

CONTRIBUTION A L'ETUDE MINERALOGIQUE DE L'INDICE RADIOACTIF DE DAVERDISSE

par Jacques JEDWAB (*) & Léon DEJONGHE (**)

RESUME. - L'indice radioactif de Daverdisse (Prov. de Luxembourg, Belgique) a été réexaminé à l'aide de diverses méthodes instrumentales. Plus de vingt minéraux, souvent bien cristallisés, ont été découverts, parmi lesquels : l'uraninite; des oxydes de Ti-U-Fe (rutile et anatase uranifères, brannerite, et un composé rouge indéterminé); des séléniures et sulfures de Hg, Ag, Pb, Bi, Cu et Sb; des hydroxydes de fer enrichis en U, Bi et/ou Zr; des sulfates de fer; des phosphates d'uranium et du xénotime.

ABSTRACT. - The radioactive prospect of Daverdisse (Prov. of Luxemburg, Belgium) has been reassessed with the help of several instrumental methods. More than twenty minerals, often well crystallized, have been discovered, and among them, uraninite; Ti-U-Fe oxides (uraniferous rutile and anatase, brannerite, and an undetermined red compound); selenides and sulfides of Hg, Ag, Pb, Bi, Cu and Sb; U, Bi and/or Zr-bearing iron hydroxides; iron sulfates, uranium phosphates and xenotime.

INTRODUCTION.

Dans un récent travail consacré à la minéralogie de l'indice radioactif de Daverdisse (Province du Luxembourg), DEJONGHE *et al.* (1982) décrivaient plusieurs minéraux uranifères repérés et analysés à la microsonde électronique. Ils signalaient dans ce même travail la présence de tiemannite ($\text{HgSe}_{\text{cub.}}$), trouvée dans un concentré magnétique, pouvant cependant avoir subi une contamination.

La tentation de confirmer ce dernier minéral, symptomatique de certains gîtes hydrothermaux à U-Ag-Bi (TISCHENDORF, 1959; SEELINGER et STRUNTZ, 1965), ainsi que les diverses espèces uranifères incomplètement caractérisées par leur seul chimisme, était forte. Nous avons donc décidé de reprendre l'étude sur du matériel sélectionné et par des moyens plus appropriés à la complexité minéralogique de l'indice et à la petite taille des minéraux.

Les résultats ont dépassé notre attente, puisque d'une part, plusieurs espèces inconnues à ce jour en Belgique ont été découvertes, parmi lesquelles l'uraninite et la brannerite, et que d'autre part, l'indice présente un nombre relativement élevé d'espèces. Cette nouveauté et cette richesse nous ont en partie détournés de notre but, qui était de confirmer les espèces rencontrées lors de la première étude. Mais l'abondance des trouvailles nous incite à les publier sans attendre de pouvoir tout intégrer, ni même compléter, pour la raison suivante.

La récente prospection pour uranium du Sud de la Belgique, à laquelle nous devons d'ailleurs la découverte de l'indice de Daverdisse, a décelé de nombreuses anomalies radiométriques et géochimiques dont la signification n'est pas encore claire (Rapport CEE, 1982). Mais à partir du moment où l'un des indices montre une minéralogie aussi

(*) Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Géochimie.

(**) Service Géologique de Belgique et Université Libre de Bruxelles.

riche, et qui n'est pas sans rappeler celle de certains gîtes hydrothermaux à U-Ag-Ni-Co, ces anomalies acquièrent un sens plus précis. Dans cette perspective, nous avons pensé qu'une description rapide, même très incomplète, des caractères très particuliers de la minéralogie de l'indice de Daverdisse permettrait d'aborder l'étude des autres indices radioactifs avec plus d'assurance.

ECHANTILLONNAGES.

Deux visites sur le terrain, en août 1982, nous ont permis de procéder à de nouveaux échantillonnages des roches en place et des déblais produits par une petite excavation de reconnaissance. Les matériaux ont été sélectionnés sur la base de leur niveau de radioactivité, de la présence de quartz pyramidés, et de minéraux colorés.

Après un lavage à l'eau courante qui élimine une abondante fraction argileuse, on voit apparaître une variété de matériaux parmi lesquels nous avons pu distinguer les types suivants :

1. quartzites couverts de cristaux de quartz pyramidés,
2. quartzites traversés de filonnets de quartz millimétriques,
3. filonnets de quartz centimétriques.

La fragmentation de certains échantillons de quartzites du type 1 fait apparaître des concentrations minérales très intéressantes, mais destinées à être perdues lors de la préparation de lames minces et de sections polies conventionnelles. Nous avons pu distinguer trois types de concentrations pulvérulentes dans ces matériaux :

4. zones filoniennes ou géodiques à quartz corrodés,
5. géodes contenant de petits cristaux rouge vif,
6. taches noires millimétriques.

METHODES D'ETUDE.

Devant la variété du matériel, l'importance des vides et les différences extrêmes de dureté, diverses méthodes ont dû être utilisées. Les types 1 et 2 ont été étudiés sur des fragments imprégnés de résine époxyde, sciés et polis, tandis que le type 3 a été étudié sur fragments réduits à la presse hydraulique, sélectionnés à la loupe binoculaire, et sur des minéraux séparés à la main. Les minéraux fragiles rencontrés dans les types 4 et 5 ont également été prélevés à la main et analysés au microscope électronique complété d'un spectromètre à dispersion d'énergie. Les matériaux correspondant au type 6 ont été étudiés sur des dispersions filtrées sur membranes (JEDWAB, 1980).

Les analyses chimiques qualitatives ont été faites à la microsonde JEOL Superprobe-733 équipée de spectromètres à dispersion à cristaux et d'un spectromètre à dispersion d'énergie TRACOR TN-4000. Les analyses "quantitatives" ont été obtenues

sur les spectres d'énergie à l'aide d'un programme automatique semi-quantitatif (Standardless-semi-quantitative). Les analyses de brannerite de Bou-Azzer, effectuées avec ce même programme, montrent les limites de la méthode dans ce cas particulier.

RESULTATS DES OBSERVATIONS ET ANALYSES.

REMARQUE SUR LA NOMENCLATURE.

La petitesse des individus minéraux et le temps nous ont empêchés de terminer toutes les diagnoses par des diagrammes de diffraction, comme il aurait été souhaitable. Des noms d'espèces ont été attribués aux minéraux pour lesquels nous disposons à la fois d'analyses chimiques à la microsonde et de propriétés optiques répondant aux caractéristiques spécifiques. Les minéraux n'ayant pas encore fait l'objet d'une détermination complète ou satisfaisante sont mis entre parenthèses.

