.

La lame 1247, taillée entièrement dans la gangue ferrugineuse, montre une structure à certains endroits concrétionnée, à d'autres cariée, dans les caries du minerai rouge intense étant recouvert d'une fine couche noire de goethite.

Les échantillons provenant de Nyabigati-Sud (éch. C 1573, lame 1238 et éch. C 1574, l.m. 1239) sont encore plus altérés que les précédents et les lames, assez désagrégées, ne montrent que des plages de bastnaesite disloquée fortement attaquées par la transformation en monazite, elle-même lourdement chargée de produits ferrugineux.

A Nyabigati, comme à Bigugo, la transformation de la bastnaesite en monazite est très avancée et le minerai ocreux de Nyabigati pourrait ne constituer qu'une phase d'altération plus avancée qu'à Bigugo, compte tenu du fait qu'à Nyabigati les travaux sont limités à une zone très superficielle.

C. ALIGNEMENT MUKASENYI-MURAMBI:

Cette région n'a pas encore fait l'objet d'un levé géologique systématique et nous ne possédons sur elle que quelques données fragmentaires récoltées par les premiers prospecteurs. Sa minéralisation a été repérée dès le début (1948). Elle est constituée par des filons se logeant à côté de pegmatites largement développées au sein de gneiss et amphibolites. Ces filons « s'accusent

nettement par leur teinte rouge sur le fond blanc de la pegmatite altérée » (publ. de 1958, p. 690).

A Mukasenyi une galerie de reconnaissance, datant de 1957, recoupant en travers-bancs des gneiss et quartzitoschites à deux micas relativement peu altérés, avait rencontré deux filons minéralisés. Une exploitation souterraine y a été développée et, de ce fait, nous avons pu disposer d'un abondant matériel d'étude provenant de ce gisement.

Aucun travail n'a été effectué à Murambi depuis la dernière réouverture de la mine. Par contre, sur le versant droit de la rivière Mugere, en aval du gisement de Murambi, on a récolté à fleur du sol de gros morceaux de bastnaesite massive qui ont été étudiés.

1. *Gisement de Mukasenyi:*

De ce gisement les matériaux suivants ont été étudiés:

1. *Ech. Max Lohest*, conservé au laboratoire de Géologie appliquée de l'U.L.B. (lames 1218, 1219, 1220). Cet échantillon est prélevé au contact entre un filon de teinte rouge, d'aspect bréchiforme et une pegmatite grossière.

En lame mince le filon montre de gros cristaux de bastnaesite tabulaires, frais, exempts de monazite, noyés dans une masse de fond bréchique formée par des débris de cristaux de bastnaesite reliés par un ciment ferrugineux abondant.

En de nombreux endroits on observe, englobés dans le fond ferrugineux, des fragments de bastnaesite d'orientation optique identique, faisant donc partie d'un seul cristal, envahi par les matières ferrugineuses suivant clivages et craquelures, avec attaque de la bastnaesite sans déplacements.

Il existe des géodes dans lesquelles, sur une croûte de goethite, se dispose en couches concrétionnées du quartz fortement imprégné de matières ferrugineuses, puis une très fine couche fibro-radiée de *rhodophane*, elle-même recouverte de quartz fibreux clair, le centre de la géode étant enfin occupé par du quartz microcristallin.

Une lame a été taillée à cheval sur le contact lequel, rectiligne sur l'échantillon, apparaît en lame mince irrégulier, la pegma-

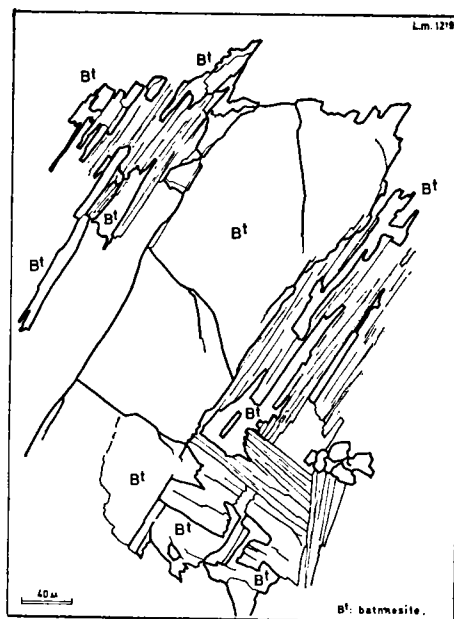


Fig. 18

tite attaquant et rongant la bastnaesite. Il existe des cristaux de bastnaesite isolés dans la pegmatite mais toujours à faible distance du contact (1 à 2 mm). On observe aussi des endroits à apparence de zone de réaction, de faible importance, dans lesquelles la bastnaesite paraît fondue en un autre minéral qui n'a pas pu être isolé pour identification. Il s'agit d'un minéral feuilleté, jaune brillant, à clivage micacé, faiblement pléochroïque, à extinction perpendiculaire. Il est extrêmement frais et dépourvu d'inclusions. Le croquis, *fig. 18* représente cette zone de contact. Tous les grains de bastnaesite figurés sont orientés de même façon et paraissent donc appartenir à un même cristal, transformé en un minéral différent au contact de la pegmatite. En ces endroits la mise en place de la pegmatite apparaît postérieure à la formation du filon de bastnaesite.

Quant à la pegmatite elle est grossière, montrant de l'orthose en grands cristaux très attaqués par la séricitisation et du microcline, les deux feldspaths étant les éléments de loin prédominants, avec du quartz et excessivement peu de biotite.

2. *Filon n° 2 du bouverau ancien n° 1 à 1721 m*: En mars 1967 ce bouverau ayant été remis en état des échantillons y ont été prélevés: M 11.712; M 11.715; B.7147/lame 1140; B.7151/lame 1141; C.10/lame 1145 et lame 1190.

2a. Le minerai des échantillons M 11.712 et M 11.715 est compact et très dur, de teinte générale rouge, montrant un fond rouge finement cristallisé dans lequel s'englobent des cristaux de bastnaesite et surtout de très nombreuses géodes tapissées de fins cristaux de quartz pyramidés. Ces géodes sont des boutonnières de forme rectangulaire, oblongues, très régulières; elles sont tapissées de quartz pyramidés et entourées de zones claires; seulement la masse finement siliceuse au-delà est rouge et donne au minerai sa couleur d'ensemble. Ces géodes rectangulaires sont caractéristiques du minerai de Mukasenyi.

Il existe également de nombreuses géodes remplies de goethite mais celles-ci, contrairement aux géodes rectangulaires tapissées de fins cristaux de quartz, sont de formes irrégulières.

Dans la lame M 11.712 le minerai se montre d'aspect bréchié: plages de quartz hyalin et cristaux de bastnaesite, de dimensions allant de quelques millimètres à un centimètre, isolés dans une pâte abondante rose finement cristallisée. On observe que les cristaux de bastnaesite sont à formes conservées, rarement attaquées par le milieu finement cristallisé environnant et souvent soulignées par une très fine bordure rouge ferrugineuse. Les plages de quartz hyalin sont très étendues; l'une d'entr'elles dépasse 2 cm de dimensions et les bords de ces plages sont arrondis. La masse de fond est en quartz finement cristallisé bourré d'inclusions foncées lesquelles, sous fort éclairage, deviennent transparentes et rouges (grumeaux de matières ferrugineuses).

En de nombreux endroits il y a formation de quartz en ogives, par places en guirlandes dont les ogives se disposent à axes perpendiculaires sur un cristal de bastnaesite. Le quartz à inclusions s'entoure parfois de quartz hyalin coaxial se développant dans une géode. Il existe des géodes complètement remplies de quartz, soit hyalin à cristallisation beaucoup plus grossière que la masse de fond, soit toujours hyalin mais à structure fibreuse dénotée par l'extinction en éventail. Quelques plages de barytine sont

fortement corrodées par la silice finement cristallisée à inclusions.

Les lames M 11.715 montrent deux minéraux grossièrement cristallisés: *biotite* et *bastnaesite*. La biotite paraît antérieure à la bastnaesite puisque les contacts entre les deux sont très irréguliers et que la bastnaesite renferme de petites plages isolées de biotite. Les deux minéraux sont englobés dans une très fine pâte siliceuse, riche en inclusions, l'arrangement de celle-ci en ogives étant très répandue.

On observe ici aussi le même arrangement vers le vide des couches successives tapissant les géodes en partant d'un cristal de bastnaesite: fine couche de silice microcristalline bourrée d'inclusions, quartz à inclusions disposées en ogives, quartz hyalin pyramidé coaxial avec les ogives, vide (ce dernier pouvant être rempli de quartz limpide grossièrement cristallisé).

Les géodes (boutonniers) rectangulaires oblongues montrent les parois qui les forment constituées par une double ligne d'ogives adossées, chacune recouverte par du quartz limpide pyramidé coaxial avec des ogives. Entre les deux alignements d'ogives adossés, il n'y a pas de place pour supposer qu'il s'y trouvait un mince cristal de bastnaesite sur les deux faces duquel se sont formées les deux lignes d'ogives parallèles.

2b. L'échantillon B.7147 montre un filon de bastnaesite dure, de teinte verdâtre, de 5 cm de puissance, compris entre deux épontes en pegmatite à feldspath rose et mica clair. La pegmatite est à grosse cristallisation et adhère fortement au filon. Des deux côtés, contre la pegmatite ou à peu de distance du contact, le petit filon montre de fines zones bourrées d'un minéral noir.

Une lame (n° 1140) a été taillée sur un contact filon-pegmatite encaissante. Sous le microscope le filon s'avère d'allure bréchi-forme, la bastnaesite étant envahie par la monazite suivant un réseau excessivement irrégulier. Nous n'avons rien observé d'autre dans le filon que de la *bastnaesite* et de la *monazite* s'y substituant suivant un réseau extrêmement irrégulier, l'ensemble paraissant s'être formé par l'écrasement d'une masse de bastnaesite massive pure initiale.

Contre ou tout près du contact avec la pegmatite la bastnaesite du filon est envahie par une grande quantité de biotite, assez

finement cristallisée ce qui, sur l'échantillon, constitue des zones foncées de 1 à 2 mm d'épaisseur visibles même à l'œil nu.

Sur l'échantillon le contact filon-pegmatite paraît net et linéaire; à l'échelle du microscope il apparaît bien moins régulier, une sorte de zone confuse existant au contact: biotite, un peu de feldspath et quartz du côté filon, rares matières monazitiques du côté pegmatite. On est probablement en présence d'une zone de réaction mais dont l'épaisseur est excessivement faible: 2 à 3 mm.

La pegmatite est formée de *quartz*, de mica blanc, *muscovite* en gros paquets et de très grandes plages de *feldspath* presque toutes bourrées d'assez grandes paillettes de séricite. Le feldspath est d'indice de réfraction nettement inférieur au baume, souvent maclé polysynthétiquement suivant loi de l'albite, les angles d'extinction très faibles indiquant qu'il s'agit d'*albite*; partout cette albite absolument incolore est bourrée de paillettes de séricite (*muscovite*) allant jusqu'à 1 mm de longueur.

Dans la petite zone de réaction au contact, il y a formation de biotite très finement cristallisée, mélangée à très peu de quartz et de feldspath également finement cristallisés et avec des produits monazitiques et fins résidus de bastnaesite, du côté du filon. Du côté de la pegmatite les gros paquets de *muscovite* ont les bords grignotés par le milieu environnant, on observe un peu de monazite finement fibreuse et aussi des plages plus importantes d'un minéral brun clair qui a été identifié comme étant de la *goyazite s.l.** (RX 3967).

2c. L'échantillon B.7151 a été prélevé sur le même contact filon-pegmatite que le précédent et la lame 1141 y a été taillée. Le filon est entièrement formé de bastnaesite en plages sans formes cristallines de dimensions plutôt faibles: 1 à 2 mm dans la zone de contact augmentant à 5-10 mm au fur et à mesure qu'on s'en éloigne et en bordure de la lame, qui a environ 20 mm de dimension perpendiculairement au contact. La moitié de cette épaisseur est très finement cristalline; près du contact les grains ont moins de 1 mm. L'ensemble de la bastnaesite filonienne est cimenté par de la monazite qui a envahi la bastnaesite après un écrasement de celle-ci. Contre le contact, sur une profondeur de 10 mm, il y a avec la bastnaesite un peu de fine biotite, du quartz et quelques plages de feldspath. Du côté pegmatite, il n'y

a dans cette lame que de très grandes plages de *microcline*. Entre les grandes plages d'orientation optique uniforme existent des fissures remplies de monazite finement fibreuse avec produits ferrugineux rouges et petites plages de feldspath arrachées à leurs parois. Le microcline, de teinte légèrement rose, se montre en lame mince dépourvu de toute séricitisation, complètement frais et inaltéré.

2d. Du même filon n° 2 du bouveau à 1721 m nous disposons d'échantillons (C 10) de bastnaesite massive dure dans lesquels on a scié des plaques montrant un réseau très irrégulier de fines fissures formant un stockwerk miniature, car l'épaisseur du revêtement de ces fissures est le plus souvent inférieure à 1 mm. La matière du remplissage, siliceuse blanche, fait ressortir ces fissures sur le fond brun de la bastnaesite*. Par places ces fissures s'élargissent en petites géodes tapissées de fins quartz pyramidés.

La lame 1145bis taillée dans cette bastnaesite massive de Mukasenyi montre une mosaïque de plages cristallines s'enchevê-

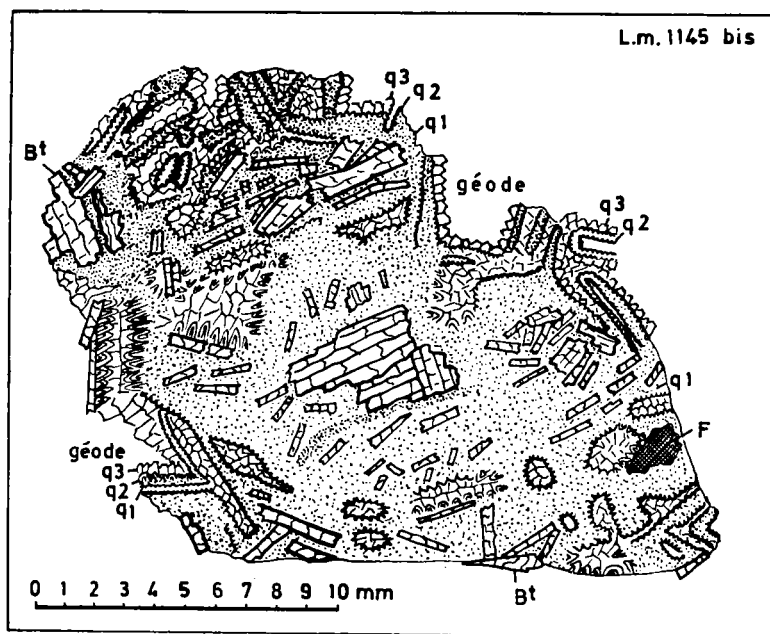


Fig. 19

trant, de formes souvent allongées suivant la direction du clivage principal et de dimensions, suivant cet allongement, de 0,5 à 2 mm. On observe un début de monazitisation progressant suivant les clivages, y formant de très fines veinules, mais aussi une petite veine de monazite recoupant toute la longueur de la lame et ayant une épaisseur de 4 mm. La petite veine suivant laquelle la bastnaesite a été transformée en monazite est fortement imprégnée de matières ferrugineuses jusqu'à la rendre opaque. On y observe des reliques de bastnaesite. La lame est traversée en outre de fissures remplies de quartz finement cristallisé, disposées perpendiculairement ou obliquement à la direction de la veinule monazitique. L'épaisseur des fissures à remplissage de quartz est de 40 μ une seule un peu plus épaisse mesurant 200 μ . Le quartz de ces fissures est bourré d'inclusions.

La lame 1190 taillée dans un échantillon de bastnaesite massive est parcourue sur toute sa longueur (25 mm) par une fissure ondulée ouverte de 3 mm et tapissée symétriquement de quartz en ogives surmontées coaxialement de quartz hyalin, qui occupe tout le centre de la fissure. Les deux parois de la fissure sont en bastnaesite massive.

3. L'échantillon 20/69 a été prélevé en septembre 1969 sur le contact entre le filon de bastnaesite rouge foncé et une pegmatite blanche à gris clair avec éléments de 5 mm. Sous le microscope (lames ULB 19-69) des plages informes et des cristaux allongés de bastnaesite avec plages de barytine, se montrent noyés et rongés par une masse de fond rouge composée de quartz très finement cristallisé, fortement imprégné de matières rouges ferrugineuses. Il faut souligner le fait que le kappenquartz est absent mais, en outre du quartz microcristallin fortement imprégné de matières ferrugineuses, il existe du quartz hyalin à extinctions roulantes et à cristallisation plus grossière. La masse de fond rouge s'attaque aussi bien à la bastnaesite qu'à la barytine.

Le contact filon-pegmatite est finement dentelé mais les relations réciproques paraissent difficiles à saisir: on ne voit pas d'enclaves de feldspath dans la partie filonienne mais bien de la masse rouge filonienne dans la pegmatite. La pegmatite comporte quartz et microcline mais la lame ne contient pas de mica

pour observer sa nature. Il y a assez bien de petits grains de pyrite dans le filon.

4. L'échantillon 30/69 prélevé en octobre 1969 dans le nouveau bouveau à 1 723 m montre de la bastnaesite isolée dans un contexte finement siliceux, les parties où le minerai est rare prenant l'aspect d'un « microquartzite » finement straticulé, très dur, la teinte étant vert foncé, vert décoloré ou rouge. La lame mince (n° 1221) taillée dans un échantillon de teinte verte, montre une structure quartzitique excessivement fine; les grains sont de l'ordre de 20 à 40 μ . Le quartz est imprégné sur toute la surface de la lame par une grande quantité d'un minéral vert en très fins granules. La straticulation, apparente également en lame mince, est produite par les différences de densité de l'imprégnation verte. Il existe de fines paillettes de muscovite rares ainsi que de nombreux granules ferrugineux. Les fines paillettes de muscovite ont toutes des formes allongées, contrastant avec le minerai vert d'imprégnation paraissant finement granulé. Quant au minéral vert, il est tellement fin que, malgré son extrême abondance, une détermination précise n'a pas encore été possible. On est en présence d'un sédiment fortement métamorphisé, dont l'étude doit être continuée. Il existe une seule fine strate de 1,5 mm d'épaisseur en quartz blanc grossièrement cristallisé, sans imprégnation verte, les plages de quartz étant séparées par de fins lisérés ferrugineux.

5. Une autre lame (n° 1222) a été taillée dans un échantillon feuilleté, (éch. C 1563), dans lequel de grands cristaux tabulaires de bastnaesite à clivage micacé sont séparés par des feuillets de silice rose très finement grenue. En lame mince le feuilletage apparaît constitué comme suit: entre deux lames de bastnaesite une lame de quartz à structure dissymétrique; elle commence sur un des cristaux de bastnaesite par une couche de quartz microgrenu sur laquelle se dispose, jusqu'à l'autre cristal de bastnaesite, une couche de quartz en plages beaucoup plus grandes, à extinctions en éventail, trahissant une structure fibroradiée. En de nombreux endroits, ces plages montrent des lignes d'inclusions disposées en éventail. Partout dans le quartz microgrenu existent — dessinés par des résidus ferrugineux — des fantômes de cristaux rhombiques que nous considérons comme soulignant

des anciens cristaux de calcite sans aucune autre preuve que l'angle aigu que délimitent la majeure partie de ces lignes ferrugineuses. Il n'y a nulle part formation de kappenquartz.

6. L'échantillon C 1569 de même provenance que le précédent (lames contiguës 1240, 1241 et 1242) montre de gros cristaux de bastnaesite également en un contexte finement siliceux, très dur, comportant des parties vertes et d'autres rouges, formant soit des straticules, soit des zones irrégulières. En lame mince on constate, comme précédemment, que les colorations différentes sont dues à des minéraux inclus différents.

Dans la lame n° 1240, un grand cristal de bastnaesite très fraîche est englobé dans une grande masse de quartz microcristallin riche en inclusions, s'attaquant à la bastnaesite mais seulement par les bouts, les faces du cristal restent intactes. Il existe des géodes tapissées d'ogives encapuchonnées de quartz hyalin. La limite entre le quartz microcristallin et la chaîne d'ogives est soulignée par un très fin liséré de matières ferrugineuses.

Dans la lame n° 1242, une straticule de 7 à 10 mm d'épaisseur finement siliceuse bourrée d'inclusions vertes est comprise entre deux straticules parallèles de quartz microcristallin à inclusions gris-noir ou ferrugineuses. Dans la première zone, on observe de nombreuses fines et longues paillettes de muscovite ayant une tendance à l'allongement parallèle à la direction de la zone. Il n'y a pas trace de formation de kappenquartz. Par contre, dans les zones encaissantes à inclusions normales, il y a les géodes habituelles à kappenquartz. Il existe aussi un minéral aciculaire, très fin, les aiguilles se réunissant en rosettes, s'entre-coupant suivant des angles divers, à extinction droite et biréfringence forte, qui n'ont pas pu être mieux déterminés.

7. Les échantillons numérotés C 1559-C 1560-C 1561 proviennent de l'ouverture d'un niveau d'exploitation inférieur à celui des échantillons précédents. Ils sont tous très caractéristiques de Mukasenyi: bastnaesite fraîche dans une gangue siliceuse fine excessivement dure. L'échantillon C 1561 dans lequel a été taillé la lame 1250 montre une cristallisation de la bastnaesite relativement fine pour Mukasenyi, le plus grand cristal observé ayant 20 mm \times 5 mm. La majeure partie de la gangue est constituée par une pâte grise d'une cristallisation excessivement fine,

non apparente sous une loupe même de fort grossissement, très dure et qui englobe, outre la bastnaesite:

— des taches informes rose à rouge clair, de cristallisation plus grossière que la masse de fond grise,

— des sulfures, pyrite et galène, cette dernière relativement abondante,

— des noyaux de quartz hyalin dont certains passent progressivement sur leurs bords à la masse microcristalline grise tandis qu'à d'autres endroits ils sont limités, contre celle-ci, par des faces cristallines du quartz,

— de très nombreuses caries, toutes tapissées par une frange claire se terminant en un couvert de minuscules cristaux pyramidés de quartz hyalin, l'ensemble de ce tapis continu ayant une épaisseur de l'ordre du millimètre.

En lame mince:

— la masse de fond grise est formée par de la silice finement cristallisée, la dimension des grains allant de $25\ \mu$ à $50\ \mu$, la moyenne se situant certainement plus près de la limite inférieure que de la supérieure. Cette silice est bourrée d'impuretés: des granulés ferrugineux s'agglomérant par places en petites masses un peu plus importantes; des inclusions très foncées devenant transparentes sous très fort éclairage transmis et qui sont d'au maximum $5\ \mu$ mais pour la plupart inférieures à cette dimension; de très fines aiguilles s'agglomérant en rosettes, longues d'au maximum $25\ \mu$; d'abondants granulés noirs qui, sous fort grossissement, restent opaques,

— la masse de fond siliceuse englobe et isole la bastnaesite et contient aussi plusieurs plages de muscovite; elle pénètre dans les cristaux de bastnaesite suivant fissures et clivages et grignote même les cristaux, toujours suivant les extrémités, jamais suivant les faces latérales qui sont presque toujours intactes; il en est de même pour la muscovite. *Bastnaesite* et *muscovite* apparaissent ainsi comme des minéraux de cristallisation primaire,

— la masse de fond siliceuse renferme également des plages de barytine, incolore ou rose, se distinguant nettement au milieu du quartz microcristallin. Leur dimension est de l'ordre du centimètre et leurs contours déchiquetés, attaqués par la silice de la masse de fond. Comme J. Thoreau l'a déjà bien fait remarquer, la *barytine* est à ajouter aux éléments de première cristallisation,

— il n'existe pas de géodes dans cette lame et elle n'a conservé qu'un petit cristal de galène, noyé dans la silice microcristalline,

— on observe plusieurs grandes plages de quartz hyalin d'orientation optique uniforme, l'une étant une section longitudinale presque parfaite du cristal prismatique bipyramidé. On observe en de nombreux endroits, soit en bordure soit isolé au milieu du cristal de quartz hyalin, des masses bourrées d'inclusions; par places, en bordure, le quartz à orientation optique uniforme s'infiltré dans la silice microcristalline.

Isolé, dans le cristal de quartz hyalin bipyramidé, existe une plage de quartz hyalin à cristallisation assez grossière, entourée d'une frange de quartz microcristallin. Celui-ci a gardé ses inclusions, tandis qu'en bordure de la masse principale de quartz cristallin restent isolées des rosettes de très fines aiguilles paraissant identiques à celles qu'on observe en pleine masse de fond microcristalline.

Un grand noyau de quartz hyalin de plus d'un centimètre de diamètre montre, sur environ 0,1 mm de sa bordure, des inclusions mais en quantité de loin moindre que dans la masse microcristalline.

A d'autres endroits le quartz hyalin d'un grand noyau s'infiltré irrégulièrement dans la masse de fond microcristalline.

Il semble que ces diverses observations peuvent s'expliquer comme suit: les noyaux et cristaux de quartz hyalin se formeraient aux dépens de la masse de fond par recristallisation et expulsion des inclusions, seules les fines aiguilles en rosettes étant très difficiles à expulser et restant, résiduelles, en bordure de la plage hyaline en cours de cristallisation.