1. MINERALOGIE DES ROCHES DU TYPE 1.

La comminution des quartzites du type 1 et leur examen à la loupe binoculaire et en section polie montre que l'on a affaire en réalité à des salbandes de filons dont la face tournée vers l'éponte (le quartzite) est bien conservée et solidement soudée à la roche encaissante. La face actuellement formée des extrémités pyramidées des quartz était tournée vers l'intérieur des filons, actuellement disparus ou formés d'hydroxydes de fer en box-work, ou pulvérulents. Ces salbandes de quartz sont extrêmement importantes, car elles contiennent encore la plupart des minéraux de la minéralisation primaire, préservés de l'altération qui a dû être importante.

a. Uraninite.

En petits cubes et cubo-octaèdres de 2 à 10 μm de côté, opaques, faiblement réflecteurs en noir-brun. Isolés ou groupés en essais, interpénétrés ou maclés. Zonages et structures squelettiques internes. (Photos 1 à 4).

Le microscope électronique permet de trouver nombre de très petits cristaux (inf. à 1 μm) dans les environs de ceux que l'on peut repérer au microscope optique. Des inclusions de brannerite ou d'oxydes de titane dans l'uraninite, ou de ce minéral dans les deux premiers ont été recherchées mais sans succès.

Analyse chimique : U majeur ; Pb, Hg et Se mineurs.

b. Brannerite.

Cristaux prismatiques transparents en brun, de pouvoir réflecteur assez fort. Les prismes souvent très allongés ont des sections rectangulaires, rhombes ou cruciformes (Photos 5 et 6). Ils sont parfois groupés en faisceaux d'aiguilles parallèles, ou plus souvent en oursins rayonnants (Photo 7). Un même oursin peut être formé de prismes de rutile ou de brannerite, et les oursins ont une nette tendance à se grouper en essais. On observe des inclusions de tiemannite dans la brannerite, et de ce dernier minéral dans la tiemannite.

Analyse chimique : U et Ti majeurs; Ca et Fe occasionnellement présents en quantités majeures. Les Terres Rares n'ont pas été décelées.

L'analyse chimique automatique donne des rapports atomiques Ti+Fe/U+Ca+Y généralement supérieurs à 2 (Tabl. 1, analyses 1246, 1254 et 1235). Mais comme nous retrouvons ce même excès pour la brannerite de Bou Azzer (Tabl. 1, anal. 1245, 1244, 1347 et 1346. Ech. Musée Royal d'Afrique Centrale 3627), nous pouvons considérer ces analyses comme satisfaisantes. Les rapports atomiques de brannerites de Daverdisse sont nettement différents de ceux que l'on mesure sur les oxydes de Ti-Fe-U rouges, dont il sera question plus loin (Tableau 2, anal. 1132 et 1133).

La brannerite semble plus abondante que l'uraninite, tout au moins dans la gamme de dimensions observables au microscope optique.

c. (Rutile) uranifère et (rutile) ferrifère

Cristaux prismatiques bruns à jaunes, ou incolores, difficilement discernables de la brannerite en réflexion, objectifs à sec. En immersion d'huile, et spécialement entre nicols croisés, les rutiles apparaissent plus réflecteurs et beaucoup plus dispersifs (Photo 8). Ils sont souvent groupés en oursins. Se rencontrent en inclusions dans la tiemannite, ou incluant ce dernier minéral. Nous avons retenu le nom de rutile, plutôt que celui d'anatase (qui elle est certainement présente) en raison de la morphologie prismatique et de la forte dispersion optique en réflexion.

Analyse chimique : Ti et Fe majeurs; U mineur à majeur (Tableau 2, anal. 1244, 1660 et 1661).

Cette espèce correspond assez bien au groupe uranifère 4 identifié par DEJONGHE *et al.* (1982).

d. Xénotime

Cristaux xénomorphes ou quadratiques, zonés. Peut être rencontré en inclusion dans la tiemannite (Photo 9). Passe facilement inaperçu en microscopie de réflexion.

Analyse chimique : Y, P, Gd, Dy, Er et U majeurs. (Tableau 2, anal. 1269).

e. Hématite

Cristaux en plaquettes dispersées dans le quartz ou en rosettes. Les plaquettes dispersées sont disposées en zones suivant les faces pyramidales du quartz et sont mélangées à de nombreuses autres particules opaques, tiemannite principalement. L'hématite est généralement dépourvue d'uranium ou d'autres éléments.

f. Hydroxydes de fer

Nous regroupons sous cette rubrique des minéraux dont les formes et compositions diffèrent, mais qui ont en commun du fer majeur, des couleurs jaunes à brunes ou rouges, et des pouvoirs réflecteurs largement inférieurs à celui de l'hématite.

- cristaux prismatiques : de couleur généralement claire, ils se groupent en oursins et ont une composition chimique simple;
- individus sub-sphériques : de couleur brun sombre ou rouge vif, ces corps arrondis ont des contours dentelés et l'intérieur caverneux. Ils présentent des compositions chimiques extrêmement variées, même pour des individus voisins. Si l'on exclut l'Al et le Si, on y remarque surtout la présence en quantités parfois importantes de P, U, Cu, Se et Bi. Ce groupe largement défini correspond assez bien au groupe 3 décrit par DEJONGHE *et al.* (1982) (Tableau 3, anal. 1276 et 3203);
- remplissages de fissures dans le quartz et plaquages sur les prismes : des compositions aberrantes, riches en Zr ou en Bi, ont été observées occasionnellement. La présence simultanée du Zr et du P (dont les raies interfèrent en spectrométrie de dispersion d'énergie), a été confirmée par spectrométrie de dispersion angulaire. (Photo 10 et Tableau 3, anal. 1290 et 3204). L'origine des concentrations élevées de Bi est probablement à rechercher dans une phase d'oxyde de Bi (bismite ou sillenite), dont des cristaux ont été rencontrés dans l'altération ferrugineuse de la tiemannite.

La diversité des compositions et le mode d'occurrence de ces hydroxydes suggèrent une origine par altération de minéraux antérieurs, sauf pour le premier type.

g. Sulfures, sélénures et métaux natifs.

Le quartz précoce des salbandes contient de petites quantités de sulfures et de sélénures en petites inclusions isolées, mono- ou polyminérales. Elles présentent un très grand intérêt déterminatif et paragénétique : leur isolement dans le quartz permet d'arriver à des déterminations chimiques plus sûres qu'avec des inclusions dans d'autres sélénures et sulfures de métaux lourds. (Photo 11). D'autre part, leur présence dans le quartz précoce témoigne de la continuité des phénomènes de minéralisation.

Les minéraux et composés suivants ont été rencontrés (Tableau 4) :

- clausthalite : PbSe (anal. 1270 et 3205),
- tiemannite : HgSe (anal. 1261, 1263, 3556 et 1273),
- (bohdanowiczite) : (Ag, Hg, Pb)BiSe₂ (anal. 1286 et 1284).
- (bravoite) : (Fe, Ni)S₂ : seul minéral de Ni rencontré jusqu'à présent,
- pyrite : FeS₂
- ? : PbBiHgSe (anal. 1282, 1271 et 1272).
- ? : Ag_xSe_y (probablement naumannite Ag₂Se)
- argent : Ag
- (porpezite) : AuPd,

h. Tiemannite interstitielle

Une mention spéciale doit être faite de concentrations importantes de tiemannite (HgSe_{cub.}) s'étendant parallèlement au contact des roches, mais à distance de 1 à 3 mm. Cette tiemannite relativement tardive s'est déposée dans les cavités laissées par les pyramides et les prismes terminaux du quartz. Ces dépôts donnent en sections

polies des faciès très caractéristiques, déjà signalés par TISCHENDORF (1959) : en étoile irrégulières interconnectées. (Photo 9).

Cette tiemannite abrite une importante population d'inclusions, parmi lesquelles on peut retrouver rutile, brannerite, xénotime, décrits ci-dessus, mais aussi différents sulfures et séléniures de métaux lourds. (Photo 11). En plus de ceux qui peuvent être observés directement inclus dans le quartz, nous avons encore pu reconnaître :

chalcopyrite	FeCuS_2
?	Ag_xS_y (naumannite ?)
?	Fe+Sb+S

Il faut remarquer ici que le repérage et la détermination de ces sulfures et séléniures présentent plusieurs difficultés intrinsèques :

- des grains optiquement homogènes présentent des plages de compositions chimiques très différentes : Ag+S , Ag+Se , Hg+Se , Hg+Ag+Se ;
- des grains visiblement hétérogènes à l'oeil présentent des compositions chimiques qualitatives et quantitatives identiques;
- certains des composés sont très fusibles, et excluent des comptages spectrométriques valables.

La tiemannite est généralement assez fraîche, mais elle peut s'altérer à partir des bords en hydroxydes de fer. (Photo 2). Certaines plages s'altèrent suivant un réseau quadrillé.

1. Hydroxydes de fer résiduels de sulfures.

Une couche d'hydroxydes bruns à noirs, épaisse de plusieurs millimètres est parfois encore présente sur la tiemannite interstitielle et les pyramides de quartz. Des formes cristallines extérieures peuvent encore s'y reconnaître qui suggèrent la présence antérieure de chalcopyrite, marcasite et pyrite.

En section polie apparaît une structure en box-work caractéristique avec des zonages et travées bien connus. Des vestiges de sulfures de fer et de sulfures de fer-cuivre sont parfois encore présents. Le sélénium a été recherché sans succès.

Des cavités dans les hydroxydes abritent parfois des cristaux de tiemannite et des minéraux d'argent (Ag+Hg , Ag_xSe_y , Ag_xS_y) dont la formation semble postérieure à ou contemporaine de l'oxydation.

2. FILONNETS DE QUARTZ MILLIMÉTRIQUES.

Ces filonnets de couleur sombre traversent les quartzites en réseaux anastomosés. Ils sont généralement très radioactifs. L'observation en section polie montre le quartz découpé par des cassures irrégulières, remplies d'hydroxydes de fer en films très minces ou en sphérules. Ces cassures s'élargissent parfois en filonnets creux dans les vides desquels on a pu observer des cristaux fibro-radiés d'un sulfate de fer. (Photo 12). On rencontre également

des rosettes d'hématite en plaquettes et des hydroxydes de fer tapissant massivement le quartz. Tous ces minéraux semblent dépourvus d'uranium, et les minéraux d'uranium spécifiques semblent absents, ou moins immédiatement discernables que dans le quartz du type I.

Mais si l'on pousse l'observation hors des filonnets de quartz, on rencontre un très grand nombre de petites boulettes rouges transparentes d'hydroxydes de fer rouge. Elles sont souvent zonées, et l'on peut parfois y reconnaître un cœur cubique contenant de rares vestiges de sulfures. (Photo 13). Ces boulettes se concentrent à l'extérieur et le long des filonnets sur une épaisseur de quelques millimètres.

Les compositions chimiques de ces boulettes sont également zonées, et la présence d'uranium est décelable dans les zones externes (Tabl. 3, anal. 3221 et 3220).

L'autoradiographie macroscopique confirme d'ailleurs cette radioactivité liée à des composés situés en dehors des filonnets de quartz.

3. FILONNETS DE QUARTZ CENTIMÉTRIQUES.

On peut trouver dans les déblais des fragments de quartz couverts de schiste des deux côtés, ce qui permet d'estimer leur puissance à 1-2 cm. Leur comminution à la presse hydraulique montre des cristaux de quartz faiblement géodiques. L'examen à la loupe permet de repérer une suite de minéraux bien cristallisés, émergeant nettement sur le fond blanc : autunite, torbernite, hématite en rosettes, pseudomorphoses de pyrite triglyphe, tiemannite.

4. ZONES FILONNIENNES ET GÉODIQUES À QUARTZ CORRODÉS.

Il a été dit plus haut que l'altération des sulfures a dû être très intense, comme en témoignent les hydroxydes de fer abondants. Une autre preuve peut encore en être trouvée dans des concentrations de particules de tiemannite fixées par leur base sur des surfaces corrodées de quartz. Cette tiemannite présente des formes anguleuses concaves, arborescentes, et provient visiblement des remplissages de creux entre les prismes de pyramides de quartz aujourd'hui disparus.

Ces formes ne seraient que des curiosités si elles ne témoignaient d'une corrosion sélective du quartz : comme la tiemannite n'est soluble que dans l'eau régale, on peut attribuer cette dissolution du quartz à l'acide sulfurique peut-être additionné de phosphate.

5. GÉODES À PETITS CRISTAUX ROUGE VIF.

Des concentrations d'un minéral rouge vif, transparent, sont déposées dans des géodes ou cavités d'altération. Ce minéral extrêmement fragile, s'écrasant au moindre attouchement, est composé d'uranium, titane et fer majeurs, et de plomb et de calcium mineurs. Les analyses chimiques semi-quantitatives montrent que le rapport atomique U+Ca+Pb/Ti+Fe est proche de 1, ce qui

exclut la brannerite, où ce rapport est proche de 1/2 (Tabl. 2, anal. 1132 et 1133).

Un diagramme de diffraction de ce minéral a été obtenu, mais il n'a pas pu être rapporté à un composé déterminé jusqu'à présent.