Il existe comme éléments accessoires quelques paillettes déchiquetées de *biotite*; au milieu de la masse de fond microcristalline et remplis de silice encore plus finement cristallisée, des fantômes de cristaux (calcite?) soulignés par de la matière ferrugineuse. La biotite de cette lame présente un caractère particulier: la teinte maximum de pléochroïsme reste relativement claire.

Quant aux « fantômes » de cristaux, si pour la majeure partie les traits ferrugineux les soulignant dessinent des formes rhombiques, il en existe également (lame 1250) dont ces traits for-

ment des angles droits. C'est pourquoi leur origine en calcite ne peut être considérée comme certaine à moins qu'ils ne soient pas tous de même provenance.

8. Les lames 1251, 1252 et 1253 ont été taillées contiguës, en surface d'un même échantillon (C 1559). Les colorations différentes, ici grises et rouges, de la masse de fond, se disposent par taches informes, le rouge étant prédominant dans cet échantillon. Dans la première lame, on observe de grandes plages de barytine rose clair à côté de zones siliceuses d'une cristallisation excessivement fine et bourrées d'une quantité invraisemblable d'impuretés noires opaques, granules ferrugineux, inclusions.

La lame 1251 montre l'un à côté de l'autre deux aspects de la masse de fond des filons Kasenyi: gris foncé, formée de silice microcristalline colorée par des impuretés; rose, formée de barytine en grandes plages attaquées par une silicification prenant le plus souvent l'aspect kappenquartz, se formant aux dépens du quartz microcristallin.

Egalement dans la lame 1252, tandis que les parties grises de la gangue se montrent formées de silice microcristalline bourrée d'inclusions, la lame contient de grandes surfaces, rose très clair sous fort éclairage, formées par de la barytine attaquée de toutes les manières par la silicification. Les plages de barytine, d'orientation optique uniforme, sont de grandes dimensions et leurs bords sont le plus souvent déchiquetés par la silice les entourant. La bastnaesite est pure, non attaquée par la transformation en monazite là où elle est en milieux siliceux.

Il y a dans le quartz microcristallin, de très beaux exemples de « fantômes » à angle aigu en lame mince de 60° à 75° (calcite?).

On observe les formations géodiques habituelles et en un endroit, sur la cristallisation siliceuse hyaline, un cristal de barytine claire. C'est donc une barytine de néoformation qui est en position identique à celle des petits cristaux de barytine transparente formés dans une géode de l'échantillon C 1565 provenant également de Kasenyi.

Dans les zones barytiques, il existe des matières verdâtres pouvant être monazitiques.

Enfin la lame 1253 montre un invraisemblable mélange barytine-quartz prenant des formes ogivales et on y observe une géode au milieu d'un tapis de kappenquartz, formation située

dans l'angle entre deux plages de barytine; nous avons observé cette même formation dans l'angle entre deux cristaux de bastnaesite.

La silicification et la monazitisation sont des phénomènes secondaires typiques du gisement de bastnaesite du Burundi. Les deux s'y développent sur une très grande échelle. La silicification peut être directe ou faite à un deuxième stade, aux dépens d'une gangue barytique initiale. Tandis que dans la région du grand chantier de la Karonge on n'observe pas la silice s'attaquant à la bastnaesite, à Mukasenyi ce phénomène est constant et caractéristique.

2. *Mineral de la Mugere:*

Sur le versant droit de la Mugere (*fig. 1*), en aval du gisement de Murambi, on a récolté à fleur de sol de gros morceaux de bastnaesite* massive (éch. B.9972) dont la structure est bien différente de celle des minerais précédemment décrits.

Sous le binoculaire, on observe dans l'échantillon C 1579 l'écrasement et la désorientation des lames cristallines de bastnaesite dont les grains et résidus de cristaux sont corrodés par des zones irrégulières à structures en éponge cloisonnée. Les cloisons sont formées par de la monazite* brune (RX 3315) de même couleur mais plus claire que celle de la bastnaesite, tandis que les alvéoles sont tapissées ou remplies par un minéral blanc pulvérulent très finement cristallisé: le rhabdophane*. (RX 3314).

Deux lames minces, 1148 et 1149 (éch. B.9972) ont été taillées dans la bastnaesite massive de la Mugere. La lame 1148 montre une ancienne structure en lamelles parallèles fortement dérangée et bréchée par écrasement mécanique. La lame 1149 est taillée dans une structure à cristaux principaux en angle à 60°, dont le centre est occupé par de la bastnaesite écrasée.

Dans les deux lames minces, on observe des cristaux réguliers présentant latéralement une partie écrasée, des zones formées par une mosaïque irrégulière de petits grains de bastnaesite soudés par des produits d'altération et se mêlant à des grains et plages de quartz, des lamelles de bastnaesite séparées par une fine inter-

calation de quartz et des cassures à remplissage de quartz clair grossièrement cristallisé.

Ce qui caractérise ces lames minces est d'un côté l'allure extrêmement irrégulière, constituant ciment de brèche, des produits d'altération de la bastnaesite, et d'un autre côté le fait que le quartz présent, visiblement secondaire aussi, englobant par places des débris de bastnaesite, est un quartz hyalin, complètement dépourvu d'inclusions, en plages relativement grandes, d'orientation optique uniforme.

Le minéral d'altération cimentant les cristaux de bastnaesite écrasés, ou remplissant des fissures avec une structure cloisonnée, se montre sous de forts grossissements comme un feutrage de très fines aiguilles, soit de teinte verte, soit fortement imprégné de pigment ferrugineux lui donnant une teinte rouge. Les cellules formées par le cloisonnement sont remplies soit par un minéral blanc très finement cristallin soit par des grains de quartz hyalin à orientation optique uniforme. Ce quartz est donc de cristallisation tardive, postérieure à la formation des produits d'altération de la bastnaesite.

Certains cristaux de bastnaesite sont écrasés en un très fin agrégat de grains lui donnant, entre nicols croisés, des teintes de polarisation irisées.

IV. IDENTIFICATIONS MINÉRALOGIQUES (R.V.T)

Parmi les minéraux rencontrés au gisement de la Karonge les espèces suivantes sont traitées ici en quelques détails: bastnaesite, monazite, rhabdophane, goyazite, barytine, goethite et kaolinite. Le quartz est suffisamment bien décrit au chapitre précédent, tandis que les micas, les feldspaths, la galène et la pyrite, à part une simple identification radiocristallographique sur grain broyé et un examen en lame mince, n'ont pas fait l'objet d'une étude particulière.

Les descriptions faites ci-après se basent essentiellement sur des données radiocristallographiques (radiogrammes de poudres), obtenues par diffraction de radiations filtrées (Cu, Co ou Fe) et par enregistrement photographique dans une caméra de 5,7 cm de diamètre.

1. BASTNAESITE

Ce minéral se présente, comme signalé au cours de la description optique, sous forme de gros cristaux tabulaires, isolés ou enchevêtrés, de lamelles spéculaires à plans de clivage serrés et de masses informes, parfois de texture cloisonnée, plus ou moins envahies par des minéraux phosphatés (monazite, rhabdophane), ferrugineux (goethite) ou par de la silice.

La nature minéralogique du minéral est établie, à part les propriétés optiques décrites ci-avant, par le poids spécifique et par le radiogramme de poudres.

La détermination du poids spécifique a été effectuée, au moyen de la microbalance de Berman, sur des fragments de 10 à 15 mg, soigneusement triés du point de vue pureté, et a donné les valeurs suivantes:

TABLEAU I. — Radiogrammes de bastnaesites

Faciès	Bastnaesite spéculaire	Bastnaesite tabulaire	Bastnaesite compacte, verte	Bastnaesite minéral bréchique	Bastnaesite 1958 in Thoreau e.a.	Bastnaesite in K.A. Vlassov
Origine	Gakara	Gakara	Gakara	Gakara		
Ech	C 1580	B 9970	B 6249	B 7148		
RX	4065	3230	4042	2899		
Radiation	Cu	Co	Cu	Fe		
Analyse	1558		1538			
% P ₂ O ₅	0,7		11			
	4,82 F	4,82 f	4,87 m 4,15 f *	4,86 tf	4,92 m	4,94 2
	3,55 TF	3,52 m	3,56 F 3,29 f * 3,08 m *	3,54 F	3,53 mF	3,54 8
	2,87 TF	2,85 F	2,85 TF	2,85 TF	2,86 TF	2,871 10
	2,45 f		2,43 f			2,435 3
	2,06 F	2,05 mf	2,05 m	2,05 m	2,05 mF	2,052 9
	2,01 F	1,99 mf	2,00 m	2,00 m	2,01 mF	2,005 9
	1,89 F	1,89 m	1,89 mF	1,89 m	1,89 F	1,884 10
	1,78 f				1,78 f	
	1,68 m	1,66 mf	1,67 m	1,67 f	1,67 F	1,667 6
					1,63 f	
	1,58 m	1,57 f	1,57 f	1,57 tf	1,57 m	1,568 5
	1,48 m	1,48 f	1,48 f		1,48 m	1,477 5
	1,44 m	1,43 f	1,44 f		1,43 f	
	1,34 f				1,34 f	
	1,30 m	1,30 mf	1,30 m	1,295 m	1,29 m	1,293 9
	1,275 f	1,273 f	1,274 f		1,275 f	1,272 5
	1,200 f		1,201 tf		1,20 f	1,199 3
	1,180 m	1,177 f	1,181 m	1,178 f	1,18 m	1,175 7
	1,157 m	1,152 mf	1,152 m	1,153 m	1,150 m	1,149 7
	1,067 f	1,068 tf	1,068 f			1,064 5
	1,051 f	1,049 tf	1,050 tf			1,047 4
	1,038 mf	1,037 f	1,039 f	1,037 m		1,030 5
	1,007 m	1,006 mf	1,007 f			
	0,970 m	0,969 m	0,968 f			
	0,950 tf		0,947 tf			
	0,918 f	0,917 m	0,916 f			
	0,908 f		0,905 f			
	0,845 f		0,845 m			
	0,807 m					
	0,792 m					

* Raies dues à la monazite.

TF: très fort, F: fort, m: moyen, mf: moyen-faible, f: faible, tf: très faible (ces symboles sont valables pour tous les radiogrammes des tableaux).

— Bastnaesite spéculaire Gakara (éch. B.9971; RX 3228) (*), $4,87 \pm 0,02$ (mesures sur 3 grains),

— Bastnaesite en gros cristaux tabulaires enchevêtrés dns minerai compact Gakara (éch. B.9970 An 1559; RX 3228) $5,10 \pm 0,10$ (mesures sur 3 grains),

— Bastnaesite en petits cristaux dans minerai compact Mugere (éch. B.9972; RX 3229) $5,04 \pm 0,10$ (mesures sur 3 grains).

Ces poids spécifiques cadrent bien avec les valeurs signalées par K.A. Vlasov (II, p. 266): 4,72 à 5,02 (valeur calculée: 4,99).

Les trois bastnaesites examinées fournissent un radiogramme identique, qui est consigné au *Tableau I* et mis en regard d'autres mesures dont celles se rapportant à l'échantillon figuré B.6249 (*Pl. III hors texte*).

TABLEAU II. — Analyses chimiques

	Ech.	Analyse	P ₂ O ₅	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
1. Minerai à bastnaesite spéculaire, Gakara	C 1580	1558	0,7 %		
2. Minerai à bastnaesite en cristaux tabulaires, Gakara	B 8822	1559	3,7		
3. Minerai brun, Nyabugati	C 1575	1769	8,4		29,9 %
4. Minerai à bastnaesite veiné de vert, Gakara (Pl. III hors texte)	B 6249	1538	11,1	0,3 %	
5. Minerai ocre brun clair, Nyabugati	C 1573	1768	12,2		6,3
6. Minerai ocre, Rusutama	B 7154	1209	15,1		10,1
7. Minerai vert (mélange de diverses provenances)	C 1579	1557	23,6		
8. Minerai vert, Bigugo	C 1583	1562	24,9		

* RX suivi d'un numéro, renvoie au radiogramme. AN suivi d'un numéro, à l'analyse chimique.

La bastnaesite se révèle, comme déjà signalé au chapitre précédent, très souvent envahie par un phosphate, monazite essentiellement, généralement vert, parfois rouge ou brun et même quelques fois jaune. L'importance de cet envahissement se traduit par la teneur en phosphate dans le minerai, comme indiqué au *Tableau II*.

L'envahissement du phosphate se produit, d'une façon intime, par des plans de clivage et des fissures et craquelures de toutes sortes, à tel point que le minerai varie de spécimens massifs à gros cristaux jaune miel à des spécimens franchement verts, ou bruns et rouges quand la part des substances ferrugineuses devient également importante.

L'occurrence du phosphate dans le minerai de la Karonge n'avait pas passé inaperçue antérieurement. En effet en 1936, une teneur de 5,25 % P_2O_5 avait été observée dans une bastnaesite de Gakara, et, en 1958, 6,26 % P_2O_5 dans une bastnaesite de Rusutama (J. THOREAU *et al.*, 1958).

L'imprégnation du phosphate vert, sous forme d'une substance extrêmement fine est tellement intime qu'un broyage d'un échantillon massif veiné de vert ne parvient pas à concentrer le phosphate dans les fractions fines, comme indiqué au *Tableau III*.

TABLEAU III. — Analyses chimiques de fractions granulométriques

Gakara	Analyse	% P_2O_5
Minerai de bastnaesite B 6249 tel quel, non tamisé	1538	11,1
Fraction 0,5 à 0,25 mm (22 g)	1541	11,3
Fraction 0,25 à 0,125 mm (21 g)	1540	11,2
Fraction inférieur à 0,125 mm (14 g)	1539	11,2

Une même observation se fait pour le minerai de Rusutama, dont quelques analyses sont signalées au Chapitre III, A.2.

Il ressort du *Tableau II* que la part du phosphate peut atteindre près de 25 % du minerai. La monazite y joue un rôle prépondérant comme exposé ci-dessous.

2. MONAZITE

La monazite est responsable de la couleur verte de beaucoup d'échantillons de minerai. Elle se présente en minces filonets sillonnant le minerai ou en encroûtements verts, de faible épaisseur, enrobant les cristaux de bastnaesite et s'y infiltrant le long des plans de clivage et des fissures. Parfois les cristaux de bastnaesite ont partiellement ou entièrement disparu, laissant toutefois une trace de leur localisation par un réseau complexe de cloisons vertes de monazite.

La monazite se présente aussi en fines couches d'aiguilles transversales, jaune clair, couvrant la bastnaesite et en structures concentriques verdâtres, rougeâtres ou franchement jaunâtres. Elle entre aussi dans la composition du minerai ocre ou brun, où elle est accompagnée de quantités plus ou moins importantes de composés ferrugineux tels que la goethite.

L'identification du minéral est basé sur les mesures radio-cristallographiques rassemblées au *Tableau IV*.

Il a été signalé plus haut que l'envahissement de la bastnaesite par du phosphate peut conduire à près de 25 % P_2O_5 .

Un tel minerai est à concevoir comme constitué essentiellement de monazite, ce minéral comprenant d'après K.A. VLASOV de 20 à 29 % P_2O_5 .

La monazite avait déjà été reconnue, en 1958, à Rusutama, en dissémination ou dans les minces veinules (J. THOREAU *e.a.*, 1958, p. 711). En plus, il avait été précisé que « les parties les plus altérées des veines présentent un enrichissement marqué en monazite finement disséminée, en oxyde de fer et en kaolinite » (p. 707). D'autre part, il y a lieu d'assimiler à la monazite, en raison des observations actuelles, les « produits de teint verdâtre » qui « se développent dans les fractures du minéral primaire et l'envahissent progressivement jusqu'à se substituer plus ou moins complètement à lui. Jaune brun à vert en lame mince, ils sont constitués de très fins éléments cristallins, dont la nature et la composition chimique n'ont pu encore être déterminées » (p. 702).

TABLEAU IV. — Radiogrammes de monazites

Faciès	Cloison verte	Minerai vert	Couche rouge	Croûte jaune	Minerai vert	Rusutama <i>in</i> Thoreau e.a. 1958	<i>in</i> K.A. Vlassov	
Origine	Gakara		Gakara	Mukasenyi	Bigugo			
Ech.	B 7148	C 1571	B 6248	ULB	C 1583			
RX	3252	4039	4051	4057	4044			
Radiation	Co	Cu	Cu	Cu	Cu			
Analyse					1562			
% P ₂ O ₅					24,9			
	4,70 tf	4,67 m	4,67 f	4,64 f	4,67 tf		5,19	4
	4,11 f	4,11 f	4,13 m	4,13 f	4,13 m	4,19 F	4,66	4
							4,17	6
							4,11	3
	3,50 tf	3,51 f	3,51 f	3,54 m	3,51 f		3,51	6
	3,28 m	3,30 m	3,30 m	3,30 mf	3,27 m	3,31 TF	3,29	8
	3,08 F	3,08 F	3,09 TF	3,11 m	3,08 F	3,09 mf	3,10	10
							2,98	4
	2,86 F	2,85 F	2,85 TF	2,90 F	2,85 F	2,88 mF	2,97	10
	2,60 tf	2,61 f	2,60 tf		2,61 f		2,61	6
							2,53	4
	2,43 tf	2,44 f	2,45 tf	2,45 tf	2,44 f	2,46 F	2,44	6
							2,40	3
	2,18 tf	2,18 m	2,18 tf		2,18 f		2,19	6
	2,13 f	2,13 m	2,13 m	2,14 f	2,13 mF	2,14 mF	2,14	8
	1,96 f	1,96 m	1,96 f		1,96 m	1,98 f	1,97	8
	1,86 f	1,87 m	1,87 f	1,89 fd	1,87 m	1,96 f	1,87	8
		1,79 tf				1,81 mF	1,77	6
	1,76 f	1,76 f			1,76 f		1,75	8
	1,73 f	1,73 m	1,73 f		1,73 m	1,70 f	1,72	6
	1,70 tf	1,69 f	1,69 tf		1,69 tf		1,67	6
	1,53 tf	1,53 f			1,53 tf	1,54 mF	1,54	6
	1,46 tf	1,46 tf				1,45 f	1,47	6
	1,34 f	1,33 f	1,33 tf		1,33 m	1,375 F		
	1,28 tf	1,27 f	1,275 tf		1,274 f			
	1,23 f	1,23 f	1,232 tf		1,24 m			
						1,183 m		

3. RHABDOPHANE

En lame mince le rhabdophane se présente, comme signalé dans la partie micrographique, en minces couches, mamelons et guirlandes, finement fibroradiés, sur goethite, quartz ou monazite, à Gakara, Bigugo et Mukasenyi, en fin feutrage dans la kaolinite du minerai bréchiforme de Gakara et en revêtement d'alvéoles de la structure cloisonnée à Mugere.

En complément, le rhabdophane se présente sous forme de petites rosettes blanches fibroradiées, de 0,25 mm, sur un minerai massif à cristaux de bastnaesite tabulaires à Gakara, et sous forme d'enduit et mamelons blanchâtres, jaunâtres ou violets, sur quartz, bastnaesite ou monazite, à Gakara et Rusutama.

La détermination de la nature minéralogique est basée sur les données radiocristallographiques, dont des exemples sont rassemblés au *Tableau V*.

Quelques échantillons sont remarquables par l'importance du développement du rhabdophane. Il s'agit:

1. Du minerai bréchiforme (éch. C 8) de Gakara, décrit en détail au chapitre III.A.1b et figuré (*Pl. IX, fig. 1 et 2*), où le rhabdophane se présente surtout en encroûtements mamelonnés et radiés (Chapitre III.B.1b).

2. Du minerai (éch. C 1591 à 1595) du niveau 1 a, de la paroi W de la carrière de Gakara, au contact du quartzite, où le rhabdophane se présente en croûtes finement mamelonnées tapissant des débris en forme de coquilles d'œuf et de cristaux creux (*Pl. XXI*).

3. Du minerai de Rusutama (éch. C 1596) où le rhabdophane se présente en mamelons violets, jusqu'à 2 mm, sur des cristaux de bastnaesite.

4. Du minerai ferrugineux (éch. C 1584 à 1588) de Bigugo, signalé sommairement au chapitre III.B.1, où le rhabdophane violet tapisse de multiples fissures dans un filon brun ferrugineux, de 1 à 5 cm, composé de goethite et dans la roche gneissique.

Dans le cas de l'échantillon de Rusutama (éch. C 1596), le rhabdophane forme une croûte mamelonnée, de 1/2 à 1 1/2 mm d'épaisseur, de couleur blanche à violette, d'aspect opalin, couvrant un liséré vert de monazite enveloppant des cristaux enchevêtrés de bastnaesite. Au microscope ces mamelons se révèlent très finement fibroradiés.

Dans le cas de l'échantillon de Gakara (éch. C 1591 à 1595) le rhabdophane enveloppe, sous forme d'une croûte finement mamelonnée, des débris ressemblant à des fragments de coquilles d'œuf et des corps géométriques creux de 1 1/2 mm à 7 1/2 mm suggérant des rhomboèdres et des prismes orthorhombiques.

Ces débris et cristaux creux sont implantés sur un support formé de cristaux tabulaires de bastnaesite.

TABLEAU V. — Radiogrammes de rhabdophanes

Faciés Origine Ech. RX Radiation	Mamelons et guirlandes Gakara C 8 3240 Co	Mamelons Rusutama C 1596 3386 Co	Aiguilles soyeuses Gakara C 1593 4058 Cu	Enduit mauve Bigugo C 1584 3711 Cu	<i>in</i> K.A. Vlasov
	6,16 m	6,16 m	6,15 m	6,15 m	6,06 6
	4,40 m	4,40 F	4,40 mF	4,82 f 4,43 F	4,396 4
	3,51 mf	3,50 mf 3,39 f	3,54 m	3,51 mF	3,514 5
	3,03 TF	3,03 F	3,06 F	3,03 F	3,036 7
	2,84 F	2,83 F	2,83 F	2,84 F	2,838 4
	2,36 tf	2,37 f		2,39 f 2,30 tf	2,376 3
	2,16 m	2,16 m 2,07 tf	2,17 m	2,16 m	2,167 6
	1,92 f	1,93 f	1,94 f	1,93 f	1,934 4
	1,87 m	1,87 m	1,88 m	1,87 m	1,873 5
	1,75 f	1,75 f	1,76 f	1,75 f	1,761 4
	1,72 f	1,71 f	1,72 tf	1,72 f	1,726 3
	1,69 f	1,69 f 1,54 tf	1,70 tf	1,68 f 1,57 tf 1,49 tf 1,46 tf	1,688 5
	1,371 tf	1,46 tf 1,370 tf		1,363 tf	
	1,319 f	1,317 tf		1,324 fd	
	1,280 tf	1,282 tf		1,281 f	
	1,255 tf	1,264 tf		1,257 f	

Il se présente aussi, dans le minerai, des nids de matière blanche pulvérulente de kaolinite (RX 4045) et d'autres d'une substance brune micacée (kaolinite et muscovite). Les formes géométriques sont carriées et montrent un remplissage incomplet et incohérent d'une matière blanche de kaolinite (RX 3957). L'enveloppe elle-même, assez rigide, épaisse de 0,25 à 0,5 mm, est de composition complexe, par l'occurrence de couches superposées. La couche intérieure blanche est composée de kaolinite; elle adhère à une couche de 220 μ d'abord gris sombre (100 μ)

puis gris clair ($120\ \mu$) de quartz. Cette dernière est surmontée d'un liséré brun de $10\ \mu$, suivi à son tour de la couche extérieure de $120\ \mu$, finement mamelonnée et transversalement radiée, composée de rhabdophane. C'est le quartz qui confère à l'enveloppe sa rigidité.

Les formes géométriques suggèrent soit un rhomboèdre de 5 mm d'arête, formant des angles sur la face en losange de 78° et 102° , soit des prismes orthorhombiques (*Pl. XXI, fig. 1 et 2*) de 7,5 mm de hauteur, terminés par une base en losange de 5 mm d'arête, qui forment des angles de 82° et 98° . La nature des minéraux qui ont donné naissance aux creux n'est pas connue. On pourrait penser à des rhomboèdres de calcite et à des prismes de barytine, mais des arguments valables manquent.

4. GOYAZITE

L'examen micrographique a fait découvrir à Mukasenyi (lame mince 1140 du chapitre III.C.1) un minéral brun clair, faiblement biréfringent, sans clivage, en plages informes, au contact de la pegmatite et du filon bastnaesitifère. Repéré ensuite dans l'échantillon, ce minéral jaune, présent en faible quantité, d'aspect gras, apparemment amorphe, a été isolé, en prise infime, pour la diffraction des rayons X. L'enregistrement a donné les résultats rassemblés au *Tableau VI*, où ils ont été mis en regard des caractéristiques des minéraux pouvant être pris en considération. Ces minéraux sont de composition complexe, comme schématisé au *Tableau VII* et un aperçu de la littérature apprend que des recherches minutieuses sont encore nécessaires pour fixer, d'une façon précise, les caractéristiques et la parenté de ces minéraux.

L'interprétation du radiogramme du minéral de Mukasenyi conduit, en absence d'autres données physiques et chimiques, en guise d'essai, à l'assimilation d'un minéral de la série de la goyazite. D'après l'étude de Duncan McKIE (1962) le Ce entre dans la composition de la goyazite, le Sr dans celle de la florencite, le sulfate dans celle des deux minéraux. Se référant à K.A. VLASOV on est enclin à admettre l'identification de svanbergite, la

TABLEAU VI. — Radiogrammes du groupe de la goyazite

Minéral Mukasenyi RX 3967 Cu	«Svanbergite» Hörsjöberg, Suède * RX 3970 Cu	Svanbergite K.A. Vlasov Cu	Belovite K.A. Vlasov Fe	Florencite K.A. D. McKie Vlasov 1962 Cu		Goyazite D. McKie 1962 Cu
7,2 f 5,7 F	5,68 m	5,73 8 4,96 3		8 7 5,7 5	5,71 TF 4,91 m	5,71 TF
4,44 f 4,17 tf 3,50 F	4,23 f 3,52 m 3,30 mF	3,51 8	3,56 3 3,28 5 3,15 6	3,48 5	3,50 TF	3,50 TF
2,94 TF 2,86 f 2,75 f 2,56 tf 2,45 f 2,21 F	2,95 TF 2,74 tf 2,44 f 2,19 F	2,97 10 2,77 4 2,47 4 2,22 10	2,87 10 2,78 7 2,31 3 2,19 1 2,14 3	2,92 10 2,71 2 2,43 2 2,20 5 2,16 5	2,95 TF 2,84 f 2,746 f 2,439 f 2,198 TF 2,146 f 2,013 f	2,95 TF 2,84 f 2,75 fd 2,443 f 2,204 TF
2,00 f 1,896 m 1,75 mf	2,00 tf 1,895 mF 1,743 m	2,02 4 1,91 8 1,75 8	1,998 8 1,943 7 1,900 8 1,843 7	1,897 2 1,877 7 1,738 6 1,667 5 1,637 5	1,890 mF 1,745 m	1,893 mF 1,745 m
1,49 fd 1,44 f 1,285 mf 1,200 mf	1,492 tf 1,452 f 1,284 f 1,197 f	1,49 4 1,46 6 1,29 6 1,20 6	1,037 8	1,278 7 1,189 7		
0,957 f	0,953 f	0,95 5				

* Ech. B 7495, Coll. Inst. roy. Sci. Nat. Belgique, étiqueté « Svanbergite ».

goyazite n'étant pas précisée la florencite, montrant des réflexions 2,16(5), 1,667(5) et 1,637(5) n'ayant pas été repérées dans le radiogramme du minéral de Mukasenyi, la belovite montrant les réflexions 3,15(6), 1,943(7) et 1,843 (7) et ne montrant 2,19(1) que très faiblement, la sokolovite et la tikhvinité étant probablement des variétés (ou des analogues) de svanbergite (p. 191). L'étude de D. MACKIE (1962) a fourni des données radiocristallographiques pour la goyazite et la florencite, qui permettent tout aussi bien d'assimiler le minéral de Mukasenyi à la goyazite ou à la florencite. La goyazite du com-

plexe de carbonatites de Wigu, Tanganyika, ainsi que la florencite du complexe de carbonatites de Kangankunde, Nyassaland, sont associés à la bastnaesite et la monazite et il n'est donc pas improbable que le minéral de Mukasenyi soit lui aussi cérifère. Les deux minéraux étudiés par D. MACKIE entrent dans le groupe de la goyazite, anciennement hamlinite, et la svanbergite étant en plus isostructurale de ces minéraux il paraît dès lors justifié de considérer le minéral de Mukasenyi comme une goyazite s.l.

TABLEAU VII

Minéral	Ce	Al	Sr	Ba	Ca	Mg	Na	PO ₄	SO ₄
Svanbergite		+	+					+	+
Tikhvinite		+	+		+	+		+	+
Sokolovite		+	+		+	+		+	+
Goyazite	+ *	+ *	+ *					+ *	*
Florencite	+ *	+ *	*					+ *	*
Belovite **	+		+				+	+	
Gorceixite		+		+				+	

D'après K.A. Vlasov (+) et D. Mackie (*).

** Belovite de Borodin et Kazakova, 1954.

5. BARYTINE

Ce minéral se présente généralement en petites plages, repérables macroscopiquement comme des taches de teinte rose et microscopiquement par sa faible biréfringence, et ses clivages presque perpendiculaires. Parfois, comme dans le minerai de Kasenyi (éch. C 1565) il y a formation, dans les géodes, de cristaux tabulaires relativement grands jusqu'à 0,5 cm de large et 1,5 cm de long. Ces cristaux sont limpides, parfois les surfaces sont ternes, parfois elles sont bien réfléchissantes.

L'identification de la nature minéralogique est basée sur les radiogrammes dont les valeurs sont rassemblées au *Tableau VIII*.

Le strontium étant un élément souvent incorporé dans la barytine et la barytine de Mountain Pass se révélant riche en stron-

TABLEAU VIII. — Radiogramme de barytine

Barytine de Kasenyi Ech C 1565 - RX 4064		Barytine d'après Mikheev		Barytine d'après A.S.T.M.	
4,35 m	1,425 m		1,420 5	4,27	4 1,426 6
3,90 m	1,406 f	3,974 1		3,82	4 1,403 5
3,45 m	1,183 tf	3,456 6	1,384 1	3,55	4 1,381 4
3,33 F	1,361 tf	3,330 5	1,357 1	3,42	8 1,357 4
3,10 TF	1,326 f	3,058 7	1,317 2	3,30	6 1,322 4
2,84 F	1,302 f	2,843 5	1,294 1	3,08	8 1,305 4
2,73 F	1,262 m	2,725 5	1,259 6	2,84	5 1,265 6
2,48 tf	1,222 tf	2,470 1	1,215 3	2,72	5 1,220 5
2,33 f	1,197 tf	2,322 6	1,193 3	2,47	2 1,200 5
2,21 f	1,147 f	2,202 5	1,145 3	2,33	6
2,11 TF	1,125 f	2,106 10	1,122 3	2,28	2
2,06 f	1,099 m	2,048 2	1,093 6	2,21	4
1,93 tf	1,033 f	1,922 1	1,027 2	2,11	10
1,86 m	1,000 tf	1,847 4		2,06	4
1,76 f	0,987 f	1,745 4		1,93	2
1,734 tf	0,966 tf			1,86	5
1,675 m	0,953 tf	1,669 4		1,75	4
1,645 f	0,909 tf	1,625 1		1,68	5
1,595 f	0,900 f	1,581 2		1,64	4
1,530 m	0,879 tf	1,526 6		1,591	4
1,475 f	0,847 tf	1,467 5		1,534	6
				1,480	4

tium, il a paru intéressant d'examiner la barytine du gisement de la Karonge quant à l'occurrence de strontium. La barytine se présentant en gros cristaux, broyée et mélangée au graphite, a été volatilisée dans l'arc continu pour la spectrographie optique et les spectres d'émission à échelons ont été comparés en estimant l'intensité de la raie de Sr 4607 Å par rapport à celle du Ba 4573 et Ba 4579, le barium servant d'étalon interne. Il s'est avéré ainsi que la barytine de Kasenyi est strontifère et qu'elle est bien plus riche en Sr que la barytine de Fleurus, Belgique, plus riche que celle de Freiberg, en Saxe, pour laquelle C. HINTZE renseigne 0,8 % SrSO_4 et que celle de Badenweiler, Souabie, (C. HINTZE renseigne 1,7 % SrSO_4) et finalement, qu'elle contiendrait du strontium dans des proportions de même ordre de grandeur que celle de Mountain Pass.

6. GOETHITE

La goethite est le seul oxyde de fer cristallisé qui a été observé. Elle se présente généralement, sous forme d'une croûte brune vitreuse ou d'une substance pulvérulente ocreuse, en quantité plus ou moins abondante dans certains minerais.

Dans le cas d'un filon ferrugineux de Nyabugati, se présentant en une masse brune, à structure fibro-bacillaire, la goethite (RX 4070) constitue les cloisons de 0,5 à 1 mm d'épaisseur vitreuse, tandis que les alvéoles sont remplies d'une substance pulvérulente ocreuse.

Dans le cas du minerai de Bigugo, présentant un filon de 1 à 5 cm d'épaisseur, brun chocolat, la goethite entre également dans la composition.

Exceptionnellement, comme dans le minerai alvéolaire du filon principal de Rusutama (éch. C 1577), la goethite acquiert un faciès franchement cristallin, en forme de mouches noires mame-lonnées de 400 à 600 μ ou en forme de rosettes à petits prismes radiés noirs, les prismes étant 40 μ de large sur 160 μ de long (RX 4023). Cette goethite est déposée sur une croûte cristalline blanche de petits cristaux de quartz, qui tapisse une géode d'environ 1 cm, délimitée par des cristaux tabulaires de bastnaesite, qui partout dans l'échantillon montrent une enveloppe blanche

TABLEAU IX. — Radiogrammes de goethite

Croûte vitreuse Gakara B 7150 RX 2881 Fe	Cloisons vitreuses Nyabigati C 1572 RX 4070 Fe	Filon brun Bigugo C 1585 RX 4074 Fe	Cristaux radiés Rusutama C 1577 RX 4023 Cu
4,17 F 2,69 f 2,59 tf 2,45 F 1,71 f	4,11 F 2,66 tf 2,44 m 2,23 m 1,71 f 1,46 f	4,21 TF 2,69 m 2,59 f 2,45 F 1,72 m 1,56 f 1,46 tf	4,21 F 2,73 mf 2,58 tf 2,45 m 2,18 tf 1,72 f 1,57 f

laiteuse formée de cristaux de quartz implantés perpendiculairement.

Les données de l'examen radiocristallographique sont rassemblées au *Tableau IX*.

La goethite avait déjà été signalée en 1958.

7. KAOLINITE

La kaolinite a été reconnue dans les nids de poudre blanche (RX 4045) ou jaune (RX 2936) de quelques échantillons (Gakara, Mukasenyi) et dans la substance blanchâtre ou jaunâtre du minerai bréchiforme (éch. C 8), parfois en contact avec les couches mamelonnées de rhabdophane (Gakara). Au microscope cette substance est apparemment amorphe, mais parfois elle est

TABLEAU X. — Radiogrammes de kaolinite

Nid blanc Gakara C 1595 RX 4045 Cu	Nid blanc Gakara B 7146 RX 2904 Fe	Nid jaune Gakara B 7149 RX 2936 Fe	Nid jaune Mukasenyi C 1566 RX 4043 Cu	Subst. grasse Gakara C 8 RX 4054 Cu	Remplissage cris- taux négatifs Gakara C 1595 RX 3957 Cu
7,25 m 6,07 f *	7,18 mF	7,2 F	7,4 mF	7,13 mF	7,35 F
4,19 TF 3,56 TF	4,13 F 3,57 mF	4,34 m 4,17 m 4,55 f 3,31 **	4,5 F 4,15 F 3,56 m	4,52 F 4,15 F 3,57 mF	4,48 TF 4,15 m 3,59 m
3,06 F * 2,84 F * 2,54 F		2,56 f 2,48 f 2,34 f	2,58 m 2,53 f 2,34 m	2,57 m 2,51 m 2,34 m	3,08 f 2,55 md 2,34 fd
2,34 F 2,16 m 1,93 f 1,87 m 1,67 fd 1,49 m 1,29 f		1,67 f 1,49 fm	1,67 f 1,49 m 1,29 f 1,24 f	2,00 tf 1,67 fd 1,49 m 1,28 tf 1,23 tf	1,67 fd 1,49 m 1,28 tf 1,23 tf

* Rhabdophane.

** Quartz.

bourrée de fines aiguilles, assimilées au rhabdophane étant donné que les radiogrammes indiquent à la fois kaolinite et rhabdophane.

La kaolinite se présente aussi comme remplissage des creux des cristaux négatifs de Gakara (éch. C 1595) et comme couche intérieure de leur enveloppe.

Les données cristallographiques de la kaolinite sont rassemblées au *Tableau X*.

Il y a lieu de signaler que la kaolinite avait déjà été repérée en 1958.

V CONCLUSIONS (B.M.A.)

Nous résumons ci-dessous les résultats de l'étude des associations minérales.

1. ALIGNEMENT GAKARA-RUSUTAMA:

Dans la grande carrière de Gakara le minerai se présente sous deux formes différentes: de la bastnaesite massive et du minerai bréchiforme. Ces deux formes voisinent parfois dans un même filon avec toujours la même disposition: le minerai bréchiforme emballe les masses de bastnaesite cristallisée massive ou se dispose en « protection » le long des chemins de mouvement, le plus souvent contre les épontes.

La bastnaesite massive est envahie suivant ses clivages et fissures d'écrasement par de la monazite normalement verte, mais aussi rouge ou jaune. Le minerai bréchiforme comporte, comme minerais primaires, de la bastnaesite et de la biotite en faible quantité, englobées dans une gangue barytique avec quartz, et sulfures subordonnés.

Dans la paragenèse, les sulfures sont postérieurs au dépôt de la bastnaesite. Leur relation avec les matières de la gangue sont difficiles à saisir; toujours cristallisés, nous les tenons comme antérieurs et faisant partie du groupe des minerais primaires.

La monazite n'est pas le seul minéral d'altération de la bastnaesite; il se forme également, à ses dépens, et peut-être aussi aux dépens de la monazite en une phase plus tardive, un phosphate hydraté, le rhabdophane, en forme de fins feutrages d'aiguilles, de plages et de croûtes à structure fibreuse, de lisérés fibroradiés. Le rhabdophane se trouve situé, le plus souvent, immédiatement sur les encroûtements de monazite.

La barytine primaire a fait l'objet d'une silicification complexe comportant son remplacement par un quartz microgrenu fine-

ment bourré d'inclusions, qui l'obscurcissent. Sur ce fin dépôt initial pousse un véritable « tapis d'ogives encapuchonnées » qui résulte de l'arrangement des inclusions en couches superposées. Sur chaque ogive se dépose coaxialement une couche de quartz hyalin qui habille l'ogive en un quartz pyramidé. En coupe ces tapis de fins cristaux de quartz avec ogive interne axiale forment des guirlandes qui ont aussi été appelées « en crêtes de coq ». Ces tapis siliceux à cristallisation complexe sont des formations géodiques quoiqu'on les rencontre aussi en pleine masse siliceuse; dans ce cas on observe toujours que l'ancienne géode a été comblée par une dernière cristallisation de quartz hyalin en grandes plages. Cette dernière cristallisation de silice se présente aussi sous la forme suivante: apparition de points de recristallisation autour desquels les inclusions sont rejetées, éliminées, et la matière siliceuse recristallise en très grosses plages uniformes et en très gros cristaux de quartz.

Les tapis de quartz géodique sont souvent couverts d'une couche de goethite qui parfois s'épaissit jusqu'à remplir toute la géode. On observe parfois du rhabdophane au-dessus des encroûtements de goethite.

Des dispositions observées quant à l'arrangement des inclusions dans les quartz encapuchonnés et de ces derniers par rapport aux minéraux environnants et aux vides, nous pensons pouvoir conclure que cet arrangement est le résultat du gradient de pression existant lors de cristallisations géodiques. Mais ce problème doit encore faire l'objet d'une étude spéciale.

De la barytine secondaire a été observée soit en lame mince, accompagnant le quartz hyalin en grandes plages de dernière cristallisation, ou recouvrant seule le tapis de fins cristaux de quartz jusqu'à remplir toute la partie centrale de la géode; et aussi en cristaux isolés allant jusque 15 mm de dimension, déposés nombreux dans de grandes géodes, sur le tapis de quartz.

Ayant disposé de matériaux récoltés depuis le début des travaux et de ce fait échelonnés à diverses profondeurs sous la surface du sol, nous avons pu constater que la transformation du fluo-carbonate de terres rares (bastnaesite) initial en un phosphate (monazite) n'est pas un phénomène qui diminue avec la profondeur. Aux profondeurs maximum actuellement atteintes sous la surface initiale du sol la transformation est soit d'inten-

sité constante soit même augmente avec la profondeur. Ce phénomène ne peut donc être considéré comme étant d'origine superficielle et on ne peut donner à l'apport indispensable de phosphore pareille origine.

Il en est de même de la silicification dont l'échelle est extrêmement importante et s'étend non seulement aux éléments du minerai mais également aux éléments des gneiss encaissants postérieurement à leur cataclase, ce qui donne à ce phénomène une allure régionale.

Au gisement de Rusutama, dont le stockwerk filonien est particulièrement fin et touffu, la transformation de la bastnaesite en monazite s'effectue sur une échelle plus grande qu'à Gakara. Le minerai de Rusutama a un aspect spongieux, avec structure en box-work, dans laquelle d'épaisses cloisons monazitiques englobent des résidus de bastnaesite. La continuation de l'altération conduit à la formation de masses de monazite fortement imprégnées de produits ferrugineux dans lesquelles ne subsistent plus que peu de résidus informes de bastnaesite.

2. ALIGNEMENT BIGUGO-GITWARO-NYABIGATI:

Le remplissage filonien à Bigugo se présente sous forme de masses dures de couleur vert-clair, finement cariées, parcourues par des zones brun-chocolat irrégulières qui parfois s'étendent à l'entière du filonet dans les veinules de faible épaisseur. Les masses cariées vertes sont constituées de monazite finement fibreuse, en structures concentriques, disposées autour d'un vide ou d'un résidu de bastnaesite. Les zones brun-chocolat sont constituées par des cristaux de bastnaesite sans aucune trace d'altération, englobés dans un ciment ferrugineux.

Les relations entre les deux zones permettent d'imaginer comme suit la formation du minerai de Bigugo: minerai originel bastnaesite finement cristallisée englobée dans une gangue ferrugineuse; intervention de solutions apportant du phosphore qui mettent en solution et éliminent la gangue ferrugineuse, attaquent la bastnaesite et la transforment en monazite fibreuse. La structure cariée est un résultat de cette transformation et l'existence permanente de vides dans chaque carie, entre les parois en monazite et le résidu de bastnaesite englobé indique

que la transformation bastnaesite-monazite se fait avec diminution de volume.

Le minerai des carrières Nyabigati est fortement ocreux. Il peut s'agir du minerai du type Bigugo altéré par les agents atmosphériques les travaux s'y étant limités à une zone très superficielle.

3. ALIGNEMENT MUKASENYI-MURAMBI:

Cette région se caractérise par l'existence de pegmatites largement développées dans une masse de gneiss et d'amphibolites. La minéralisation est contenue dans des filons très nets recoupant les strates gneissiques, comportant peu de gangue et se localisant souvent au contact de pegmatites post-minéralisation (zones de réaction).

Les deux formes de minerai, massif et bréchique, coexistent. La région de Mukasenyi est caractérisée par le très intense développement de la silicification, s'attaquant ici d'une manière constante à la bastnaesite, ce qui ne s'observe pas dans le gisement de la grande carrière de Gakara.

Typiques pour le minerai de Mukasenyi sont les boutonnières (géodes?) rectangulaires dont les parois sont recouvertes, des deux côtés et se tournant le dos, par de très fins tapis de quartz pyramidés.

A Murambi une phase quartz-microcline-biotite, observée dans des veines logées dans la pegmatite, est également postérieure à la phase barytique.

* * *

De ce qui précède on peut décrire comme suit la succession des phases ayant conduit à la formation du gisement de terres rares actuellement exploité au Burundi:

— *Période de tectonisation*: formation d'un réseau de fractures, les principales paraissant s'intégrer en des alignements, sur les deux flancs d'une structure anticlinale.

— *1^{re} Période de minéralisation*: circulation d'éléments minéralisateurs par le réseau de fractures et dépôt dans celles-ci d'un minerai massif comportant, dans l'ordre de dépôt:

Bastnaesite, Biotite,

Sulfures (Pyrite et Galène)

Barytine, Quartz, Calcite (?) Minerais de fer.

— *Période dynamique subséquente*: les fractures, jouant à nouveau, les dépôts initiaux sont écrasés; c'est ainsi que se constitue le minerai bréchiforme.

— *2^e Période de « remaniement » de la minéralisation*: introduction de phosphate; la bastnaesite est transformée en monazite à partir des voies de pénétration facile: clivage et fissures; là où la bastnaesite est englobée dans une gangue ferrugineuse, elle est préservée de l'attaque par les solutions apportant le phosphore.

Aucune donnée d'observation ne nous permet de préjuger de la forme initiale de la gangue ferrugineuse (carbonates?).

— *Mise en place de pegmatites*: celles-ci suivent les mêmes voies de pénétration ce qui les met souvent en contact avec les filons; de faibles zones de réaction se forment à ces contacts.

— *3^e Période de minéralisation*: caractérisée par un apport régional de silice, la silicification s'exerçant principalement au dépens de la barytine (et peut-être de calcite), des gangues filoniennes, mais aussi au dépens des feldspaths des gneiss et, par places, de la bastnaesite et de la biotite; elle comporte:

une première phase de formation de silice microgrenue à inclusions dispersées;

une deuxième phase d'arrangement des inclusions en ogives;

une troisième phase de dépôt de quartz hyalin en cristaux pyramidés coaxiaux des ogives,

une dernière phase de dépôt de quartz hyalin en grandes plages polygonales et aussi de formation de centres d'élimination des inclusions et recristallisation de quartz hyalin en très grands cristaux bipyramidés.

— *Période d'hydratation*: phosphates hydratés de terres rares, minerais de fer secondaires, barytine secondaire.

VI. CONSIDERATIONS GENERALES (B.M.A.)

On divise normalement les métaux des terres rares, qu'on désigne souvent sous le nom générique de « lanthanides », en deux groupes: *le groupe cérique* (du lanthane de numéro atomique 57 au samarium de numéro atomique 62, soit les six éléments Lanthane La, Cérium Ce, Praséodyme Pr, Néodyme Nd, Prométhium Pm, et Samarium Sm) et *le groupe yttrique* (de l'euporium de numéro atomique 63 au lutétium de numéro atomique 71 soit les neuf éléments Europium Eu, Gadolinium Gd, Terbium Tb, Dysprosium Dy, Holmium Ho, Erbium Er, Thulium Tm, Ytterbium Yb et Lutetium Lu), auxquels on adjoint le scandium (21) et l'yttrium (39).

Dans les toutes dernières années, les métaux des « terres rares » ont fait l'objet de travaux aussi nombreux qu'abondants, ayant trait à tous les domaines pouvant les concerner, depuis leur géochimie jusque et surtout leurs propriétés et processus de séparation, les budgets de recherches pouvant être caractérisés d'astronomiques.

Les travaux américains sont éparpillés en une invraisemblable quantité de documents dont l'ampleur dépasse déjà les possibilités normales d'une enquête bibliographique tandis que les travaux soviétiques, non moins abondants — un institut de minéralogie, géochimie et cristallographie des « éléments rares » fonctionne auprès de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. — nous sont d'un accès plus facile par le monumental ouvrage publié à Moscou en 1964 sous la direction de K.A. VLASOV, rendu accessible par sa traduction en anglais de l'Israel Program for Scientific Translations (Jérusalem, 1966).

Un fait est actuellement bien établi: les « terres rares » sont des éléments pour la plupart très répandus dans la partie de l'écorce terrestre accessible à nos investigations. Si certains d'entre eux sont effectivement rares, d'autres sont plus abondants que certains éléments familiers. Les valeurs caractérisant cette abon-

dance varient d'un auteur à l'autre et les contestations ne manquent pas. Des valeurs souvent citées comme moyenne d'après GOLDSCHMIDT sont: Ce 46 ppm, contre Sn seulement 40; La 18 contre Pb 16, Mo 15, As 5; Eu 1,1 contre Hg 0,5, Bi 0,2, Ag 0,1. L'ensemble du groupe est très bien placé par son ordre d'abondance dans la nature et ses éléments sont présents dans plus de 170 minéraux.

L'abondance relative des différents éléments du groupe des lanthanides suit très nettement les deux règles générales de variation d'abondance des éléments établies par GAMOW et HARKINS: 1) cette abondance diminue progressivement quand le numéro atomique augmente et 2) chaque élément de numéro atomique impair est plus rare que les deux éléments de numéros pairs qui l'encadrent.

Dans la série de roches ignées: granites, syénites, diorites, gabbros-norites, périclites, la concentration des terres rares présente un maximum pour les syénites, celles à néphéline en particulier, puis diminue avec le degré de basicité. Ainsi, d'après GOLDSCHMIDT, la teneur en La passe de 43 ppm dans les granites à 430 ppm dans les syénites néphéliniques, pour tomber à 26 ppm dans les diorites, 9 ppm dans les gabbros et à zéro dans les dunites. Les roches granitiques contiennent normalement des quantités de terres rares égales à la valeur du Clarke de la croûte terrestre.

D'après VLASOV également (t. I, p. 254) des roches ignées basiques et des dépôts gabbroïques vers les dépôts hydrothermaux des granites acides il y a augmentation de la teneur en « terres rares », une diminution dans leur degré de dispersion, une division entre des compositions sélectives et, apparemment, un enrichissement en terres yttriques, les concentrations et division les plus élevées étant constatées dans des roches riches en alcalis et en éléments volatils (F, etc.).

Parmi les roches cristallophylliennes les gneiss sont souvent cités comme constituant siège préférentiel de localisation de minéraux des terres rares.