6. TACHES NOIRES PULVÉRULENTES.

De petites concentrations fortement colorées dans les noirs, jaunes, verts et rouges se rencontrent dans des cavités de géodes et de corrosion. Leur observation directe au microscope électronique montre généralement des assemblages chimiquement et cristallographiquement très complexes et intriqués. Les faibles dimensions et le mélange intime de ces particules rendent l'analyse chimique individuelle très malaisée, sauf dans de très rares cas de cristaux submillimétriques. (Photo 15).

Des prélèvements de ces poussières ont été dispersés dans du tétrachlorure de carbone et filtrés sur membrane. L'observation microscopique (optique et électronique), et l'analyse chimique des particules individuelles a permis de mettre en évidence la plupart des composés déjà rencontrés dans d'autres préparations solides, mais cette fois avec des dimensions plus petites et des formes cristallines très bien développées, dans la majorité des cas :

torbernite et autunite : en plaquettes quadratiques, isolées ou groupées. (Photo 14). Le fer est régulièrement présent dans les analyses.

anatase (déterminé en diffraction X) : en plaquettes quadratiques jaune citron (Photo 15) ou brunes; en boulettes fibro-radiées jaunes, souvent groupées par 2 ou 3, ou en stalagmites. L'uranium est parfois présent.

hydroxydes de fer : en particules irrégulières transparentes en jaune, brun ou rouge. Ces particules constituent parfois le cœur d'un groupe de cristaux quadratiques uranifères.

oxydes ou hydroxydes de titane-fer-uranium : particules irrégulières transparentes en rouge. Des quantités mineures de Ca, Cl, P et Pb sont parfois présentes. L'analyse chimique donne des chiffres très similaires aux oxydes rouges décrits en 5.

hydroxychlorure de fer : particules transparentes en brun contenant des quantités majeures de Fe et Cl, sans soufre.

tiemannite : particules noires, polycristallines, composées de Hg, Se, Fe et Pb majeurs. On observe presque toujours de l'uranium et du Ca-Cu-P, qui proviennent vraisemblablement d'une imprégnation de minéraux d'uranium, invisibles ou non.

jarosites : petits cristaux bien formés, jaunes à bruns, d'indices de réfraction élevés, saupoudrant diverses autres espèces (Photo 16). Ils sont régulièrement (mais variablement) composés de Fe, S, K et Pb majeurs, et de Cl, Cu et P mineurs. Les variations sur le Pb indiquent peut-être la présence de plombo-jarosite.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS.

Un réexamen de l'indice de Daverdisse a permis d'une part d'authentifier la découverte antérieure de la tiemannite par DEJONGHE *et al.* (1982), et d'autre part, d'y découvrir deux douzaines d'autres minéraux, dont plusieurs nouveaux pour la Belgique.

Le nombre de minéraux actuellement reconnus, sinon complètement déterminés, pourra probablement être dépassé, notamment dans les familles de sulfures et des séléniures, des métaux natifs et des sulfates. Les familles des silicates et des carbonates, qui n'ont pas été explorées du tout, pourraient également livrer des espèces nouvelles pour l'indice.

Certaines espèces chimiques circonscrites par DEJONGHE *et al.* (1982) ont pu être rattachées à des espèces plus définies, mais il sera encore nécessaire d'approfondir les connaissances, notamment sur l'important groupe des phosphates d'U-Pb-Fe (groupe 2), que nous n'avons pas encore retrouvé.

Les minéraux appartiennent à 5 familles principales (cf. Tableau 5) :

- oxydes,
- séléniures, sulfures et métaux natifs,
- sulfates,
- phosphates,
- hydroxydes et oxysels.

Il serait vain, dans l'état actuel de nos observations et connaissances, de proposer ou choisir un modèle génétique pour ce petit indice. En effet, la multiplicité des minéraux d'uranium et porteurs d'uranium, et nos connaissances plus que rudimentaires sur les roches encaissantes et leurs minéraux*, et sur la minéralogie des autres filons de quartz que l'on peut observer à l'ouest de la faille, ne nous permettent pas encore d'avancer une théorie fondée sur l'origine des éléments métalliques rencontrés. Il faut également reconnaître que le caractère unique de l'indice de Daverdisse, aussi bien dans l'histoire des recherches minéralogiques belges, que dans le contexte géologique du Dévonien inférieur de l'Ardenne, est un obstacle de taille sur la voie de la théorisation.

* Les roches encaissantes quartzitiques contiennent des quantités très importantes de rutile, sphène, zircon, chromite et phosphates de Terres Rares.

Si l'on se place à un point de vue arbitrairement simplifié et détaché des conditions géologiques, on peut penser que certains des minéraux rencontrés évoquent fortement les paragenèses que l'on a classées dans les gîtes d'uranium hydrothermaux complexes (types à Ag-Co-Ni-As), et en particulier les séléniures, sulfosels à Bi et la brannerite. Mais il faut immédiatement souligner que les trois éléments chimiques les plus typiques (Ni-Co-As) semblent faire défaut à Daverdisse.

On pourrait encore relever quelques autres caractéristiques qui rendent les comparaisons difficiles :

- 1° L'oxyde d'uranium des gîtes hydrothermaux est plus fréquemment représenté par de la pechblende que par de l'uraninite cristallisée.
- 2° Les réactions si bien décrites par RAMDOHR (1957) à la Pronto Mine entre UO_2 et TiO_2 semblent manquer totalement. Aucune relation d'inclusion entre UO_2 et TiO_2 , ou entre UO_2 et UTi_2O_6 n'a été observée dans les préparations. S'il y a eu réaction, elle ne s'est pas produite sur place.
- 3° Par contre, on trouve régulièrement des quantités très notables d'U et de Fe chimiques dans les rutilés inclus dans le quartz des salbandes. Notons en passant que les rutilés rencontrés dans les roches encaissantes sont très frais, et que l'on ne peut pas y déceler d'uranium.
- 4° Ni la minéralisation de la gangue (absence de fluorite et de carbonates), ni la pétrologie locale (absence de granite, surtout) ne permettent d'établir ou même de supposer une filiation magmatique classique.

Il est clair que l'absence de données positives peut toujours être interprétée contradictoirement, et que celles dont nous disposons actuellement sont notoirement insuffisantes pour émettre des idées génétiques. Mais la richesse minéralogique et paragenétique de l'indice de Daverdisse permet de prévoir que les études futures seront fructueuses, surtout si elles peuvent s'étendre à la géochimie isotopique, aux inclusions fluides, qui sont très abondantes dans le quartz des salbandes, et à la géologie régionale.

BIBLIOGRAPHIE.