Pour placer les gisements de minerais de terres rares sur un diagramme de succession générale des gisements, P. Niggli sur son « tableau de séquence » (1929) range les fluo-carbonates de terres rares avec les pegmatites débutant la phase pegmatiti-

que-pneumatolytique. W. LINDGREN (1933) place également les gisements de minerais de terres rares alors connus (monazite principalement, allanite, euxénite, samarskite) parmi les dépôts minéraux des dykes pegmatiques. Dans des classifications géochimiques plus récentes (J.L. JAEGER 1957 et E. SZADECKY-KARDOSS 1958, *in* P. ROUTHIER 1963) les quinze éléments dits des « terres rares », série du lanthane, sont inscrits dans la famille des éléments pneumatolytiques et pegmatitiques.

On trouve dans VLASOV (t. I, p. 267 et seq.) une longue discussion sur les types génétiques des dépôts de terres rares. Il y est également constaté que durant les processus naturels de formation des dépôts métallifères la concentration des lanthanides est fortement aidée par les agents minéralisateurs volatils qui participent à leur transport. Leurs dépôts se forment surtout durant les derniers stades de la différenciation des formations endogènes, étant principalement associés avec des roches alcalines et des granites, ainsi qu'avec leurs pegmatites, pneumatolytes et hydrothermalites. Les nombreux gisements de terres rares actuellement connus sont classés suivant leurs *types génétiques* en un tableau (VLASOV, t. I, p. 269, *tableau 138*) que nous résumons ci-dessous:

ENDOGENES

I. Association avec des roches alcalines ultrabasiques

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1. Pyroxénites à perovskite | URSS d'Europe |
| 2. Carbonatites à burbankite | Sibérie (URSS), Araza (Brésil) |

II. Association avec des roches granitiques

a) séries gabbroïques

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 3. Skarns à apatite et magnétite | Ourals |
|----------------------------------|--------|

b) séries granitiques

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 4. Pegmatites à allanite et monazite | Asie centrale soviétique |
| 5. Skarns à orthite et monazite | Lemhi County (USA) |
| 6. Hydrothermalites à monazite | Steenkampskraal (Sud-Afrique) |

c) séries alcalines

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 7. Skarns à célite | Bastnaës (Suède) |
| 8. Hydrothermalites à bastnaesite | Mountain Pass (USA) |

III. Association avec des syénites néphéliniques et alcalines

- | | |
|--|---------------|
| 9. Ijolites à apatite | URSS d'Europe |
| 10. Roches néphéliniques à loparite | |
| 11. Syénites à néphéline - sodalite avec | |

steenstrupine	Groenland méridional
12. Pegmatites de syénite néphélinique avec steenstrupine	Groenland méridional
Pegmatites de syénite néphélinique avec rinkolite	URSS d'Europe
13. Pegmatites de syénites alcalines avec ancylite	Sibérie
14. Pegmatites de syénites néphéliniques avec aeschynite et britholite	Ourals, Sibérie
15. Fénites à allanite et chevkinite	Ourals, Sibérie

EXOGENES

16. Zone d'altération de syénites alcalines à bastnaesite	Sibérie
17. Zone d'altération de granites à monazite	Sierra Leone
18. Placers à monazite: côtiers	Travancore (Inde)
alluviaux	Idaho (USA)

METAMORPHOGENIQUES

19. Placers métamorphisés à monazite	Palmer (USA)
20. Schistes et gneiss métamorphiques à monazite et orthite	Travancore (Inde)
	Vrede (Sud-Africa)
	Sibérie (URSS)

Nous avons reproduit ce tableau tel qu'il figure dans l'ouvrage de VLASOV. Le Professeur DE MAGNÉE nous a fait remarquer qu'au type 19 on devrait ajouter le placer à monazite du col du Grand-St-Bernard, versant italien, intercalé dans les gneiss alpins et qu'il y manque également les concentrations de monazite purement sédimentaires (lentilles grises) du Congo, Sibérie, Bretagne.

Le gisement de terres rares de la Karonge, Burundi, n'est pas cité non plus dans le tableau des « types génétiques » ci-dessus. Les caractères que nous lui avons reconnu le placent parmi les *hydrothermalites à bastnaesite* dont Mountain Pass (San Bernardino County, California, USA) est cité comme exemple. Il nous semble utile de comparer les deux gisements tout en notant dès à présent ce qui les différencie: Mountain Pass doit être classé dans les séries alcalines, Gakara dans les séries granitiques.

Le district de Mountain Pass est constitué par un complexe de roches métamorphiques précambriennes recoupées par des roches carbonatées contenant une minéralisation en terres rares, en relation spatiale et génétique avec des roches éruptives riches

en potasse probablement aussi précambriennes (shonkinites, syénites, granites). Dans cette série de roches riches en potasse les roches mafiques (shonkinites = syénite mélanocrate à affinité alcaline, à plus de 50 % d'éléments foncés) sont les plus anciennes et les granitiques les plus récentes.

La roche principale donnant la tonalité du complexe métamorphique précambrien de Mountain Pass est un granite-gneiss œillé (granitic augen gneiss) dont la description est celle que nous avons donnée des gneiss de Gakara. Mais, quant à la composition, tandis qu'à Mountain Pass il s'agit de gneiss à biotite, à Gakara ce sont des gneiss à muscovite, la biotite y étant rare dans le voisinage des gisements.

A Mountain Pass les gneiss biotitiques s'intercalent avec des bandes de gneiss à grenats, des gneiss à hornblende, des amphibolites, toutes roches inconnues à Gakara où les gneiss muscovitiques sont associés à des horizons de gneiss très siliceux et contiennent des intercalations de quartzites.

A Mountain Pass la shonkinite, la syénite, le granite, forment des dykes s'orientant parallèlement au feuilletage des gneiss, la shonkinite étant la plus ancienne et à cristallisation la plus grossière. Sous cet aspect également la région de Gakara appartient à un domaine à caractère beaucoup plus acide que Mountain Pass: les roches granitiques sont muscovitiques ou à deux micas et les seules roches mélanocrates de la région, du type gabbro et dolérite, n'affleurent que dans des zones assez éloignées de la région minéralisée actuellement connue.

Le gisement de Mountain Pass comporte:

- un grand massif carbonaté,
- de nombreux filons (« well-defined veins »),
- des zones de faille (« mineralized shear zones ») caractérisées par des plans de cisaillement parallèles et par des brèches; dans les « shear zones » les minéraux utiles forment de fines veinules et enduits dans des zones carbonatées de plusieurs mètres d'épaisseur.

Le massif de roche carbonatée se présente en forme d'un sill recoupant le feuilletage général du complexe métamorphique précambrien, s'allongeant en direction nord-sud et pendant de 33° à 40° ouest. Sa longueur est de 750 m et sa puissance moyenne

de 65 m, ce qui donne une surface d'affleurement de l'ordre de 5 ha.

Cette masse carbonatée est considérée comme d'origine magmatique et formée par la différenciation d'un magma alcalin de shonkinite successivement en syénite, puis granite, pour conduire finalement à un produit riche en carbonates. Les structures de flux, les inclusions de gneiss, granite et shonkinite, l'altération de ses épontes, les contacts discordants, ses apophyses dans le complexe métamorphique, la concentration exceptionnelle en éléments des terres rares, plaident pour l'origine magmatique de ce produit carbonaté final qui peut contenir de 40 à 75 % de calcite, de 15 à 50 % de barytine et 5 à 15 % de bastnaesite.

En plus de la grande masse carbonatée on a levé dans la région de Mountain Pass quelques 200 filons et zones de faille minéralisées. S'il en existe de 6 m de puissance et 180 m de longueur, la plupart n'ont que des épaisseurs de 30 cm et moins et un faible développement en longueur et on estime que la surface du grand massif carbonaté est dix fois plus importante que la somme de celle de tous les filons et failles minéralisés du district.

Jusqu'à présent aucune masse carbonatée n'a été découverte dans le district à terres rares du Burundi, dont la minéralisation est entièrement contenue dans des zones de cisaillement bréchiées et dans des filons francs, plutôt de peu d'importance, constituant des stockwerks irréguliers et touffus. Si des « carbonatites » sont connues au Burundi, elles se trouvent dans des régions relativement éloignées de celle du gisement de terres rares.

A Mountain Pass, tout comme à Gakara, toutes les transitions existent entre des zones de gneiss cisailés et bréchiés avec introduction des minerais utiles en fines veinules et des filons francs plus ou moins épais, les zones de cisaillement n'étant pas très étendues en direction mais se disposant plutôt en relais. La minéralisation des zones de cisaillement, les filons francs, les veinules en fins chevelus dans des gneiss sont des dépôts effectués à l'intervention de solutions hydrothermales, produits de départ ultimes de la différenciation magmatique. Les actions hydrothermales expliquent dans le cas de Gakara, l'altération excessivement avancée des roches dans les zones minéralisées qui ont été pénétrées par les agents minéralisateurs. Un phénomène identique est signalé pour le gisement de bastnaesite des Gallinas

Mountains (New Mexico USA) également considéré comme hydrothermal.

Si on se représente le gisement de Mountain Pass comme composé d'un important tronc s'enracinant dans un magma alcalin et couronné par un chevelu de branches d'origine hydrothermale, alors *le gisement de Gakara actuellement connu ne représente que le chevelu de branches, le tronc de départ, s'il en existe, restant encore à découvrir.*

Il est évident que si le massif carbonaté principal de Mountain Pass peut représenter un produit final de différenciation magmatique visqueux et riche en éléments volatils, les veines franches, zones de cisaillement minéralisées et fins stockwerks chevelus sont le produit de l'action de solutions hydrothermales s'étant écartées du magma générateur, cela beaucoup plus à Gakara qu'à Mountain Pass. Il nous paraît logique de caractériser Gakara de gisement *téléthermal* ou de relativement basse température.

Le Professeur DE MAGNÉE, qui a bien voulu procéder à une lecture critique de nos conclusions a fait, au sujet du paragraphe précédent la remarque suivante, que nous reproduisons textuellement:

Téléthermal est un terme discrédité, d'après le Prof. Routhier. Il a été inventé pour camoufler l'ignorance au sujet de la source d'une minéralisation de basse température. Pour Gakara, je m'en tiendrais au terme épithermal de Lindgren. Mais celui-ci s'applique bien au ciment à barytine et aussi à l'altération en monazite. Il se pourrait bien que la bastnaesite largement cristallisée se soit formée au-dessus de 200° et ne soit donc ni épithermale ni téléthermale. Il serait utile d'étudier les inclusions liquides pour préciser la température de cristallisation. La biotite associée fait penser à des températures supérieures à 300°.

L'étude des inclusions figurait à notre programme mais n'a pas encore pu être réalisée.

D'après VLASOV (t. I, p. 250) les dépôts hydrothermaux sont apparemment plus enrichis en terres cériques et particulièrement en lanthane que leurs roches mères et pegmatites. Son *tableau 127* (VLASOV, t. I, p. 252) donne la composition des terres rares dans des bastnaesites provenant de hydrothermalites associées à des roches granitiques, à des grano-syérites alcalines et à des granites alcalins ($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3 = 100\%$). Nous repro-

duisons ce tableau ci-dessous, en lui ajoutant une quatrième ligne concernant Gakara, qui montre une concordance satisfaisante avec la composition de la bastnaesite de hydrothermalites granitiques.

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
1. Hydrothermalites granitiques (Asie du Sud-Est)	27	54	4,1	14	0,3	nd	0,4
2. Hydrothermalites de granosyenites alcalines (Mt Pass)	42,4	44,9	3,5	8,4	0,8	nd	nd
3. Hydrothermalites de granites alcalins (URSS d'Europe)	33,0	51,0	4,5	11	0,3	nd	0,1
4. Gakara (Burundi)							
- ex Murata	28,9	48,0	4,3	15,1	1,3	nd	0,5
- moyenne d'analyses Goldschmidt (Essen)	29,0	48,2	4,7	16,0	1,5	0,27	nd
						nd = non dosé	

D'après VLASOV également, dans les dépôts hydrothermaux de minerais de terres rares les variétés de température de formation plus élevée se caractérisent par l'association magnétite-monazite, tandis que dans les variétés de basse température on observe l'association hématite-bastnaesite-fluorine-barytine. Sauf pour le manque de fluorine, Gakara est bien caractérisée par l'association gangue ferrugineuse (actuellement goethite)-bastnaesite-barytine.

La minéralogie du gisement californien est beaucoup plus complexe que celle du gisement du Burundi. Nous en donnons ci-dessous la comparaison:

Carbonates: la liste des minéraux carbonatés de Mountain Pass en comporte dix dont aucun n'est présent à Gakara.

Sulfates: la barytine est un élément essentiel dans les deux gisements, mais à Mountain Pass elle est accompagnée de célestine; la barytine de Mountain Pass peut contenir des pourcentages appréciables de Sr et souvent le minéral est plutôt de la célestine que de la barytine. La barytine du gisement burundien s'est également avérée strontifère.

Fluocarbonate: la bastnaesite est accompagnée à Mountain Pass de parisite, inconnue à Gakara.

Silicates: dans la liste de minéraux de Mountain Pass six silicates dont aucun n'est signalé à Gakara.

Sulfures: pyrite et galène communs dans les deux gisements, mais à Mountain Pass s'ajoutent des sulfures de cuivre.

Phosphates: monazite et apatite à Mountain Pass, seulement monazite à Gakara mais avec la différence qu'elle est primaire à Mountain Pass, secondaire par transformation de la bastnaesite à Gakara; cette transformation sur grande échelle est une caractéristique très particulière de Gakara, inexistante à Mountain Pass où la monazite est un élément accessoire de la minéralisation.

Phosphates hydratés: le rhabdophane de Gakara n'est pas signalé à Mountain Pass.

Fluorures: fluorine à Mountain Pass, absente à Gakara.

Molybdates: wulfénite à Mountain Pass, inconnue à Gakara.

Le strontium est présent à Mountain Pass sous forme de strontianite (carbonate) et de célestine (sulfate) sans oublier que la barytine est normalement strontifère. A Gakara, le seul minéral strontifère trouvé à ce jour est la goyazite, encore est-elle rare, mais les premières études entreprises (voir ci-dessus p. 94) montrent que « la barytine de Kasenyi contiendrait du strontium dans des proportions du même ordre de grandeur que celle de Mountain Pass ».

Il est signalé, à Mountain Pass, que la paragenèse est complexe et nullement identique en tous les points du gisement. Le tableau n'est pas différent à Gakara. Mais à Mountain Pass la bastnaesite apparaît comme s'étant déposée à plusieurs époques de la formation du dépôt ou s'être étalée sur une longue période de temps, tandis qu'à Gakara elle nous apparaît comme un minéral s'étant déposé entièrement en une phase initiale.

Nous lisons dans la publication d'OLSON *et al.* de 1954 (p. 43) que la bastnaesite de Mountain Pass est rarement corrodée et remplacée par d'autres minéraux. La silicification de la roche carbonatée est un phénomène qui existe à Mountain Pass, avec développement de « coxcomb structures coated with additional quartz » (fig. 13, p. 46 de la publication précitée). Mais en dehors de sa représentation sur une figure, il n'est même pas dé-

crit et rien n'indique donc que ce phénomène ait, à Mountain Pass, l'importance régionale de Gakara, où il atteint l'entièreté du gisement de Mukasenyi. La monazitisation de la bastnaesite et la silicification de la gangue barytique sont les signes particuliers à inscrire sur la carte d'identité du gisement du Burundi. Les deux phénomènes sont l'œuvre de la circulation de solutions hydrothermales (« largo sensu », c'est-à-dire pas nécessairement d'origine magmatique) dont la pénétration est facilitée par l'existence des zones de fracturation.

D'après VLASOV (t. I, p. 255 et 256) les processus d'altération modifient souvent le rapport entre les divers lanthanides. On constaterait que la capacité migratoire des terres yttriques est plus élevée que celle des terres cériques, quoiqu'on connaîtrait aussi des cas où les proportions relatives des diverses terres rares ne se modifient pas durant les phénomènes d'altération. Sous cet angle une étude est en cours sur le gisement du Burundi.

Une autre remarque qui nous a été faite par le Professeur DE MAGNÉE après lecture de nos conclusions nous paraît devoir être rapportée:

Soyons prudents pour la goethite qui, à ma connaissance, n'est jamais primaire dans un filon (incompatible avec la formation de sulfures). Elle peut provenir tout simplement de l'oxydation actuelle de pyrite ou sidérite/ankérite. Toutes les carbonatites d'Afrique Centrale sont coiffées de terres rouges latéritiques riches en goethite. A remarquer que la barytine peut être elle-même secondaire: p. ex. au Katanga elle alterne avec les encroûtements de malachite du chapeau de fer. D'où l'hypothèse que la barytine pourrait avoir comme origine première le très haut back-ground Ba-Sr des carbonatites. De la même façon la formation de monazite « secondaire » pourrait être liée à la haute teneur en phosphore (apatite) des carbonatites.

Nous nous sommes expliqués plus haut quant à l'impossibilité de déduire, dans l'état actuel des observations, la forme initiale de la partie ferrugineuse de la gangue. Toute explication par l'existence de carbonatites se heurte au manque d'observation de tout massif carbonaté dans la région des gisements.

Quant à l'origine du phosphore le Professeur DENAEYER, lors de la présentation de ce travail, a demandé si les roches encaissantes, gneiss surtout, ont été examinées quant à leur teneur en apatite, élément accessoire normal des gneiss et pouvant avoir

fourni le phosphore de la monazitisation. Nous comptons entreprendre la recherche préconisée par le Professeur DENAEYER.

Des nombreux types de gisements de minerais de terres rares seulement certains peuvent atteindre une importance économique: les sables côtiers (Travancore, Indes) et alluviaux (Idaho, USA), les pegmatites granitiques (Norvège et USA), les dépôts hydrothermaux (Scrub Oaks, USA, et Burundi), les carbonatites à bastnaesite (Mountain Pass, USA). Les dépôts magmatiques, exogènes et métamorphiques, sont généralement de grandes dimensions, présentent des structures massives et des réserves considérables. Les dépôts pegmatitiques, pneumatolytiques et hydrothermaux sont en forme de filons et stockwerks, donc de dimensions faibles et de continuité moindre, présentant aussi de ce fait de grandes difficultés de prospection et d'exploitation. Le gisement du Burundi n'échappe pas à cette règle.

VII. REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à M. Jean-Louis VAN DEN BRANDEN, Président de la société SOMIKA/Burundi. Sans son approbation cette étude n'aurait pu être menée à bonne fin.

Tous nos remerciements s'adressent à M. l'ingénieur Willem KRENNING, directeur au Burundi de la SOMIKA. Non seulement il a récolté et mis à notre disposition de nombreux échantillons intéressants, mais il nous a continuellement mis au courant de toutes les observations importantes faites par lui au cours des travaux et qui auraient été autrement perdues.

Nous avons une dette de gratitude à payer au Chef du Service Mines et Géologie du Burundi, M. Aloys NDENZAKO. C'est grâce à son autorisation que nous avons pu bénéficier de l'aide des géologues de son service MM. Robert RAMELOT et Jean-Claude LAMBEAU pour compléter le levé d'une carte géologique d'ensemble de la région de Gakara.

Au Professeur Y. DE MAGNÉE, nous devons la critique constructive de nos conclusions, faite avec son amabilité et efficacité coutumières. Qu'il soit également remercié pour des conseils continuels donnés au cours du développement du travail.

M. le Professeur Jacques THOREAU nous a aimablement prêté des échantillons prélevés par lui et nous a fait bénéficier de renseignements précieux.

Nous savons gré à M. le Professeur M.-E. DENAEYER pour son intervention lors de la présentation du travail.

Des remerciements sont dus à MM. Lucien CAHEN et Jacques LEPERSONNE, respectivement Directeur du et Chef de Département au Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren. Ils ont mis à notre disposition une série d'échantillons et de lames minces et consenti la publication des observations faites.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

1. APLONOV (V.S.) & PETROVA (N.V.): New data on the mineralogy of rare earths in the Northern Verkhoyansk region. (*Nauk. Issled. Inst. Geol. Arktiki, Ucheneye Zap., Regional. Geol., Leningrad*, 1965, n° 6, 155-161) (en russe) (*Miner. Abstr.*, 1968, 19, 143).
2. BANDURKIN (G.A.): Irregular variation of properties in the rare earth group (*Geochemistry International*, 1964. Translation from *Geokhimiya*, 1964, n° 1, 1-3).
3. BUTTGENBACH (H.): Orientation d'inclusions dans des cristaux de calcite et de quartz. (*Ann. Soc. géol. Belgique*, 1940, 63, 202-205).
4. CAHEN (L.) & SNELLING (N.J.): The geochronology of Equatorial Africa. 1966.
5. CAHEN (L.) & LEPERSONNE (J.): The Precambrian of the Congo, Rwanda and Burundi. (The Geologic Systems. The Precambrian, 1967, 3, 188).
6. DEVISMES (P.), GUIGUES (J.), LAURENT (Y.) & PARFENOFF (A.): Première découverte de florencite en France. (*Bull. Soc. franç. Miner. Crist.*, 1968, 91, 500-502).
7. EVANS (J.R.): California's Mountain Pass mine now producing europium oxide. (*Mineral Information Service, Div. Mines, State of California*, 1966, 18, 23-32).
8. FISHER (D.J.): Pegmatite phosphates and their problems. (*Amer. Miner.*, 1958, 43, 181-207).
9. GARSON (M.S.): Carbonatite and agglomeritic vents in the western Shire Valley. (*Mem. Geol. Surv. Malawi*, 1965, 3, 167 pp.) (*Miner. Abstr.*, 1966, 17, 730).
10. GARSON (M.S.): Carbonatites in southern Malawi. (*Bull. Geol. Surv. Dept. Malawi*, 1965, 15, 128 pp.) (*Miner. Abstr.*, 1968, 19, 234).
11. GLASS (J.J.) & SMALLEY (R.G.): Bastnäsite from the Gallinas Mountains, Lincoln County, New Mexico. (*Amer. Miner.*, 1945, 30, 601-615).
12. HARKER (A.): Metamorphism (Methuen, London, 1939, 362 pp.).

13. HOLT (D.N.): The Kangankunde Hill rare earth prospect. (*Bull. Malawi Geol. Surv.*, 1965, 20, 130 pp.) (*Miner. Abstr.*, 1965, 17, 369).
14. JAFFÉ (F.C.) & COLLINS (B.): Rare-earth concentrations in the South Ruri carbonatite in western Kenya. (*Inst. Min. Metall., London*, 1969, 178, n° 756, B 161-B 163).
15. LINDGREN (W.): Mineral Deposits. (New York & London, 1933).
16. MCKIE (D.): Goyazite and florencite from two African carbonatites. (*Miner. Mag.*, 1962, 33, 281-297).
17. MIKHEEV (V.I.): Roentgenometricheskii opredelitel mineralov. (Moscou, 1957, I, 877 pp. et 1965, II, 363 pp.).
18. MITCHELL (R.S.) & GEITGEY (R.P.): Barian florencite, weinschenkite and rhabdophane from a perrierite-bearing pegmatite in Amherst County, Virginia. (*Southeastern Geol.*, 1968, 9, 143-150). (*Miner. Abstr.*, 1969, 20, 147).
19. MONTEYNE-POULAERT (G.), DELWICHE (R.) & CAHEN (L.): Ages de minéralisations pegmatitiques et filonniennes du Rwanda et du Burundi. (*Bull. Soc. belge Géol.*, 1962, 71, 210-222).
20. MURATA (K.J.), ROSE jr. (H.J.), CARRON (M.K.) & GLASS (J.J.): Systematic variation of rare-earth elements in cerium-earth minerals (*Geochim. Cosmochim. Acta*, 1957, 11, 141-161).
21. NIGGLI (P.): Ore deposits of magmatic origin. (London, 1929).
22. OLSON (J.C.), SHAVE (D.R.), PRAY (L.C.) & SHARP (W.N.): Rare earth mineral deposits of the Mountain Pass district, San Bernardino County, California. (*Geol. Surv. Prof. Paper*, 1954, n° 261, 75 pp., 19 figs., 13 pl.).
23. OLSON & WALLACE (S.R.): Thorium and Rare-earth minerals in Powderhorn district, Gunnison County, Colorado. (*Bull. Geol. Serv. Amer.*, 1956, n° 1027, 693-723.).
24. PARKER (J.C.): Rare-Earth Elements (*in* Mineral Facts and Problems, Bur. Mines, Washington, 1965).
25. PASCAL (P.): Nouveau Traité de Chimie minérale. (Masson, Paris, 1959, tome 7).
26. POTY (B.): La croissance des cristaux de quartz dans les filons. (*Sci. Terre, Mém.*, Nancy, 1969, 17, 162 pp.).
27. PRAY (L.C.): Rare-Earth Elements (*in* Mineral Information Serv., Div. Mines, California, 1957, 10, n° 6, 8 pp.).
28. ROUTHIER (P.): Les gisements métallifères. (Masson, Paris, 1963).