- DEJONGHE, L., CHARLET, J.-M et DUPUIS, C. (1982) - L'anomalie radioactive de Daverdisse et les minéraux uranifères associés. *Ann. Soc. Géologique de Belgique*, 105, 177-193
- JEDWAB, J. (1980) - L'analyse des particules individuelles et ses applications. *Lab. de Géochimie, U.L.B.*, 125 p.
- RAMDOHR, P. (1957) - Die "Pronto-Reaktion". *N. Jahrb. Min. Monatsh.*, 217-222.
- RAPPORT CEE (1982) : CHARLET, J.-M., DEJONGHE, L., DE WITTE, S.-M., DRUMEL, B., HENRY, J., HERBOSCH, A., LEFIN, J.-P. et MARTIN, H. - Prospection de l'uranium dans le Paléozoïque de Belgique. *Rapport final. Serv. géol. de Belgique*. 192 p.
- SEELIGER, E. und STRUNTZ, H. (1965) - Erzpetrographie des Uran-Mineralien von Wölsendorf. II Mitt. : Brannerit, Lermontovit (?), Selen und Selenide, Ni- und Bi-Begleitminerale etc... *N. Jahrb. Min. Abh.* 103 163-178.
- TISCHENDORF, G. (1959) - Zur Genesis einiger Selenidvorkommen, insbesondere von Tilkerode im Harz. *Freib. Forschungsh. C69. Min.-Lag.*, 168 p.

Manuscrit déposé le
4 décembre 1982.

TABLEAU 1.

ANALYSES DE BRANNERITES

N° d'analyse	D A V E R D I S S E				B O U A Z Z E R *			
	1246	1254	1235	1240	1245	1244	1347	1346
U %	63,1	62,9	64,6	68,2	58,0	59,2	62,2	59,3
Ca	2,0	1,2	1,2	4,1	2,1	1,8	1,8	1,9
Y	-	-	-	-	2,4	2,3	1,0	1,8
Ti	35,0	33,9	34,3	28,4	35,5	35,4	33,1	34,5
Fe	-	2,0	-	3,5	1,9	1,4	1,9	1,9
$\frac{\text{Ti} + \text{Fe}}{\text{U} + \text{Ca} + \text{Y}}$ (at.) =	2,32	2,50	2,37	1,82	2,40	2,39	2,28	2,34

* Echant. 3627 MRAC

TABLEAU 2

ANALYSES D'OXYDES DE TITANE ET DE XENOTIME

n° d'analyse	OXYDES ROUGES		R U T I L E S			X E N O T I M E	
	1132	1133	1244	1660	1661		1269
U %	63,8	58,1	7,44	1,6	12,4	UO ₂ %	5,43
Ca	3,6	3,1	-	-	-	Gd ₂ O ₃	3,86
Pb	8,7	7,6	-	-	-	Dy ₂ O ₃	4,03
Ti	12,7	9,4	70,16	97,0	85,6	Y ₂ O ₃	49,07
Fe	5,3	16,9	22,39	1,3	11,9	P ₂ O ₅	37,75
P	0,6	0,6	-	-	-		
S	3,4	2,3	-	-	-		
Cu	1,8	2,0	-	-	-		
$\frac{\text{Ti}+\text{Fe}}{\text{U}+\text{Ca}+\text{Pb}}$ (at.) =	0,90	1,28				$\frac{\text{P}_2\text{O}_5}{\text{UO}_2+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{T.R.}\cdot 2\text{O}_3}$ (at.) = 1,03	

TABLEAU 3

ANALYSES D'HYDROXYDES DE FER *

N° d'analyse	1290	3204	1276	3203	3221	3220
P ₂ O ₅ %	15,16	4,20	15,62	10,18	-	-
UO ₃	6,14	7,78	7,30	4,89	2,82	-
CaO	0,14	-	0,84	1,06	-	-
TiO ₂	-	1,61	0,84	-	-	-
FeO	56,28	68,61	73,23	75,43	94,19	97,23
CuO	1,38	1,07	2,05	2,68	2,94	2,21
Bi ₂ O ₃	1,51	16,64	-	-	-	-
SeO ₃	1,99	-	-	5,60	-	-
ZrO ₂	17,20	-	-	-	-	-

* Après soustraction du Si et de l'Al, qui sont régulièrement présents mais en concentrations très variables.

TABLEAU 4

ANALYSES DE SELENIURES D'Ag, Hg, Pb et Bi

N° d'analyse	TIEMANNITES				CLAUSTHALITES		(BOHDANOWICZITES)		(SELENIURES DE Pb-Hg-Bi)		
	1261	1263	3556	1273	1270	3205	1286	1284	1282	1271	1272
Ag %	-	-	-	-	-	-	11,2	14,6	-	-	-
Hg	71,5	72,9	71,8	73,2	-	-	7,4	-	22,4	23,6	21,9
Pb	-	-	-	-	74,0	74,0	-	9,6	14,6	12,0	11,1
Bi	-	-	-	-	-	-	44,9	39,3	36,9	36,0	35,7
Se	28,6	27,1	28,2	26,8	26,0	26,0	36,6	36,4	26,1	28,4	31,3
	Hg/Se (at.) =				Pb/Se (at.) =		Ag+Hg+Pb/Bi/Se (at.) =		Hg+Pb/Bi/Se (at.) =		
	0,98	1,05	1,00	1,07	1,08	1,08	1286 : 0,65/1/2,15 1284 : 1 /1/2,45		1282 : 1,05/1/1,87 1271 : 1,02/1/2,08 1272 : 0,95/1/2,32		

TABLEAU 5

MINERAUX RENCONTRES DANS LES DIVERSES PARAGENESES DE DAVERDISSE.

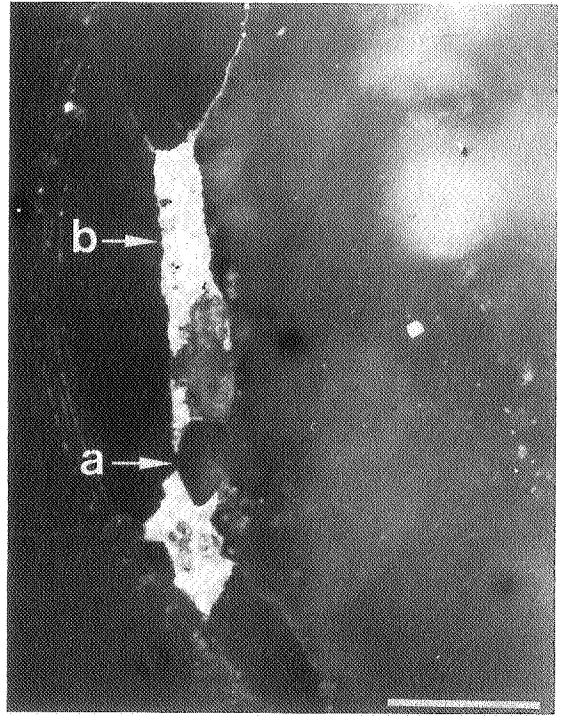
O X Y D E S	S E L E N I U R E S , S U L F U R E S & M E T A U X N A T I F S
Uraninite	Clausthalite
Brannerite	Tiemannite
Rutile(s)	(Bravoite)
Anatase	Pyrite
Oxyde rouge à U-Ti-Fe	Chalcopyrite
Quartz	(Bohdanowiczite)
(Oxyde de bismuth)	(Naumannite)
	(Argentite ou acanthite)
	(Amalgame Ag-Hg)
	(Hg-Ag-Se)
	(Pb-Bi-Hg-Se)
	(Fe-Sb-S)
	(Ag)
	(Au-Pd)
S U L F A T E S	
Jarosite	
(Plumbojarosite)	
(Sulfate de Fe)	
H Y D R O X Y D E S	P H O S P H A T E S
(Hydroxyde de Fe à U, Bi, Zr)	Xénotime
(Hydroxychlorure de Fe)	Torbernite
	Autunite

PLANCHE I

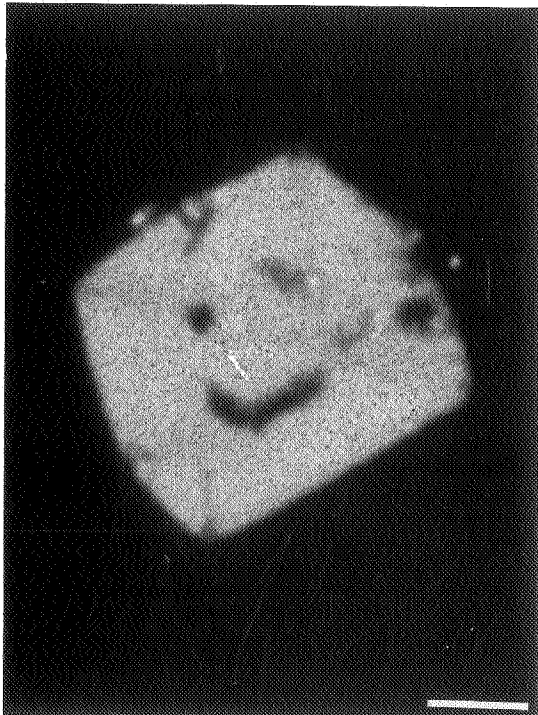
- Photo 1 Uraninite et tiemannite incluses dans du quartz.
(Sect. polie, micr. optique, réflex., immersion, nicols croisés; barre = 100 μm).
Uraninite : petits cristaux noirs sous la surface polie à différentes profondeurs (au centre).
Tiemannite : grande plage polie (en haut).
- Photo 2 Cristal d'uraninite poli et tiemannite partiellement altérée.
(Sect. polie, micr. optique, réflex., immersion, nicols décroisés; barre = 20 μm).
Uraninite : monocristal poli, inclus dans du quartz, à droite.
Tiemannite altérée :
à gauche, remplissage de fissures et de vides entre les quartz, parfois en cristaux (a). En (b) : tiemannite inaltérée.
- Photo 3 Monocristal d'uraninite.
(Sect. polie, micr. optique, réflex., immers., nicols décroisés; barre = 2 μm).
Agrandissement du cristal de la Photo 2. On remarquera les faces courbes et les fissures affectant les sommets.
Quartz : en noir.
- Photo 4 Groupe de cristaux d'uraninite.
(Sect. polie, micr. électron. à balayage, mode sec.; barre = 10 μm).
Le polissage a révélé les structures squelettiques et des vides centraux.



1



2



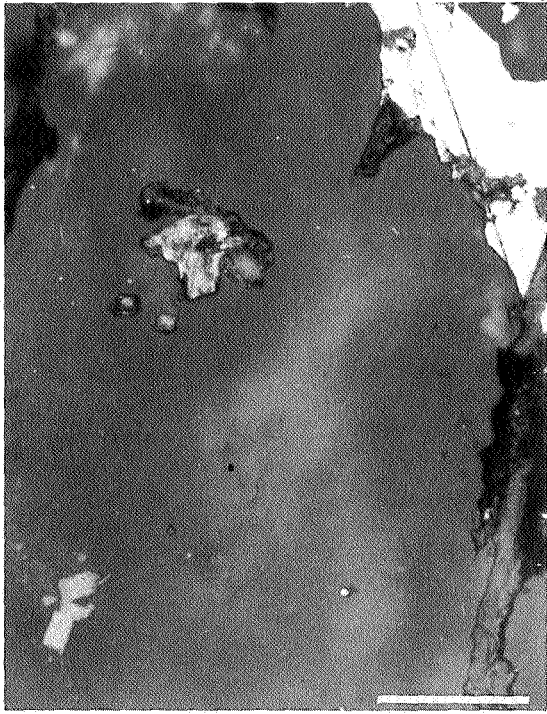
3



4

PLANCHE II

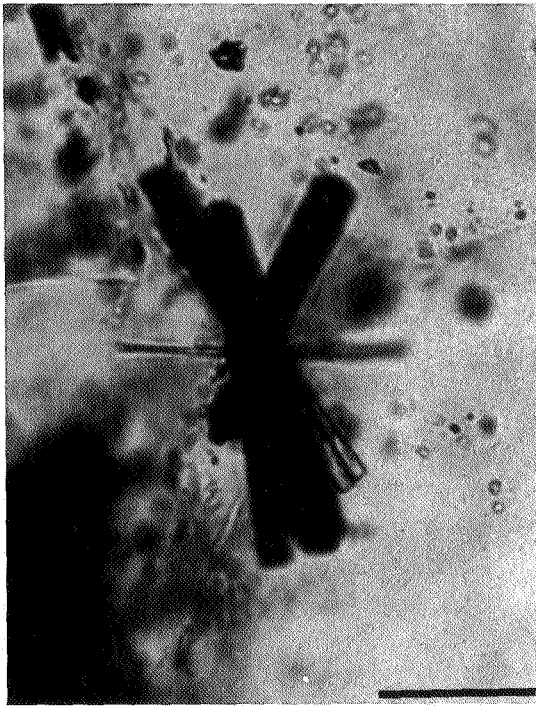
- Photo 5 Groupe de cristaux de brannerite.
- (Sect. polie, micr. optique, réflex., immersion
nic. parallèles; barre = 50 μm)
- Brannerite : quatre sections de prismes, en bas à g.
- Tiemannite : plage polie en haut à dr. Remarquer les
différences de pouvoir réflecteur entre
la tiemannite et la brannerite.
- (Rutile) : groupe de prismes et deux prismes isolés
affleurant, en haut à g.
- Photo 6 Prismes de brannerite polis.
- (Sect. polie micr. opt. réflex., immers., nic. décroisés;
barre = 10 μm).
- Sections obliques de deux prismes inclus dans du quartz.
On distingue la prolongation des prismes, en flou.
- Photo 7 Oursin de brannerite semi-transparente et de rutile
transparent.
- (Lame mince, micr. optique, transmission, nic. parallèles;
barre = 10 μm).
- Photo 8 Oursin de rutile transparent.
- (Lame mince, micr. opt., transmission, nicols parallèles;
barre = 10 μm).