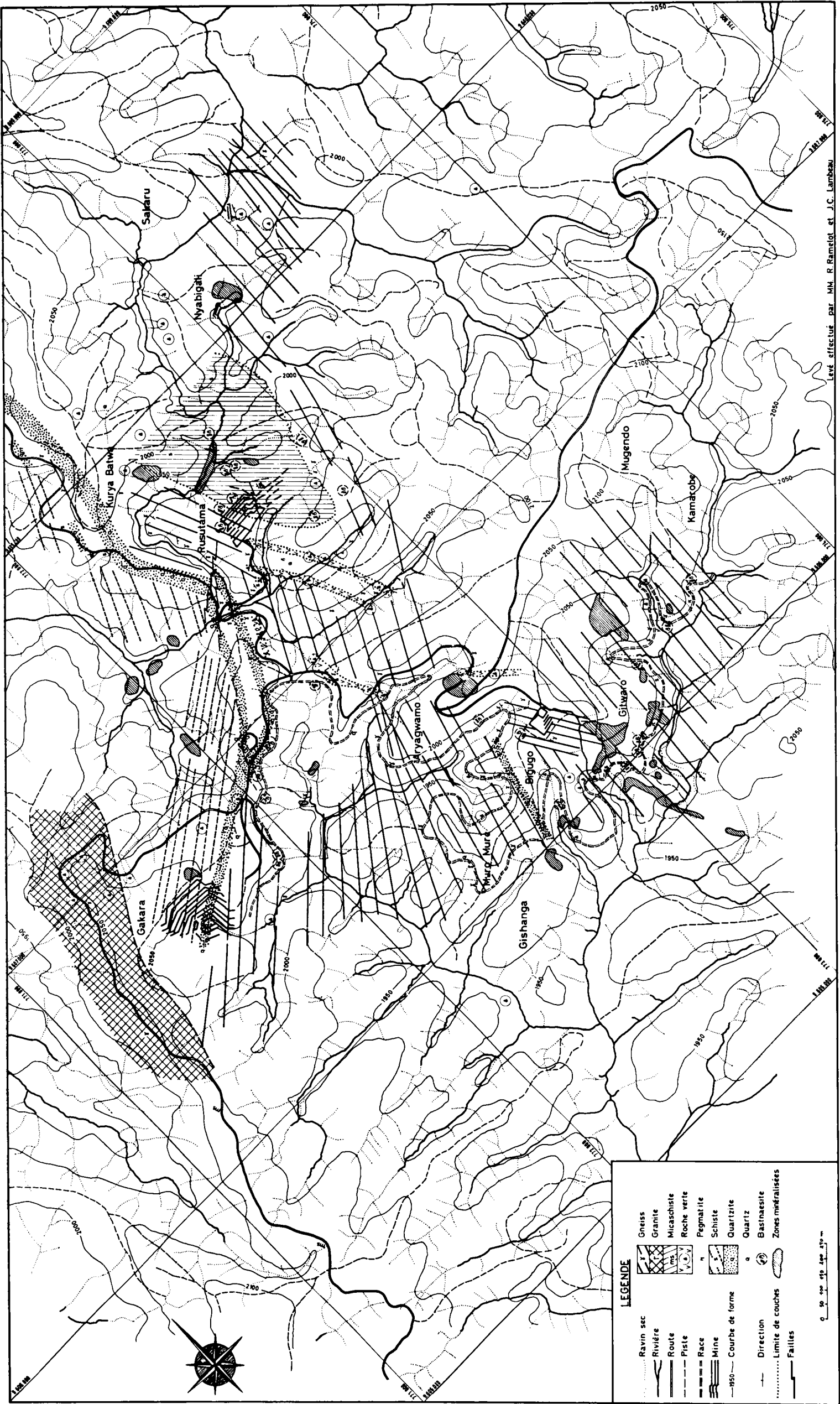
29. SOMINA (M.Y.) & BULAKH (A.G.): Florencite from the carbonatites of eastern Sayan and the chemical constitution of the crandallite group. (*Zap. Vses. Min. Obshch.*, 1966, 95, 537-550) (en russe) (*Miner. Abstr.*, 1967, 18, 204).
30. THOREAU (J.), ADERCA (B.) & VAN WAMBEKE (L.): Le gisement de terres rares de la Karonge (Urundi). (*Bull. Acad. roy. Sci. Outre-Mer, nouv. sér.*, 1958, 4, 684-715).
31. VARLAMOFF (N.): Présence d'un minéral du groupe goyazite-gorceixite dans les concentrés des alluvions de certains affluents de la région Lowa, Maniema, Congo (ex-belge). (*Bull. Acad. roy. Sci. Outre-Mer, nouv. sér.*, 1964, 904-912).
32. VLASOV (K.A.): Geochemistry and Mineralogy of Rare Elements and genetic types of their deposits. (Moscou 1964. Translat. Israel Progr. Sci. Transl., Jérusalem, 1966, 3 volumes).

TABLE DES MATIERES

Résumé	4
Samenvatting	5
Summary	6
Zusammenfassung	8
Резюме	10
 I. INTRODUCTION (B.M.A.)	 12
 II. GEOLOGIE DU GISEMENT (B.M.A.)	 15
II. A: Stratigraphie	15
II. B: Tectonique	21
II. C: Minéralisation	28
 III. ETUDE DES ASSOCIATIONS MINERALES (B.M.A.)	 29
III. A: Alignement Gakara-Rusutama	29
III. A 1: <i>Gisement de Gakara</i>	29
III. A 1 a: <i>minerai massif</i>	29
III. A 1 b: <i>minerai bréchiforme</i>	35
III. A 1 c: <i>contact filon - éponte quartzitique</i>	57
III. A 2: <i>Gisement de Rusutama</i>	61
III. B: Alignement Bigugo-Gitwaro-Nyabigati	65
III. B 1: <i>Gisement de Bigugo</i>	65
III. B 2: <i>Gisement de Nyabigati</i>	67
III. C: Alignement Mukasenyi-Murambi	68
III. C 1: <i>Gisement de Mukasenyi</i>	69
III. C 2: <i>Minerai de la Mugere</i>	81

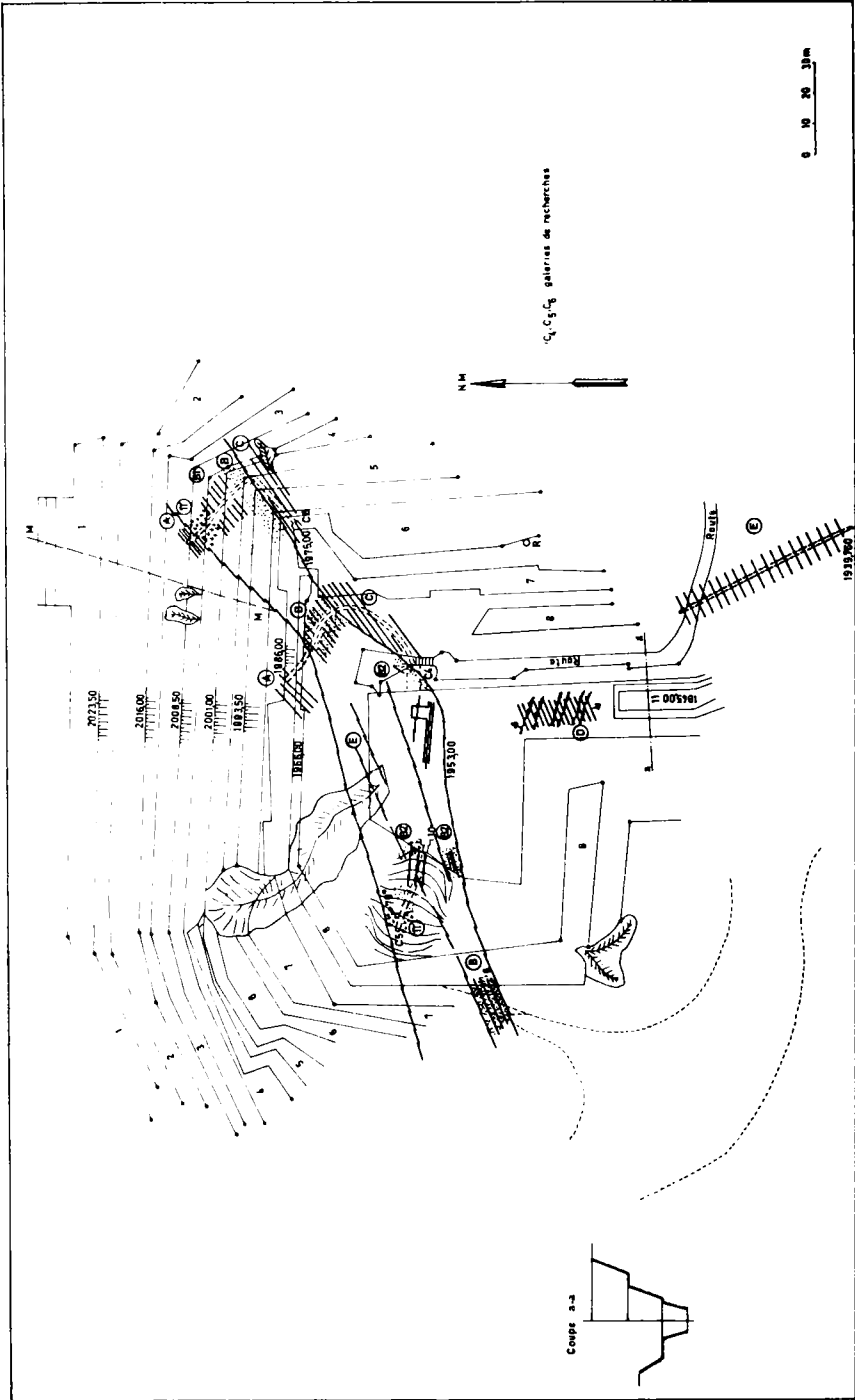
IV. IDENTIFICATIONS MINÉRALOGIQUES (R.V.T.)	83
1. Bastnaesite	83
2. Monazite	87
3. Rhabdophane	88
4. Goyazite	91
5. Barytine	93
6. Goethite	95
7. Kaolinite	96
V. CONCLUSIONS (B.M.A.)	98
VI. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES (B.M.A.)	103
VII. REMERCIEMENTS	114
VIII. BIBLIOGRAPHIE	115

Planche I



Levé effectué par MM. R. Rametot et J.C. Lambeau

Planche II



ETAT DES TRAVAUX AU 1.1.1970

Planche II a

Planche III

Planche III

Echantillon de pastures massive envahie par la monazite (voir p. 31)

grandeur naturelle

Planche III

Echantillon de bastnaesite massive envahie par la monazite (voir p. 31)

grandeur naturelle

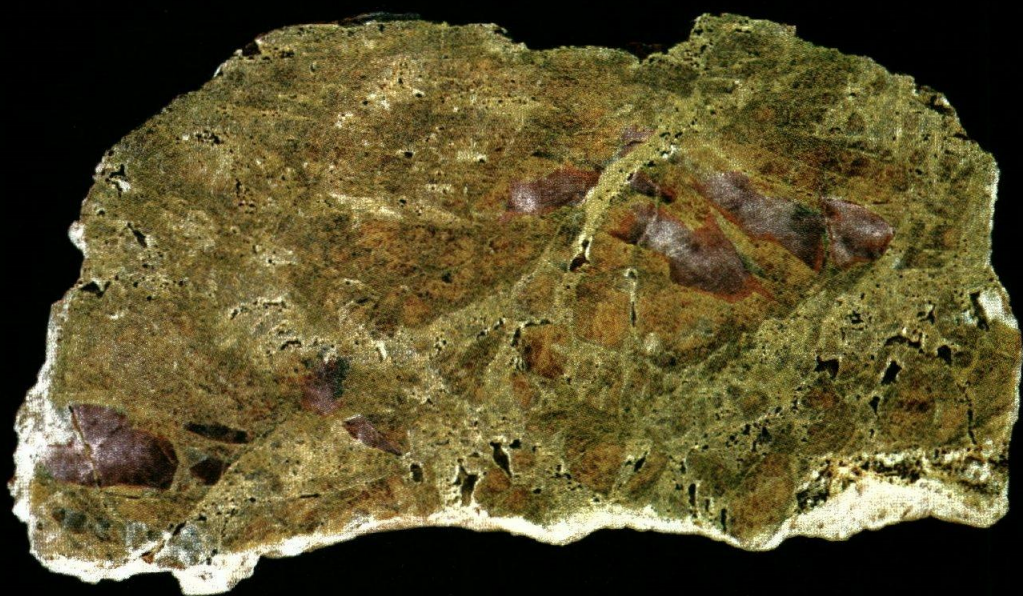


Planche IV

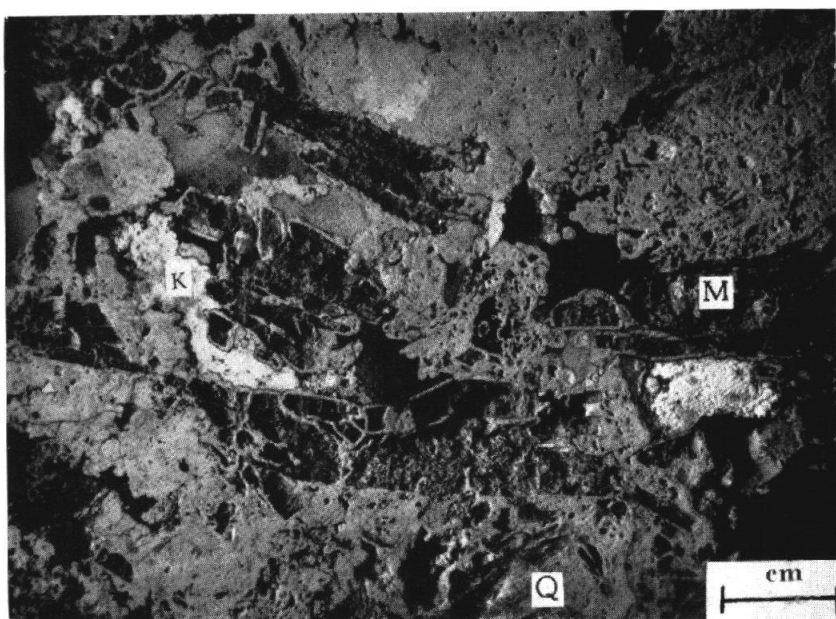
Bouveau W. Gakara, niveau 1964-70 m.

1. Echantillon R.B. 7149,
M: Basaltesite à clous de monazite
Q: Quartz
K: Kaolinite
2. Echantillon R.B. 7146,
K: fêches: Kaolinite, RX 5904

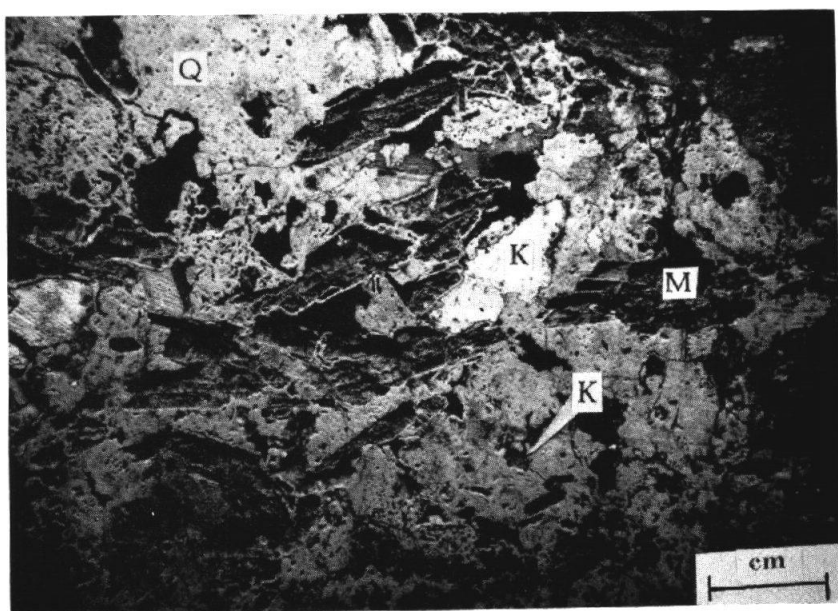
Planche IV

Bouveau W Gakara, niveau 1964,50 m.

1. Echantillon R.B. 7149,
M: Bastnaesite à cloisons de monazite
Q: Quartz
K: Kaolinite
2. Echantillon R.B. 7146,
K, flèche: Kaolinite, RX 2904



1



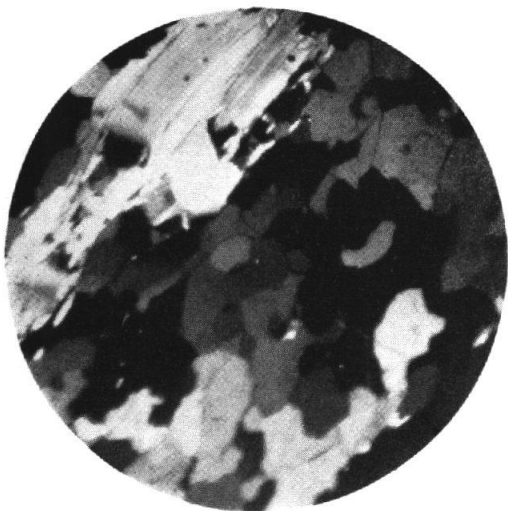
2

Planche V

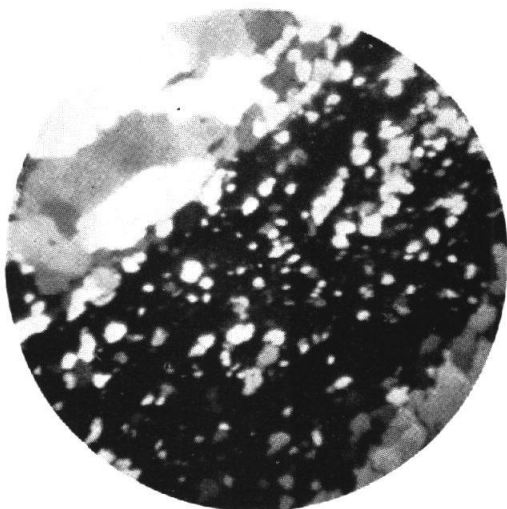
1. lame 11709, Quartzite des chûtes de la Karouge
($\times 32$, nicols x)
2. lame 11710, Quartzite de la carrière Gakara
($\times 32$, nicols x)
3. lame A2, Gneiss dans le travers-pauces inférieur de Gakara à 1940 m.
($\times 32$, nicols x)
4. lame 1192, Aspect papilone de gneiss aillé
($\times 32$, nicols x)
5. lame 1196, Ech. Gakara d' autre aspect de gneiss aillé
($\times 32$, nicols x)
6. lame 1194, Grande plaque de felspath d'orientation oblique uniforme (à l'extinction) envaspie par la sification
($\times 32$, nicols x)

Planche V

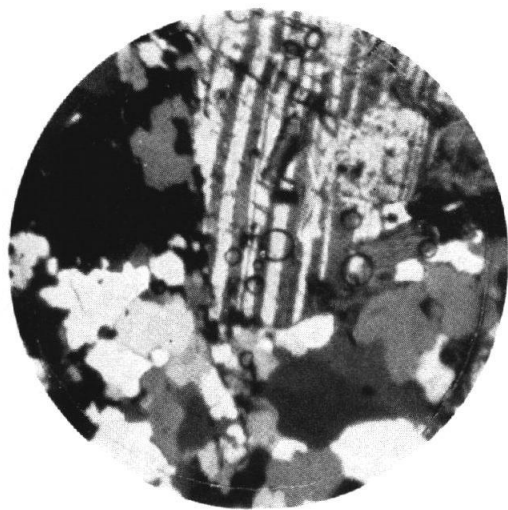
1. lame 11,709, Quartzite des chûtes de la Karonge
(\times 35, nicols x)
2. lame 11.710, Quartzite de la carrière Gakara
(\times 35, nicols x)
3. lame A2, Gneiss dans le travers-bancs inférieur de Gakara à 1940 m.
(\times 35, nicols x)
4. lame 1195, Aspect typique de gneiss œillé
(\times 35, nicols x)
5. lame 1196, Ech. Gakara 6, autre aspect de gneiss œillé
(\times 35, nicols x)
6. lame 1194, Grande plage de feldspath, d'orientation optique uniforme (à l'extinction) envahie par la silicification
(\times 35, nicols x)



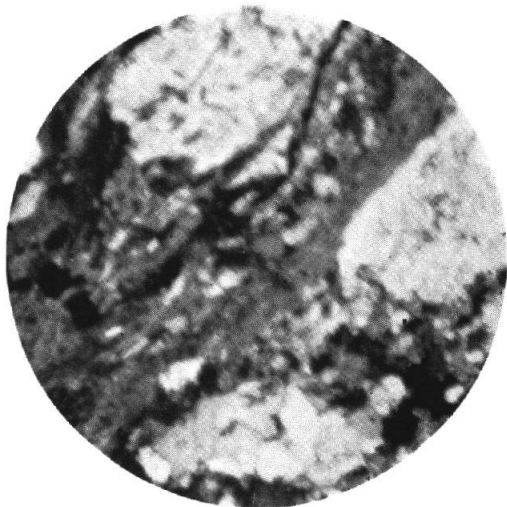
1



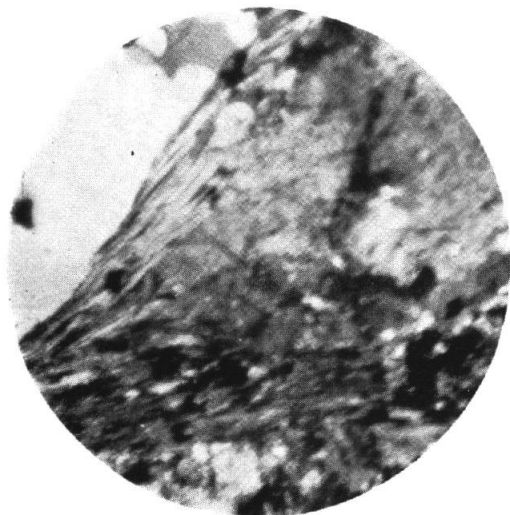
2



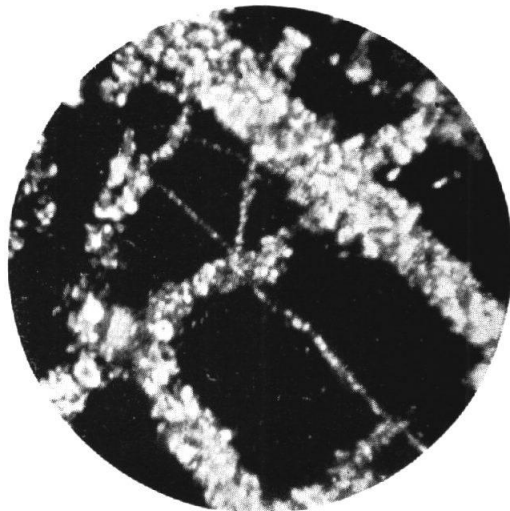
3



4



5



6

Planche VI

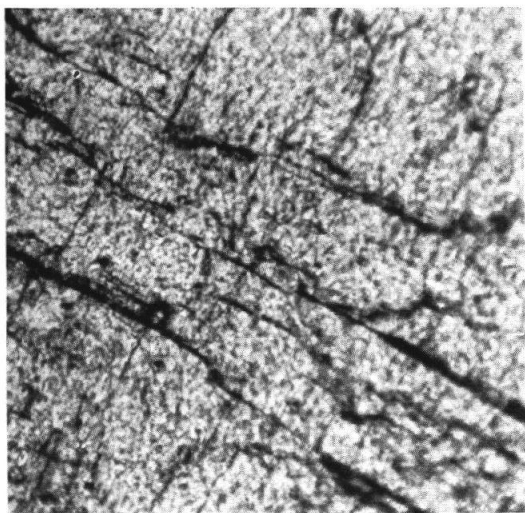
Carrière Gakara

1. lame 1142 Bastnaesite massive avec fins débris de monazite le long de ses
clivages
($\times 20$, nicols \\\)
2. lame 1147 (Ech. B 9271) Bastnaesite massive envahie par la monazite le
long de clivages et cardinesures
($\times 32$, nicols \\\)
3. lame 1138 (Ech. B 6247) Bastnaesite massive avec bréche triangulaire
tapissée de monazite rouge; même plaque reproduite par la
fig. 7 du texte
($\times 32$, nicols \\\)
4. lame 1139 (Ech. B 6248) même phénomène que dans la lame précédente
($\times 32$, nicols \\\)
5. lame K.316 Gmelinides d'origines siliceuses autour de noyaux en partine
($\times 32$, nicols \\\)
6. lame K.316 même plaque entre nicols croisés

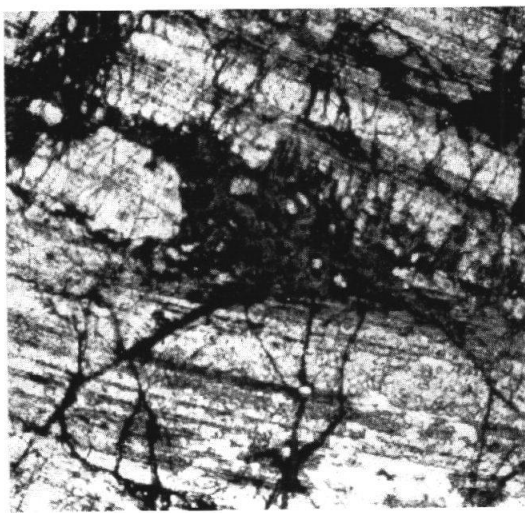
Planche VI

Carrière Gakara

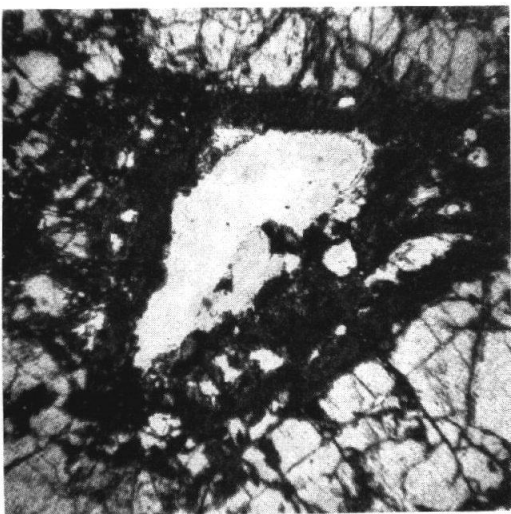
1. lame 1145 Bastnaesite massive avec fins dépôts de monazite le long de ses clivages
($\times 90$, nicols //)
2. lame 1147 (Ech. B 9971) Bastnaesite massive envahie par la monazite le long de clivages et craquelures
($\times 35$, nicols //)
3. lame 1138 (Ech. B 6247) Bastnaesite massive avec géode triangulaire tapissée de monazite rouge; même plage représentée par la fig. 7 du texte
($\times 35$, nicols //)
4. lame 1139 (Ech. B 6248) même phénomène que dans la lame précédente
($\times 35$, nicols //)
5. lame K.316 Guirlandes d'ogives siliceuses autour de noyaux en barytine
($\times 35$, nicols //)
6. lame K.316 même plage entre nicols croisés



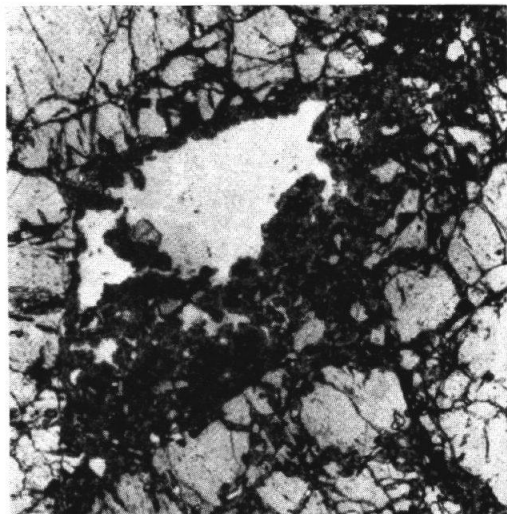
1



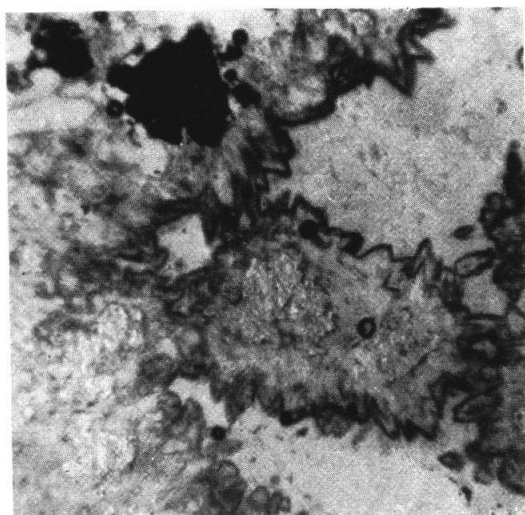
2



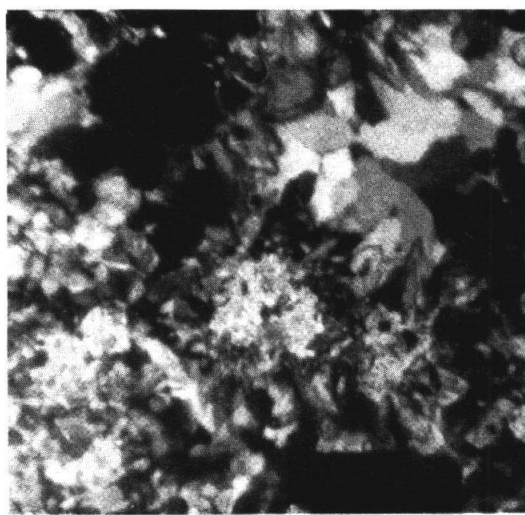
3



4



5



6

Planche VII

Carrière Gakara

1. lame 1129: Gèode à revêtement de rhabdophane et goethite
($\times 32$, nicols \\\)
2. lame 1129: Bastnaesite (Bt) recouverte par une épaisse couche de monazite
(M) (schéma fig. 13 du texte)
($\times 90$, nicols \\\)
3. lame 1129: Rhabdophane (Rh), Goethite (G), fines aiguilles de rhabdophane
(rh)
($\times 60$, nicols x)
4. lame 1128: Gèode à revêtement en couches concentriques de monazite —
monazite fortement imprégnée de goethite — rhabdophane
($\times 90$, nicols \\\)
5. lame 1128: Autre gèode. Sur la bastnaesite (Bt) couche de monazite (M) —
rhabdophane (Rh) — Goethite (G)
($\times 90$, nicols \\\)

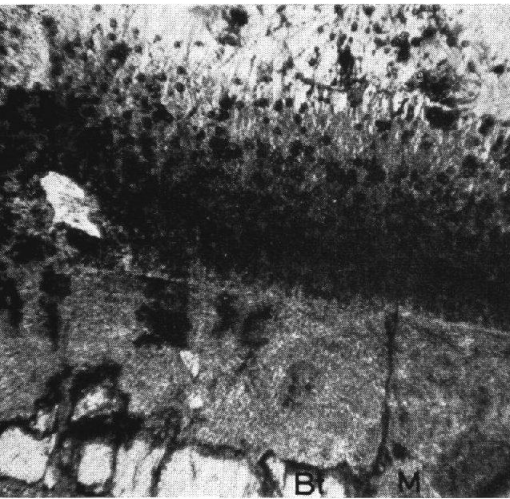
Planche VII

Carrière Gakara

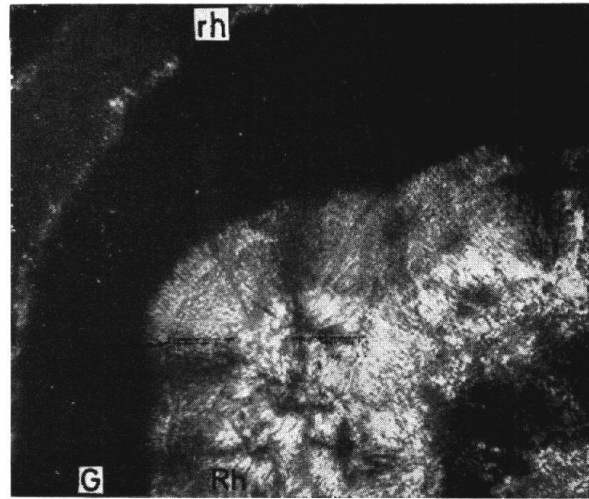
1. lame 1129: Géode à revêtement de rhabdophane et goethite
($\times 35$, nicols //)
2. lame 1129: Bastnaesite (Bt) recouverte par une épaisse couche de monazite (M) (schéma fig. 13 du texte)
($\times 90$, nicols //)
3. lame 1129: Rhabdophane (Rh), Goethite (G), fines aiguilles de rhabdophane (rh)
($\times 60$, nicols x)
4. lame 1128: Géode à revêtement en couches concrétionnées de monazite — monazite fortement imprégnée de goethite — rhabdophane
($\times 90$, nicols //)
5. lame 1128: Autre géode. Sur la bastnaesite (Bt) couche de monazite (M) — rhabdophane (Rh) — Goethite (G)
($\times 90$, nicols //)



1



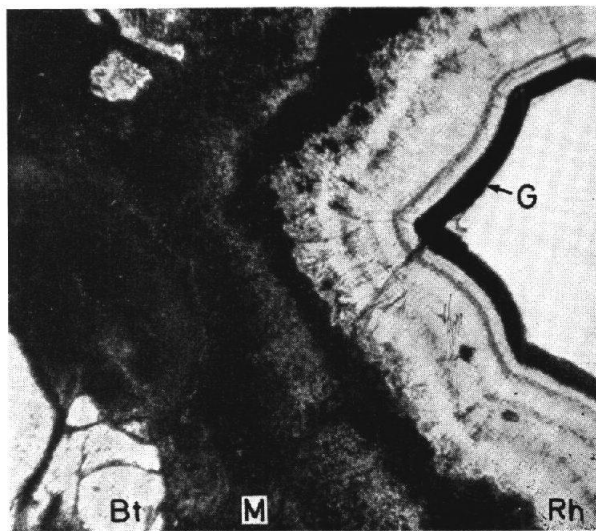
2



3



4



5

Planche VIII

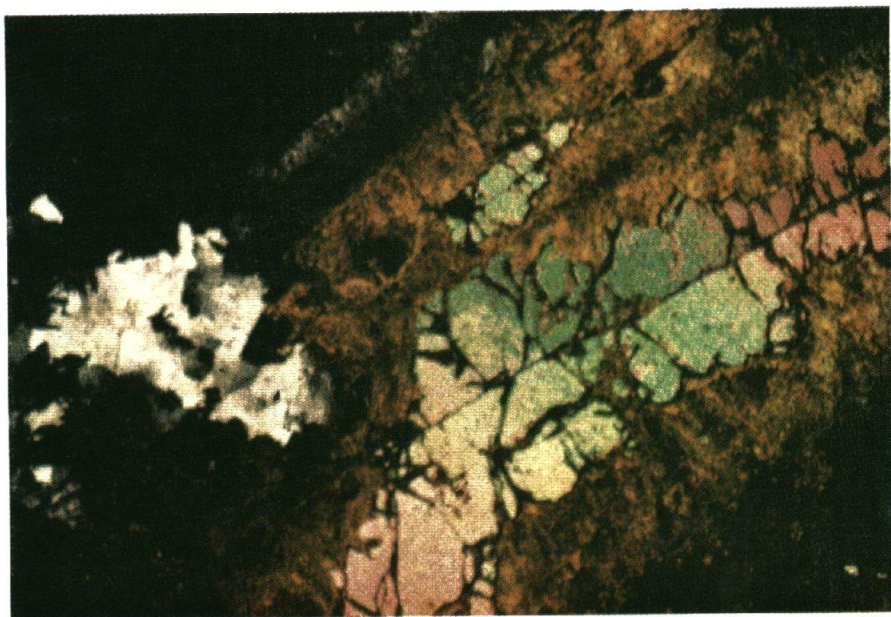
Carrière Gakara

1. lame 1139: Cristal de Bastnaesite rouge de toutes parts par la monazite; au résidu du même cristal isolé au milieu de la monazite
($\times 60$, nicols croisés)
2. lame 1144: Guirlandes de Rhabdophane fibreux; Koechite (noire) et durax
en mosaïque (blanc)
($\times 60$, nicols \\\)

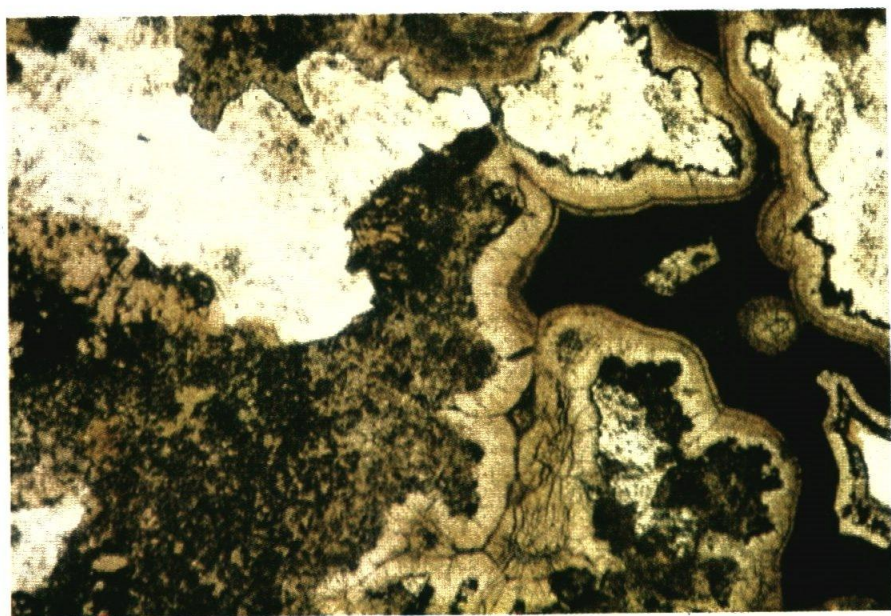
Planche VIII

Carrière Gakara

1. lame 1129: Cristal de Bastnaesite rongé de toutes parts par la monazite; un résidu du même cristal isolé au milieu de la monazite
($\times 60$, nicols croisés)
2. lame 1144: Guirlandes de Rhabdophane fibreux; goethite (noire) et quartz en mosaïque (blanc)
($\times 60$, nicols //)



1



2

Planche IX

Chautier Gakara

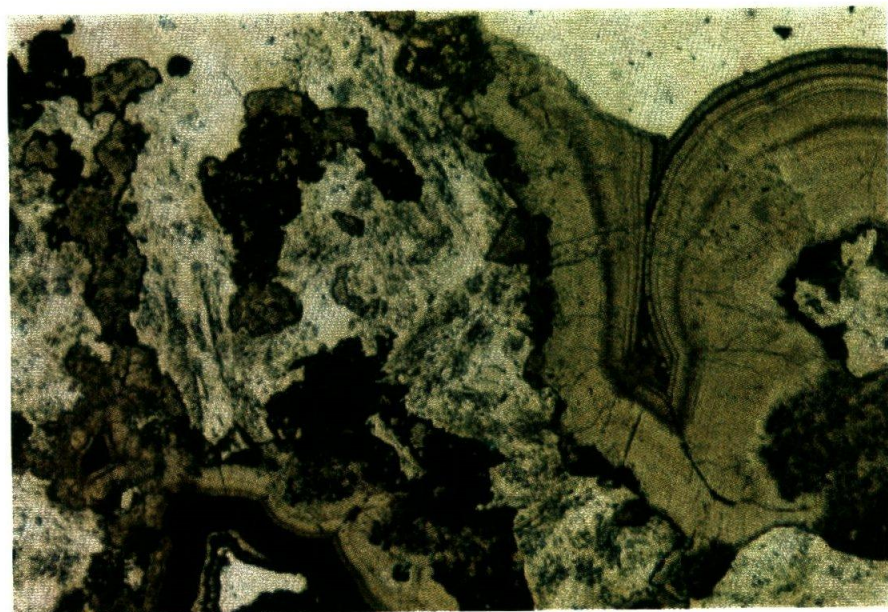
1. lame 1144: (Ech. C8) Gros pontignon de Rhabdophane; dans 2 inclusions
($\times 60$, lumière naturelle)

2. id. Même plaque entre nicols croisés

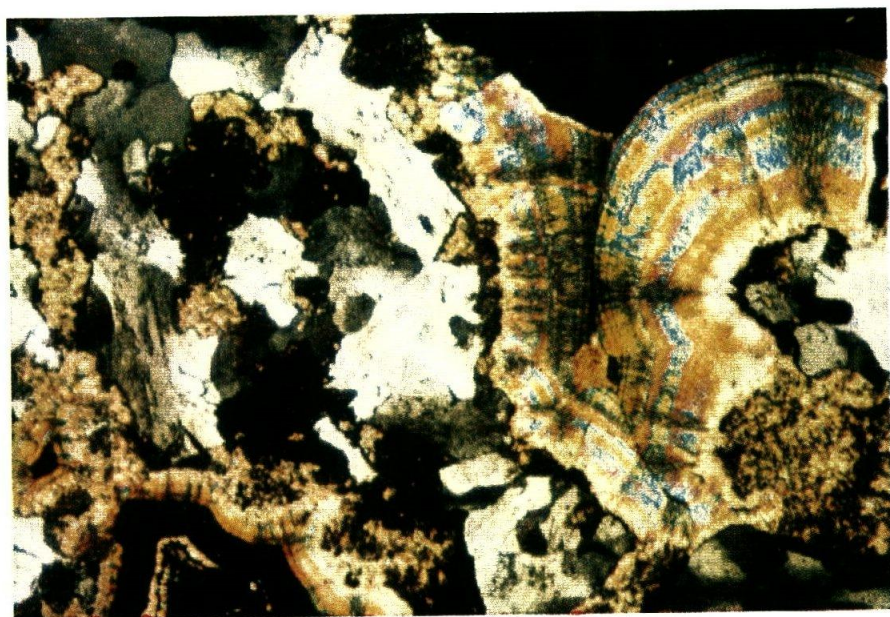
Planche IX

Chantier Gakara

1. lame 1144: (Ech. C8) Gros bourgeon de Rhabdophane; quartz à inclusions
($\times 60$, lumière naturelle)
2. id. Même plage entre nicols croisés



1



2

Planche X

Carrière Gakara

(X 60, lumière naturelle)
ralentement à gauche et à droite, dans plan en mosaïque
lamme 1144: Géo de allongée avec revêtement de Rhapdophane et Gœthier, l'ar-

Planche X

Carrière Gakara

- lame 1144: Géode allongée avec revêtement de Rhabdophane et Goethite; latéralement, à gauche et à droite, quartz blanc en mosaïque.
($\times 60$, lumière naturelle)

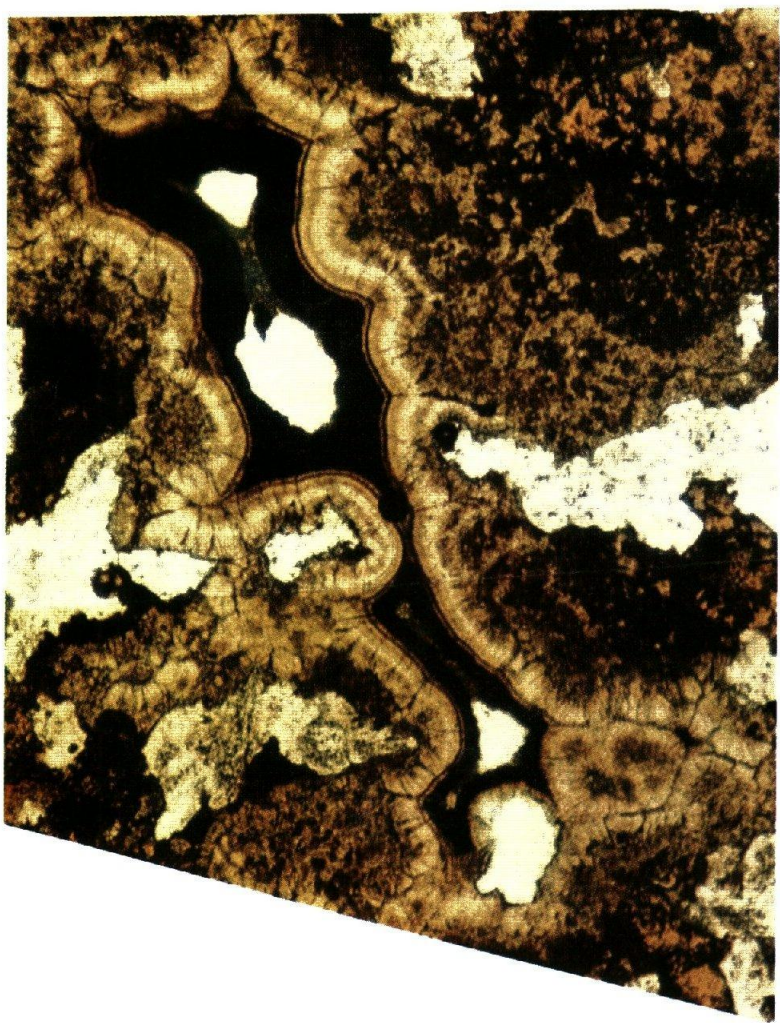


Planche X

Planche XI

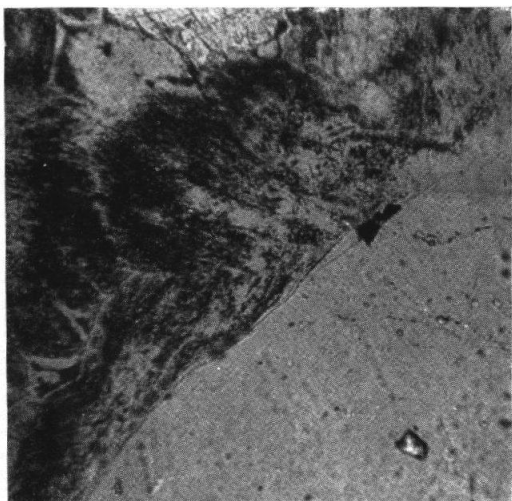
Carrière Gakara

1. lame 1100: structure en bordure d'un gros grain de quartz
($\times 90$, nicols \\\)
2. lame 1100: même plaque entre nicols croisés
3. lame 1100: fronts d'avancement, en triangle, de la silicification, dans l'angle
entre deux cristaux de pastasite
($\times 32$, nicols \\\)
4. lame 1100: même plaque entre nicols croisés
5. lame 1103: ogives à enveloppe de quartz hyalin coaxial
($\times 90$, nicols \\\)
6. lame 1103: ogive à enveloppe de quartz hyalin coaxial
($\times 400$, nicols \\\)

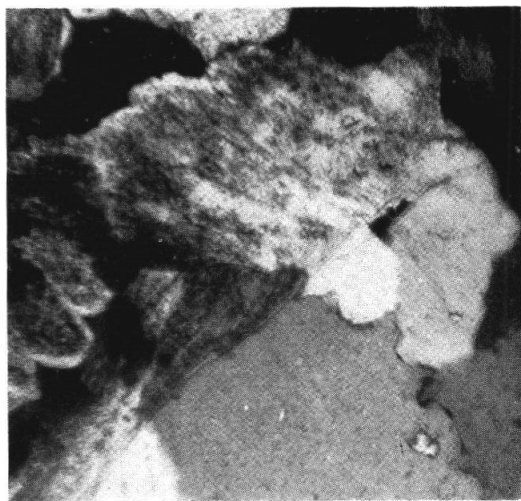
Planche XI

Carrière Gakara

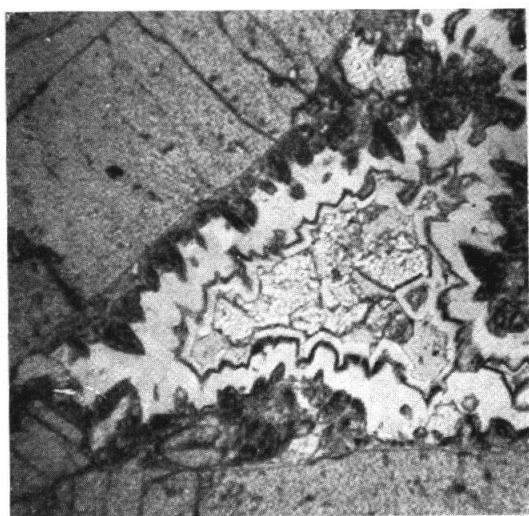
1. lame 1160: structure en bordure d'un gros grain de quartz
($\times 90$, nicols //)
2. lame 1160: même plage entre nicols croisés
3. lame 1160: fronts d'avancement, en triangle, de la silicification, dans l'angle
entre deux cristaux de bastnaesite
($\times 35$, nicols //)
4. lame 1160: même plage entre nicols croisés
5. lame 1193: ogives à enveloppe de quartz hyalin coaxial
($\times 90$, nicols //)
6. lame 1193: ogive à enveloppe de quartz hyalin coaxial
($\times 400$, nicols //)