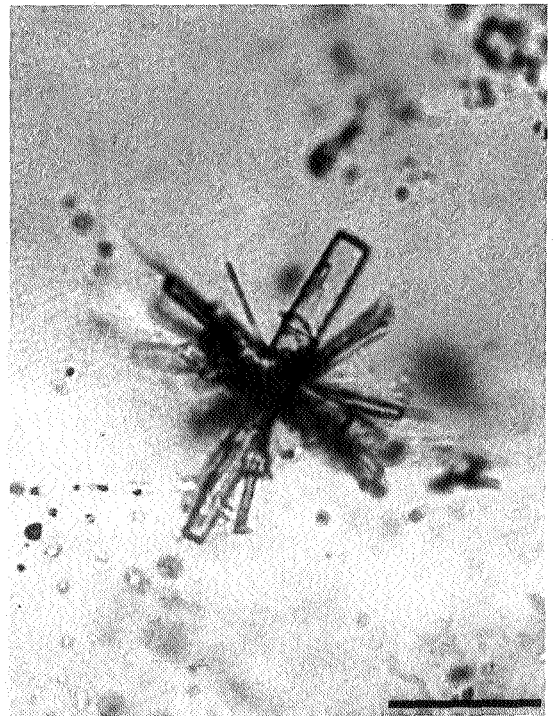
5



6



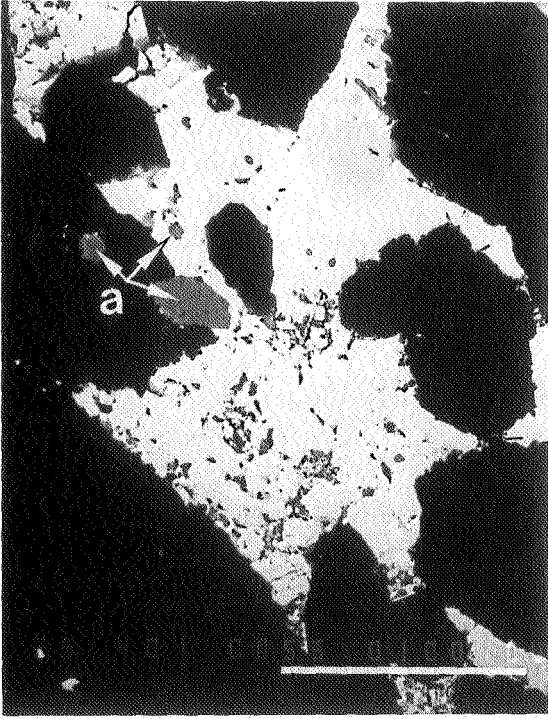
7



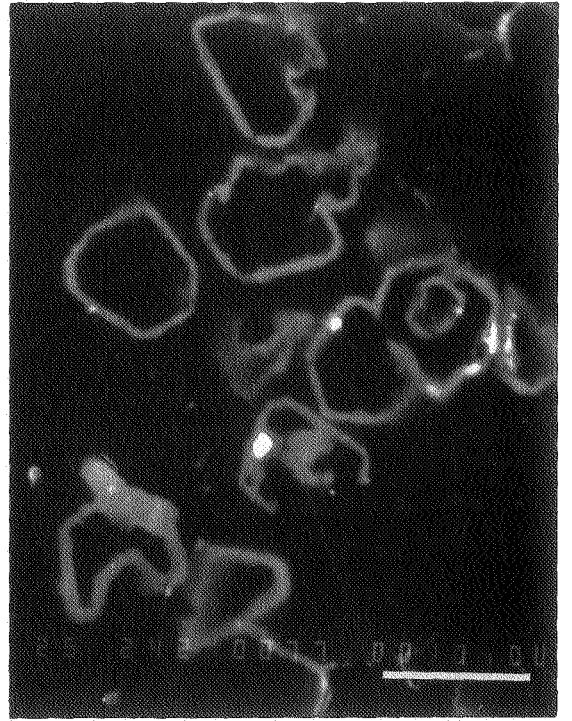
8

PLANCHE III

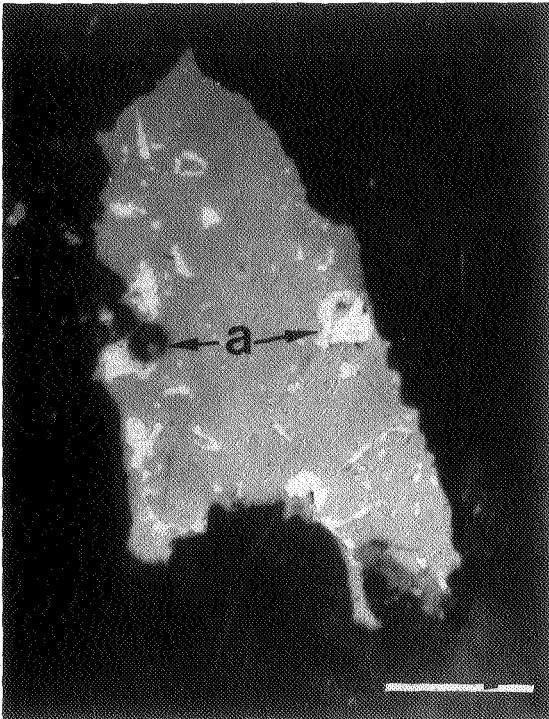
- Photo 9 Tiemannite en étoilé et xénotime
(Sect. polie, micr. électronique, mode sec.; barre = 10 μm)
Tiemannite : en blanc, remplissant les vides entre les cristaux de quartz noirs.
Xénotime : en gris, à gauche (a) : trois grains dont l'un est entièrement inclus dans le quartz, le plus grand à moitié dans la tiemannite, et le plus petit entièrement dans la tiemannite.
- Photo 10 Hydroxyde de Fer et Zirconium.
(Sect. polie, micr. électron., mode sec.; barre = 10 μm)
Hydroxyde : en gris, encapuchonnant des cristaux de quartz (en noir), le tout également inclus dans du quartz.
- Photo 11 Tiemannite et Clausthalite.
(Sect. polie, micr. opt., réflex., immersion, nic. parallèles; barre = 10 μm).
Tiemannite : grande plage grise
Clausthalite : (a) : inclusions blanches, parmi d'autres inclusions indéterminées.
- Photo 12 Sulfate de Fer
(Sect. polie, micr. électr., mode sec.; barre = 10 μm)
Sulfate de fer : cristaux fibro-radiés dans la fissure centrale.
Hydroxyde de fer : bordures de la fissure (en gris clair).
Quartz : en gris sombre.