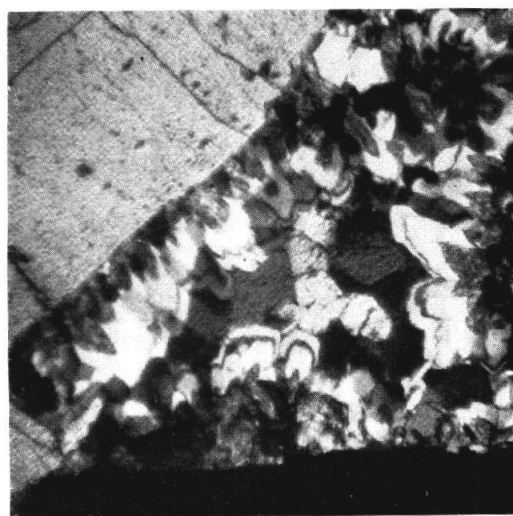
1



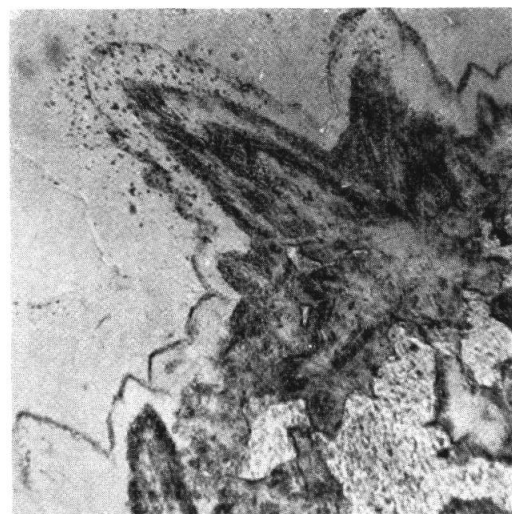
2



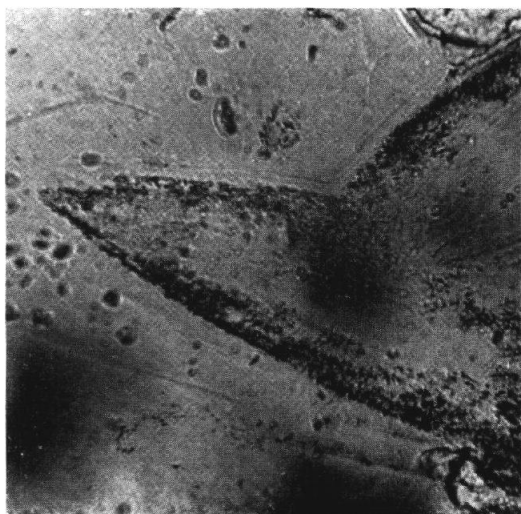
3



4



5



6

Planche XII

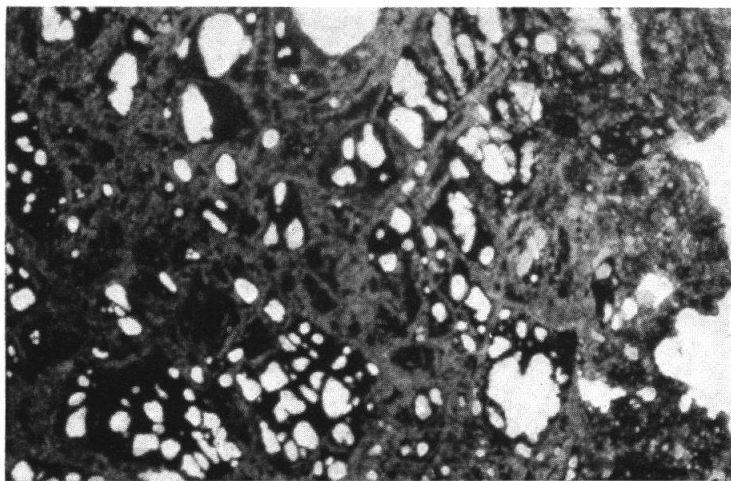
Carré Rusnana

1. lame 1171: structure cloisonnée résultant de l'envahissement de la
pastasite, suivant ses deux clivages, par la monazite
($\times 32$, nicols \\\)
2. lame 11713/1: relique d'un cristal de pastasite attaquée par la monazite-
tion et l'impregnation ferrugineuse
($\times 32$, nicols \\\)
3. Rhodophrase de Rusnana (\times grandeur naturelle)

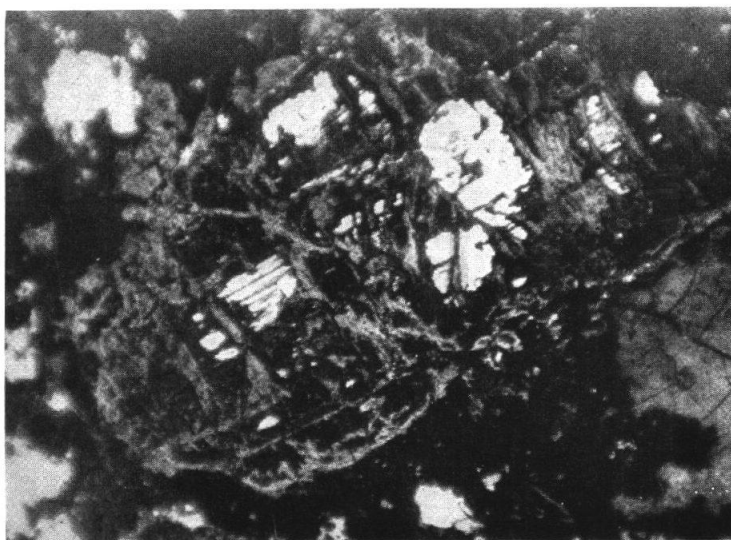
Planche XII

Carrière Rusutama

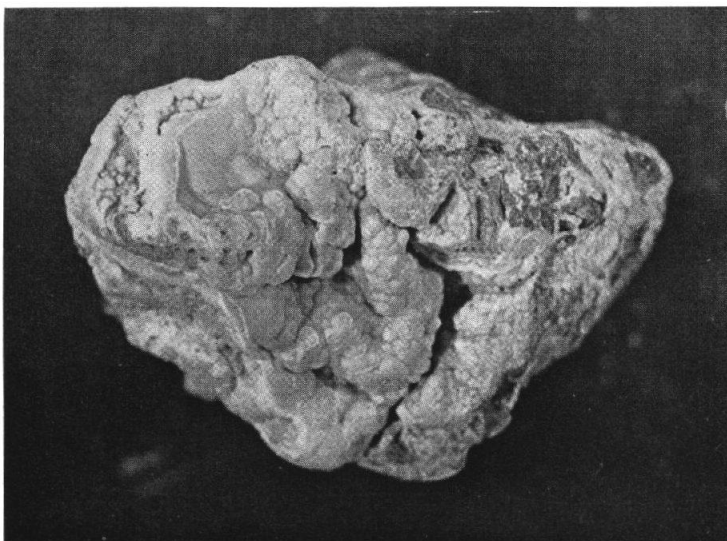
1. lame 1171: structure cloisonnée résultant de l'envahissement de la bastnaesite, suivant ses deux clivages, par la monazite
($\times 35$, nicols //)
2. lame 11.713/1: relique d'un cristal de bastnaesite attaqué par la monazitisation et l'imprégnation ferrugineuse
($\times 35$, nicols //)
3. Rhabdophane de Rusutama ($2 \times$ grandeur naturelle)



1



2



3

Planche XIII

Carrière Bigugo

1. lame 1191: limite entre la pasturesite fraîche dans ciment de goéthite et de la monasite verte carée, à structures concubines, renfermant des reliques de pasturesite
($\times 32$, nicols \\\)
2. lame 1191: autre aspect de la même limite
($\times 32$, nicols \\\)
3. lame 1192: aspect typique du minéral vert de Bigugo: monasite finement fibreuse à structure concubine entourant des reliques de pasturesite
($\times 32$, nicols \\\)
- Bt: Pasturesite
M: Monasite
G: Goéthite

Planche XIII

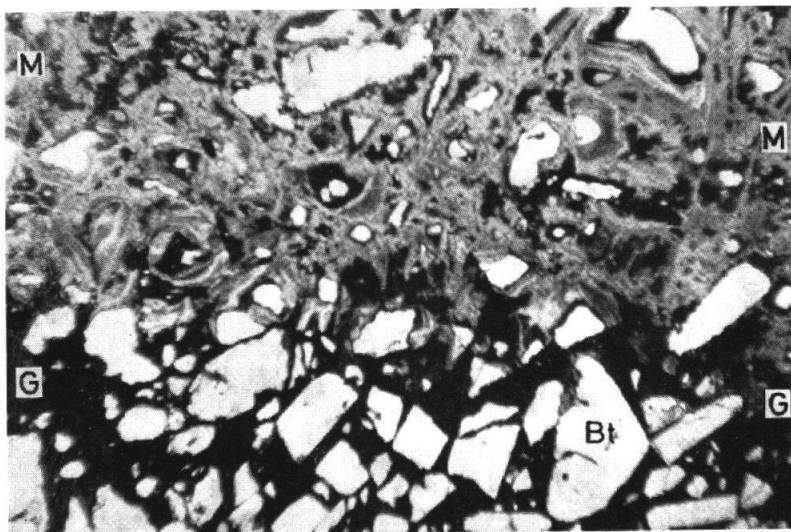
Carrière Bigugo

1. lame 1191: limite entre la bastnaesite fraîche dans ciment de goethite et de la monazite verte cariée, à structures concentriques, renfermant des reliques de bastnaesite
($\times 35$, nicols //)
2. lame 1191: autre aspect de la même limite
($\times 35$, nicols //)
3. lame 1192: aspect typique du minerai vert de Bigugo: monazite finement fibreuse à structure concentrique entourant des résidus de bastnaesite
($\times 35$, nicols //)

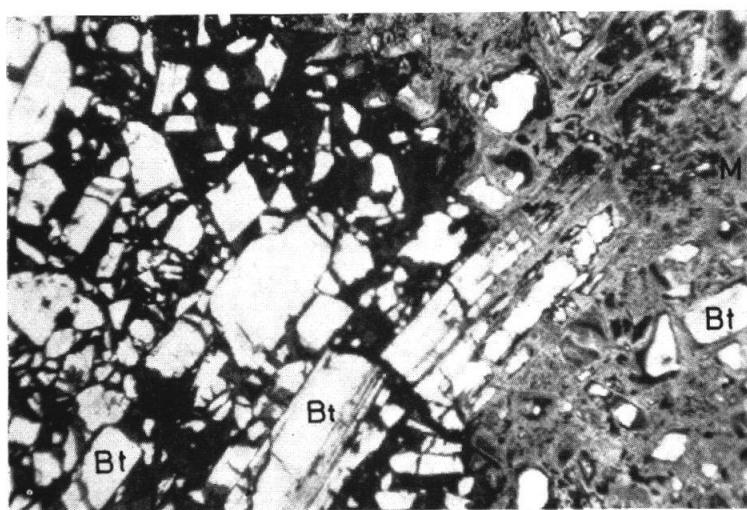
Bt: Bastnaesite

M: Monazite

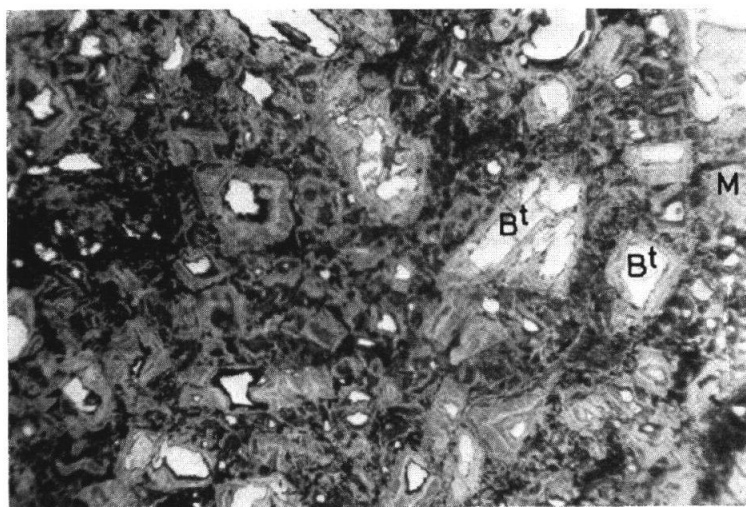
G: Goethite



1



2



3

Planche XIV

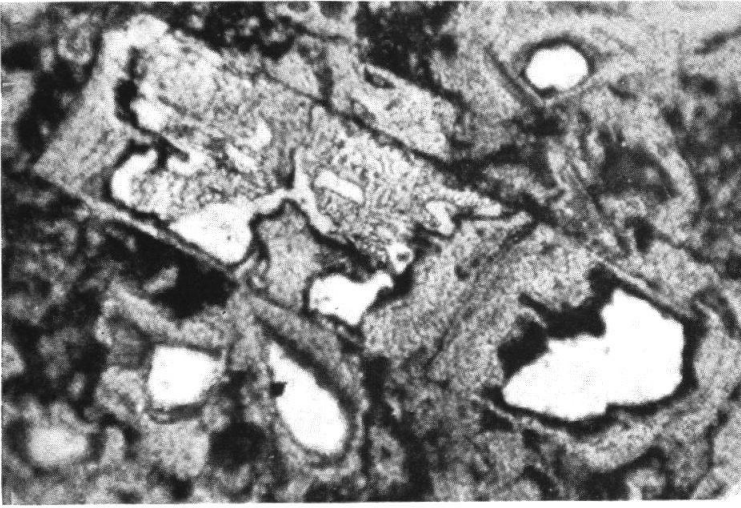
Carrière Binguo

1. lame 1192: fantôme de cristal de pastasite carié, remplacé par de la monazite verte
($\times 90$, nicols \\\)
2. lame 1192: carie tapissée de monazite fibreuse, incomplètement remplie par le résidu du cristal de pastasite initial (Bt)
($\times 90$, nicols \\\)
3. lame 1223: petite gèode tapissée de thapdophane (Rh) dans goethite (G)
($\times 32$, nicols x)

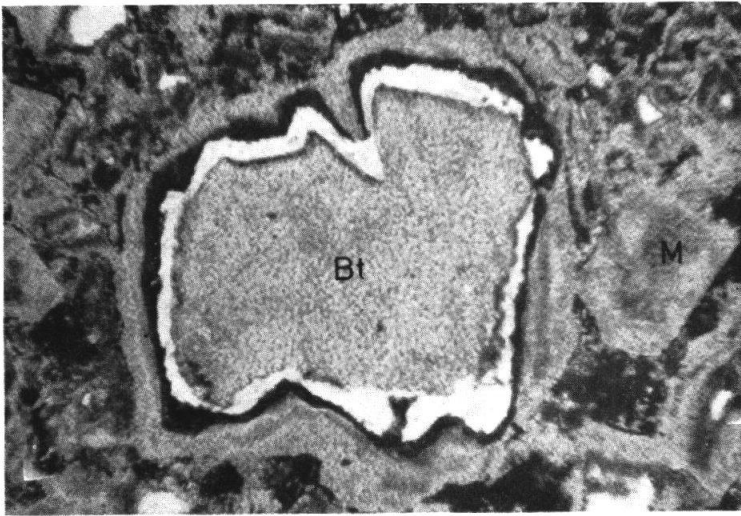
Planche XIV

Carrière Bigugo

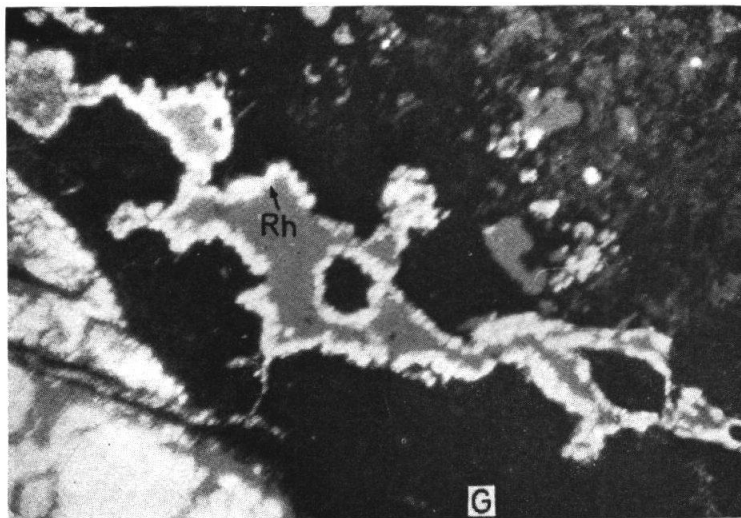
1. lame 1192: fantôme de cristal de bastnaesite carié, remplacé par de la monazite verte
($\times 90$, nicols //)
2. lame 1192: carie tapissée de monazite fibreuse, incomplètement remplie par le résidu du cristal de bastnaesite initial (Bt)
($\times 90$, nicols //)
3. lame 1223: petite géode tapissée de rhabdophane (Rh) dans goethite (G)
($\times 35$, nicols \times)



1



2



3

Planche XV

Chantier Mksesnyi

× 22
Photo I. de Maguët, lumière polarisée verte
(Echantillon Max Lohse, ex. U.I.B.)
Contact pegmatite-filon

Planche XV

Chantier Mukasenyi

**Contact pegmatite-filon
(Echantillon Max Lohest, ex. U.L.B.)
Photo I. de Magnée, lumière polarisée verte
× 22**

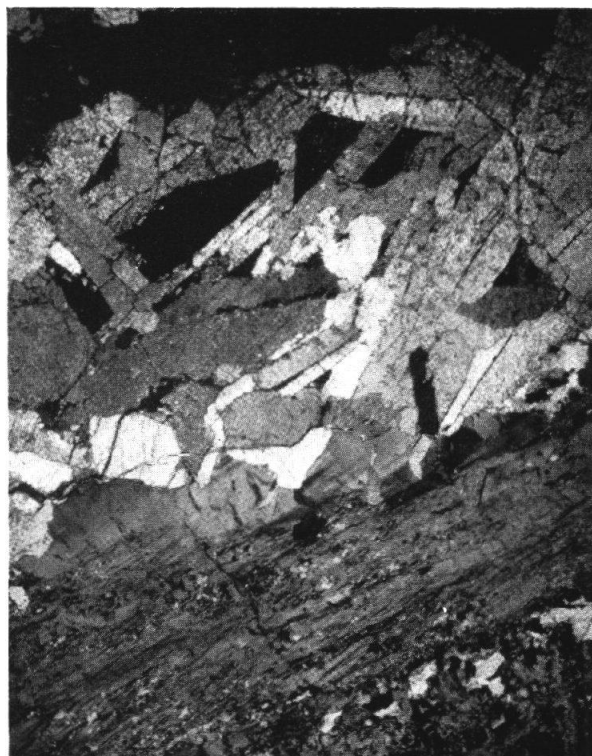


Planche XVI

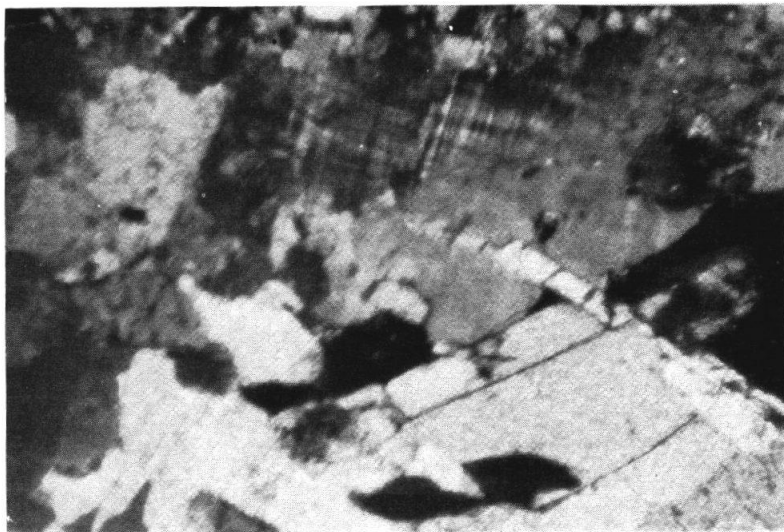
Gisement Mukasevski

1. lame 1219: Echantillon Max Robert ex. U.I.B. Zone de contact filon-pegmatite
($\times 32$, nicols croisés)
2. lame 1219: formation locale, le long de la zone de contact, d'une matière d'aspect micacé très fortement colorée, jaune-verdâtre brillant, à gauche la pegmatite rouge l'extrémité d'un groupement de deux lamelles de pastuscasite
($\times 32$, nicols croisés)
3. lame 11.712\1: constitution des parois des boutonnières rectangulaires, caractéristiques de Mukasevski
($\times 32$, nicols croisés)

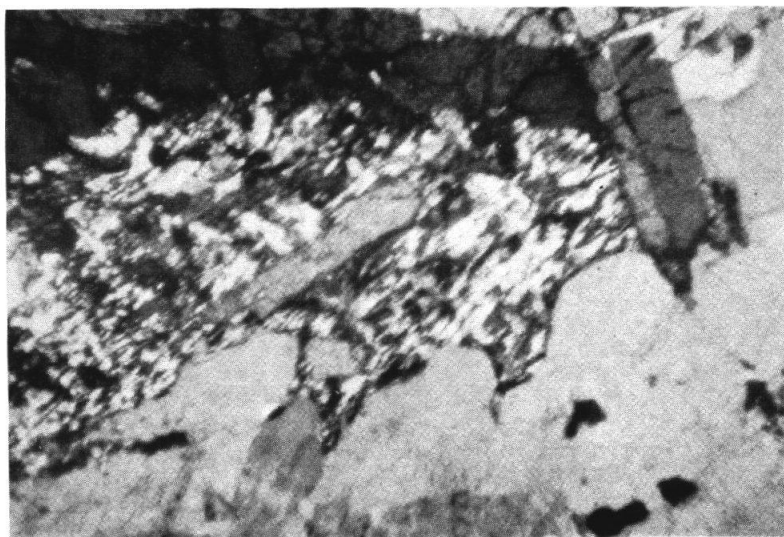
Planche XVI

Gisement Mukasenyi

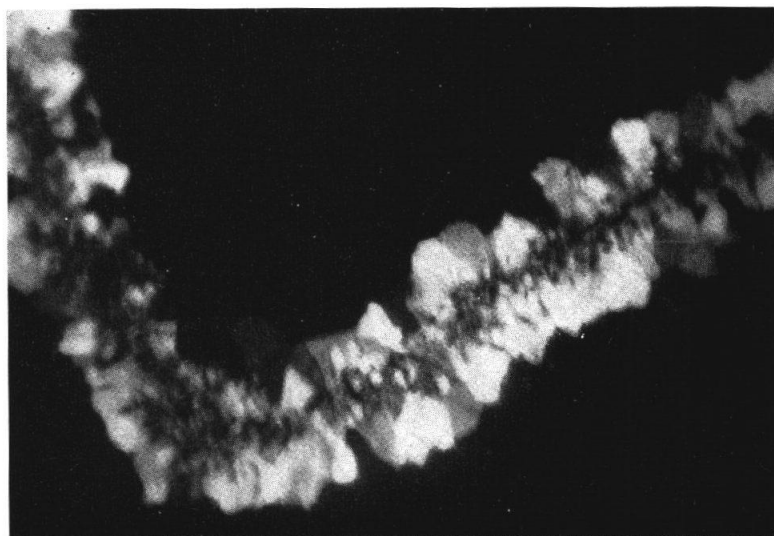
1. lame 1219: Echantillon Max Lohest ex. U.L.B. Zone de contact filon-pegmatite
($\times 35$, nicols croisés)
2. lame 1219: formation locale, le long de la zone de contact, d'une matière d'aspect micacé très fortement colorée, jaune-verdâtre brillant, à gauche la pegmatite rouge l'extrémité d'un groupement de deux lamelles de *bastnaesite*
($\times 35$, nicols croisés)
3. lame 11.715/1: constitution des parois des boutonnières rectangulaires, caractéristiques de Mukasenyi
($\times 35$, nicols croisés)



1



2



3

Planche XVII

Gisement Mukasany

1. lame M. 11.712: Lamelle de biotite (b) corrodant un cristal de pargasite (Bt); environnement de pargasite à inclusion microscopique corrodant les deux minéraux précédents ($\times 32$, nicols croisés)
2. id. Cristal de pargasite (coin sud-ouest); plage de feldspath englobant un résidu de pargasite; environnement de pargasite microscopique avec « Karpudnars » ($\times 32$, nicols croisés)

Planche XVII

Gisement Mukasenyi

1. lame M. 11.715: Lamelle de biotite (b) corrodant un cristal de bastnaesite (Bt); environnement de quartz à inclusion microgrenu corrodant les deux minéraux précédents ($\times 35$, nicols croisés)
2. id. Cristal de bastnaesite (coin sud-ouest); plage de feldspath englobant un résidu de bastnaesite; environnement de quartz microgrenu avec « Kappenquartz » ($\times 35$, nicols croisés)

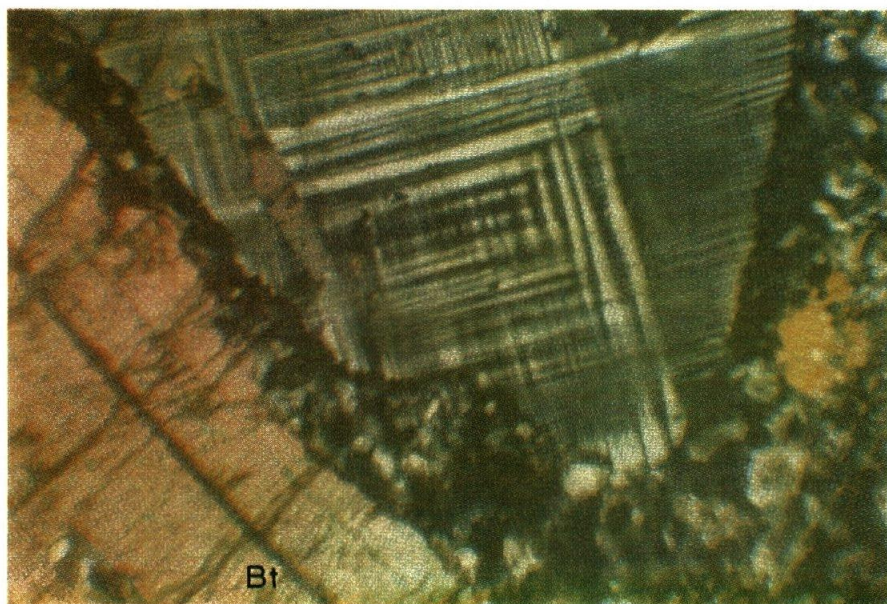
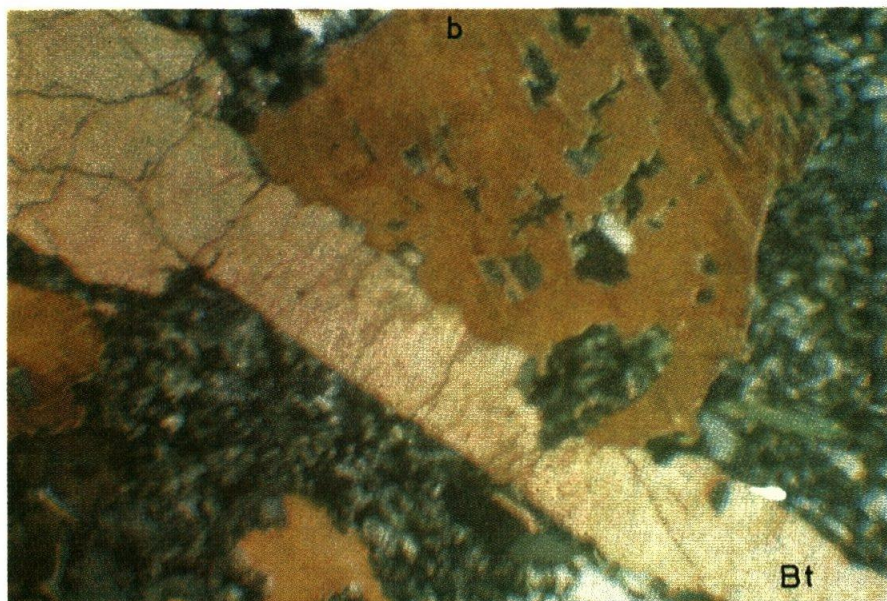
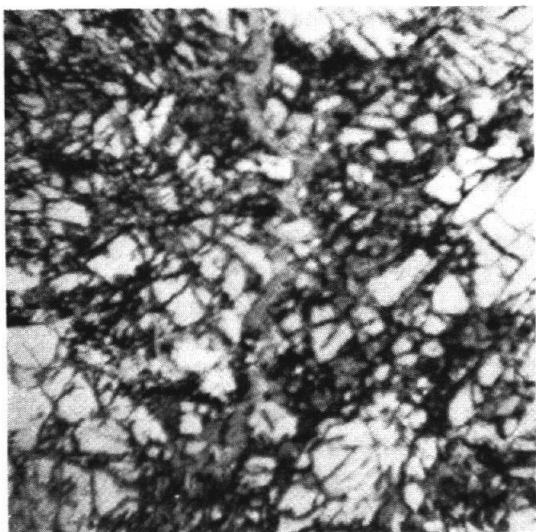


Planche XVIII

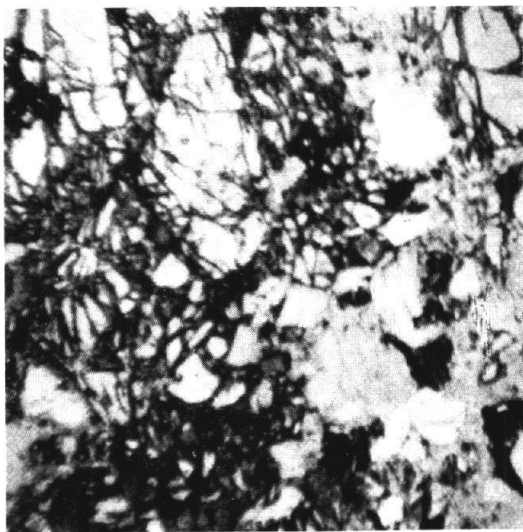
1. lame 1140.
(Ech. RB 7147) (× 32, nicols parallèles)
filon préchié envahi par la monazite
2. lame 1140.
même filon préchié envahi par de la pyrite près du contact
avec la pegmatite
(× 32, nicols parallèles)
3. lame 1140.
formation de goyazite (2v) au contact filon-pegmatite
(× 32, nicols parallèles)
4. lame 1140.
même plage entre nicols croisés
5. lame 1141.
(Ech. RB 7151) (× 32, nicols croisés)
contact entre filon préchié et pegmatite
6. lame 1141.
même contact souligné par places dans la lame par une
veinule de monazite
(× 32, nicols croisés)

Planche XVIII

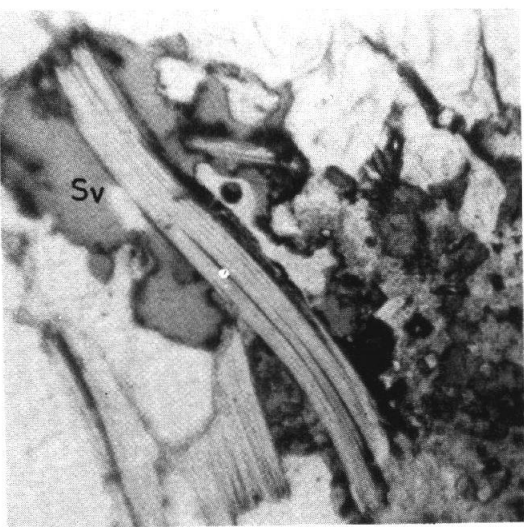
1. lame 1140: filon bréchié envahi par la monazite
(Ech. RB 7147) (× 35, nicols parallèles)
2. lame 1140: même filon bréchié envahi par de la biotite près du contact
avec la pegmatite
(× 35, nicols parallèles)
3. lame 1140: formation de goyazite (Sv) au contact filon-pegmatite
(× 35, nicols parallèles)
4. lame 1140: même plage entre nicols croisés
5. lame 1141: contact entre filon bréchique et pegmatite
(Ech. RB 7151) (× 35, nicols croisés)
6. lame 1141: même contact souligné par places, dans la lame, par une
veinule de monazite
(× 35, nicols croisés)



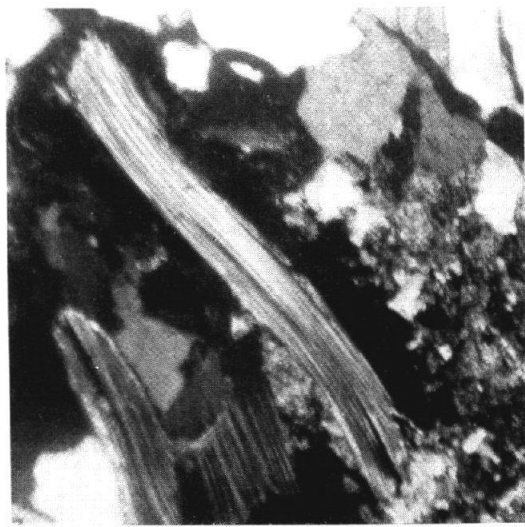
1



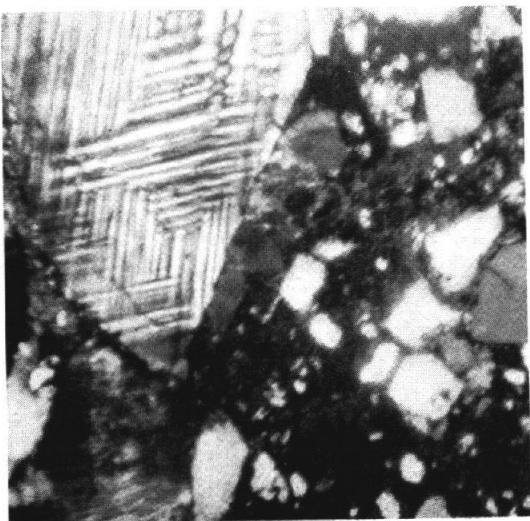
2



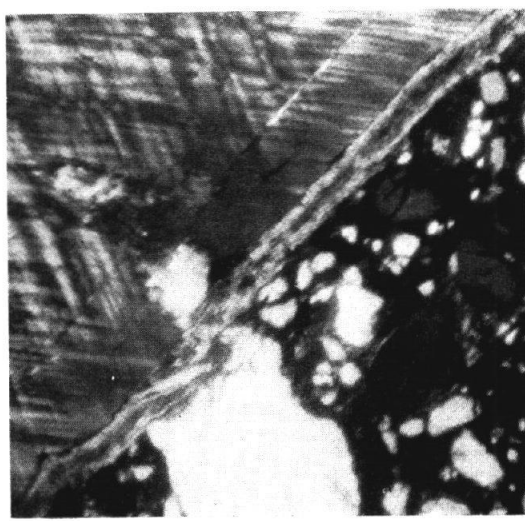
3



4



5



6

Planche XIX

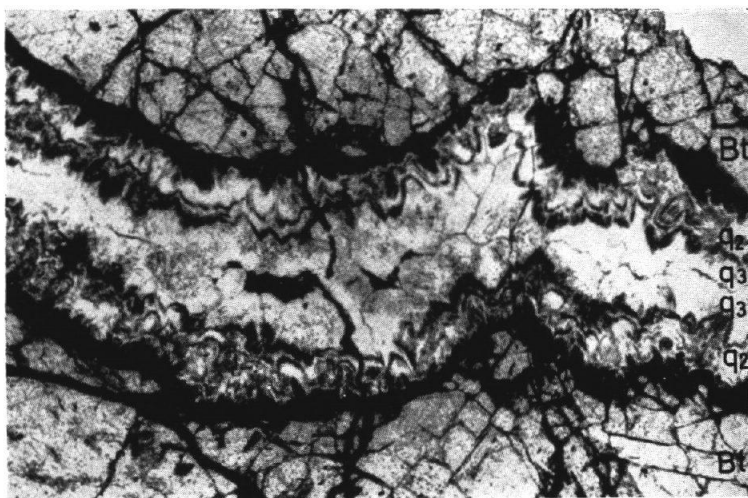
Gisement Murseniyi

1. lame 1190: pasturesite massive parcourue par une fissure ondulee à reve-
(Ech. C 10) ment symétrique complexe de darts
($\times 32$, nicols parallèles)
2. lame 19-89: pasturesite à bords corrodés par une fissure très ferrugineuse,
qui en contient des résidus
($\times 32$, nicols parallèles)
3. lame 19-89: même phénomène sous fort grossissement
($\times 400$, nicols parallèles)
4. lame 1222: structure dissymétrique d'une lame de darts traversant un
cristal de pasturesite: darts microscopiques (Om) — darts
filiformes (Of)
($\times 32$, nicols croisés)
5. lame 1222: lamelles rhombiques dans le darts microscopiques
($\times 60$, nicols parallèles)

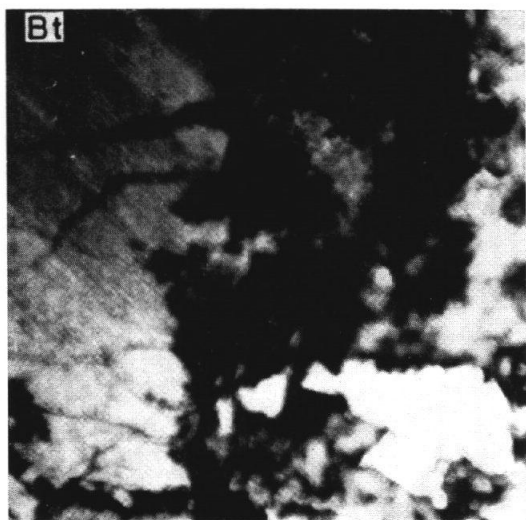
Planche XIX

Gisement Mukasenyi

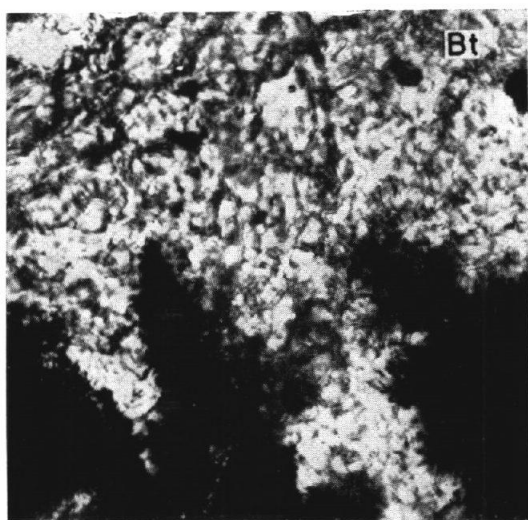
1. lame 1190: bastnaesite massive parcourue par une fissure ondulée à revêtement symétrique complexe de quartz
(Ech. C 10)
($\times 35$, nicols parallèles)
2. lame 19-69: bastnaesite à bords corrodés par une gangue très ferrugineuse, qui en contient des résidus
($\times 35$, nicols parallèles)
3. lame 19-69: même phénomène sous fort grossissement
($\times 400$, nicols parallèles)
4. lame 1222: structure dissymétrique d'une lame de quartz traversant un cristal de bastnaesite: quartz microgrenu (Qm) — quartz fibreux (Qf)
($\times 35$, nicols croisés)
5. lame 1222: fantômes rhombiques dans le quartz microgrenu
($\times 60$, nicols parallèles)



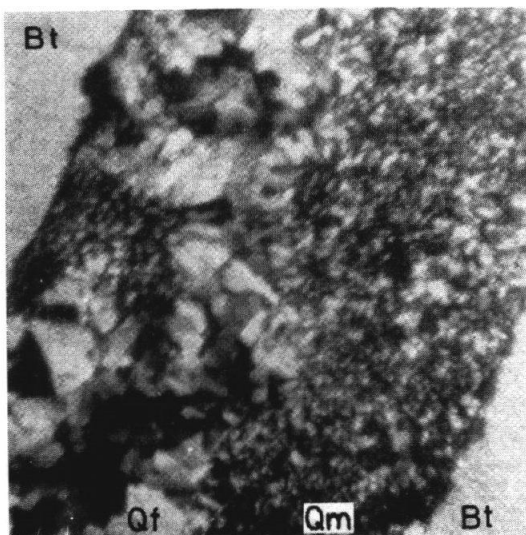
1



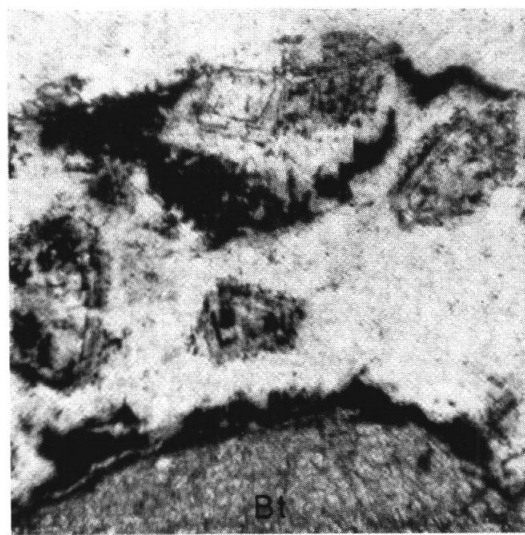
2



3



4



5

Planche XX

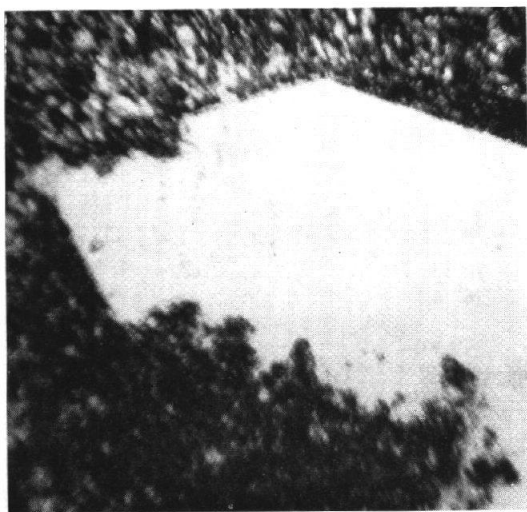
Gisement Mkasenyi

1. lame 1220: cristal pyramidé de quartz hyalin, en cours de formation au milieu de la masse de fond microcristalline de quartz à inclusions formant bande d'un filon.
($\times 32$, nicols croisés)
2. lame 1220: l'autre extrémité du cristal de quartz précédant.
($\times 32$, nicols croisés)
3. lame 1220: autre cristal de quartz hyalin en cours de formation.
($\times 32$, nicols croisés)
4. lame 1222: cristal de parafine (Bn) de néoformation, formé dans une gèode sur le kabbendurats.
($\times 32$, nicols parallèles)
5. lame 1222: fantômes rhombiques dans le quartz microcristallin.
($\times 90$, nicols parallèles)
6. lame 1222: même phénomène.
($\times 90$, nicols parallèles)

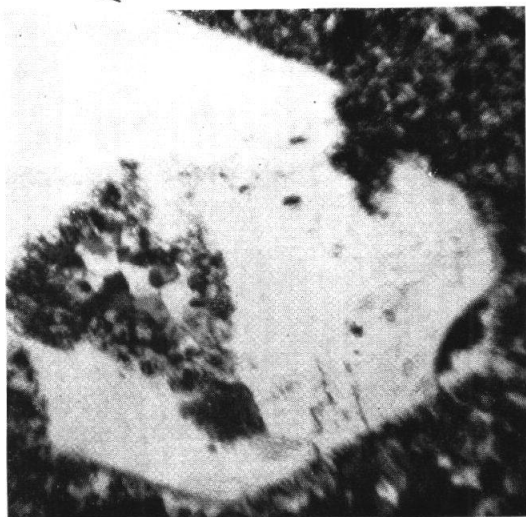
Planche XX

Gisement Mukasenyi

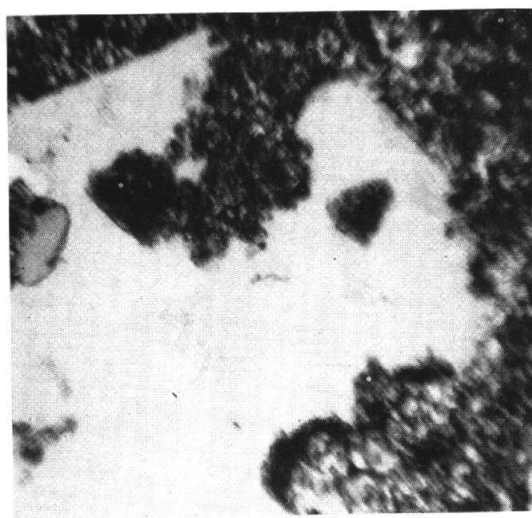
1. lame 1250: cristal pyramidé de quartz hyalin, en cours de formation au milieu de la masse de fond microcristalline de quartz à inclusions formant gangue d'un filon
($\times 35$, nicols croisés)
2. lame 1250: l'autre extrémité du cristal de quartz précédent
($\times 35$, nicols croisés)
3. lame 1250: autre cristal de quartz hyalin en cours de formation
($\times 35$, nicols croisés)
4. lame 1252: cristal de barytine (Bn) de néoformation, formé dans une géode sur le kappenquartz
($\times 35$, nicols parallèles)
5. lame 1252: fantômes rhombiques dans le quartz microcristallin
($\times 90$, nicols parallèles)
6. lame 1252: même phénomène
($\times 90$, nicols parallèles)



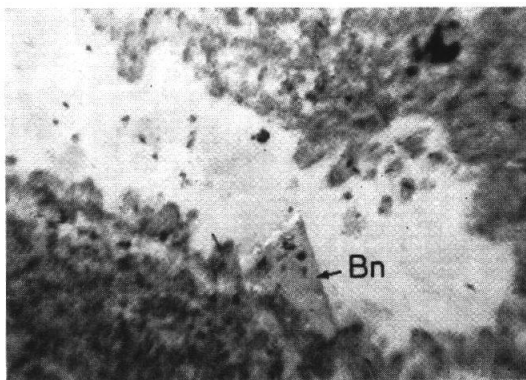
1



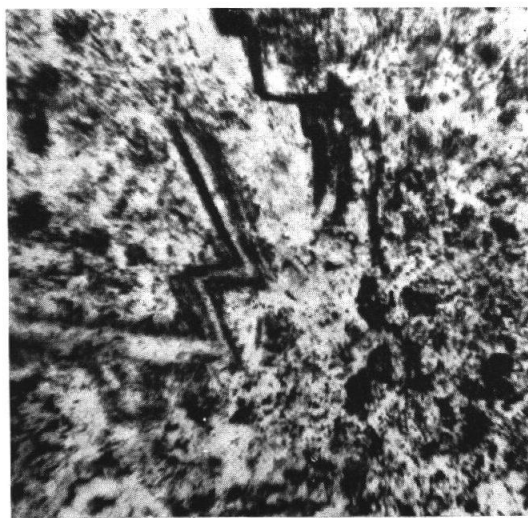
2



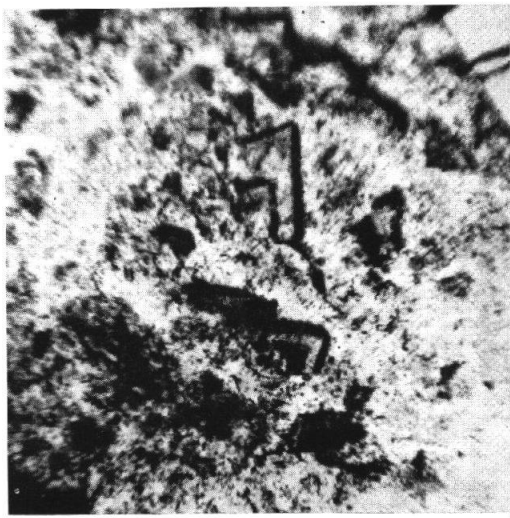
3



4



5



6

Planche XXI

Carrière Gakara - Niveau 10, paroi W

Echantillon récolté dans un filon au contact nord du dyarctite

1. Rhabdophane finement mamelonnée, avec deux formes cristallines creuses

2. Détail

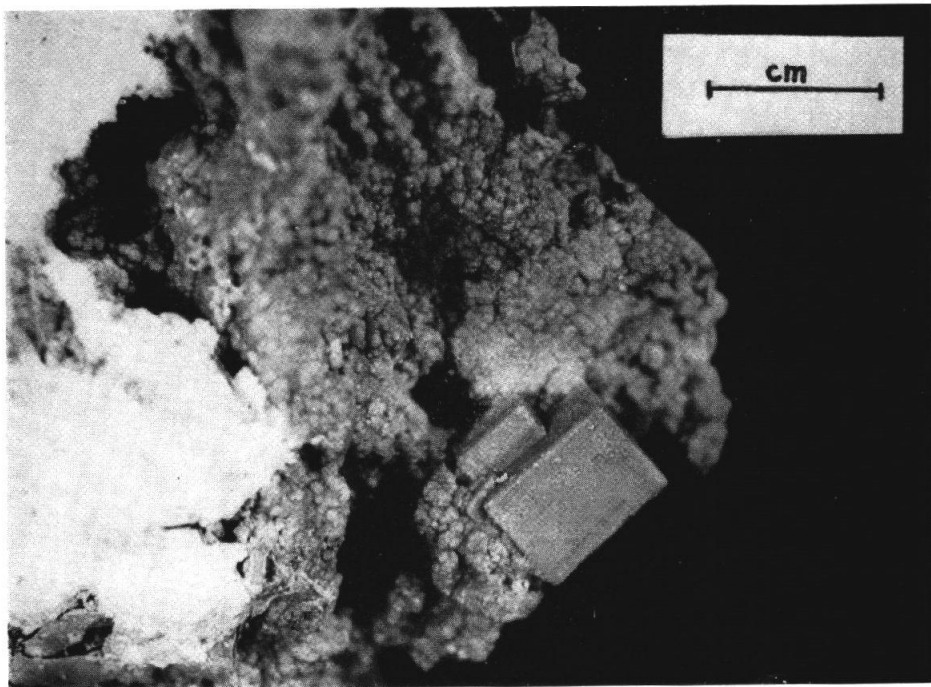
3. Rhabdophane finement mamelonnée et débris de cloisons

Planche XXI

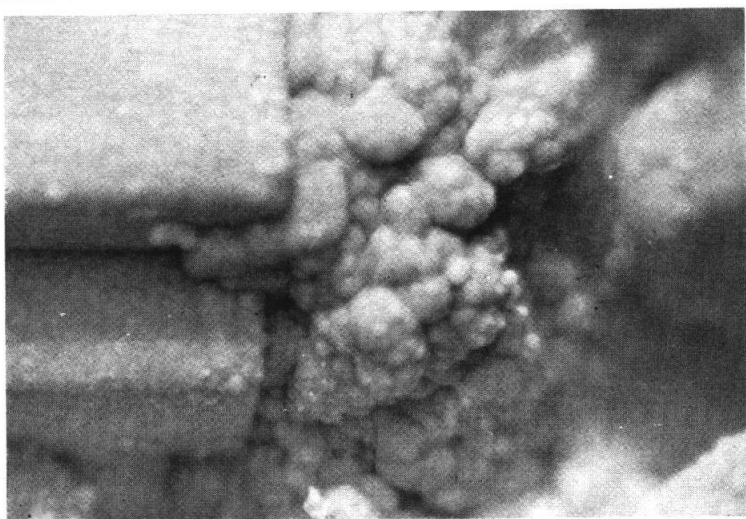
Carrière Gakara - Niveau 10, paroi W

Echantillon récolté dans un filon au contact nord du quartzite

1. Rhabdophane finement mamelonné, avec deux formes cristallines creuses
2. Détail
3. Rhabdophane finement mamelonné et débris de cloisons



1



2



3



Achevé d'imprimer le 31 décembre 1971
par l'Imprimerie SNOECK-DUCAJU et Fils, S.A., Gand-Bruxelles