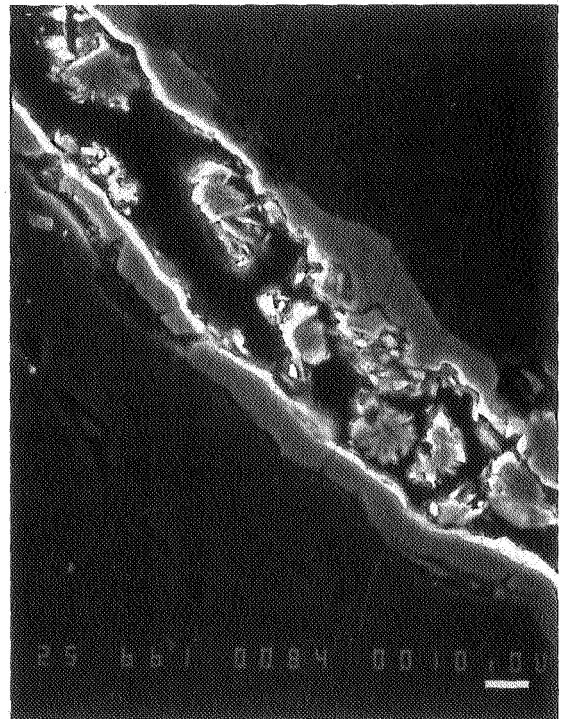
9



10



11



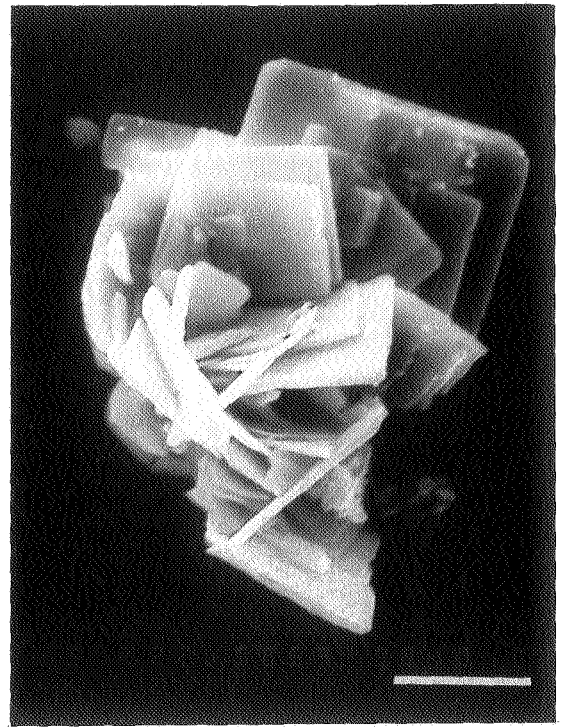
12

PLANCHE IV

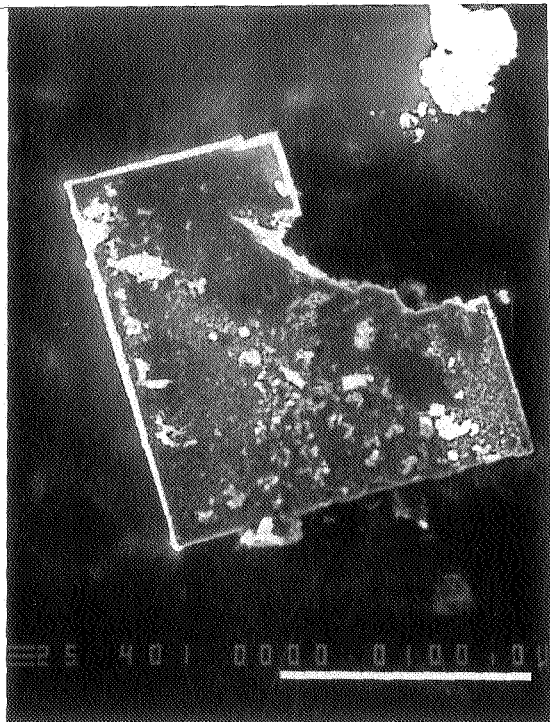
- Photo 13 Pseudomorphose de sulfure en hydroxyde de Fer
(Sect. polie, micr. électronique, mode sec.; barre = 10 μm)
Les zonages et la forme évoquent un cristal cubique.
La zone externe est enrichie en U (analyse 3221).
- Photo 14 Groupe de cristaux de torbernite
(poudre dispersée sur membrane; micr. électronique, mode sec.; barre = 10 μm)
- Photo 15 Cristal d'anatase
(extrait manuel d'une géode; micr. électronique, mode sec.
barre = 10 μm)
- Photo 16 Cristaux de jarosite sur quartz altéré
(poudre dispersée sur membrane; micr. électronique,
mode sec.; barre = 10 μm).



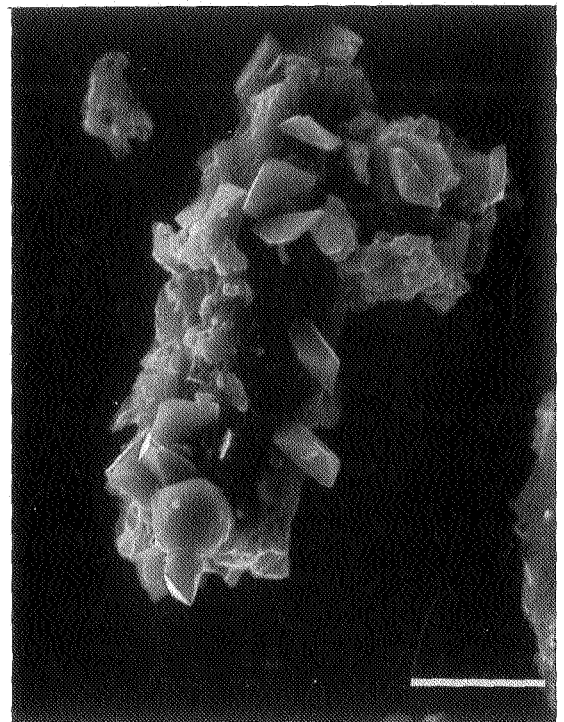
13



14



15



16

N. V. SMET D. B.

VERKENNINGSBORINGEN

WATERWINNINGSPUTTEN

POMPENINBOUW

WATERBEHANDELING

AFVALWATERSTATIONS

BETONBORINGEN

Stenehei 30

2480 DESSEL

Tel. 014/37 76 56

Telex 33189