

Application de la géochimie à la recherche et à l'étude des gisements de cassitérite au Congo belge et au Ruanda-Urundi

par MM. VAES, HAINE et HERMAN

Samenvatting.

Het Centrum voor Mijnbouwkundige Opzoekingen van Bukavu, te midden van de mijnafzettingen van het Oosten van Kongo en van Ruanda-Urundi gelegen, wordt beheerd door de Directie van de Dienst der Mijnen van Belgisch Kongo en van Ruanda-Urundi. Het doel dat door dit Centrum wordt nagestreefd is de invoering van nieuwe minerale nijverheden en de uitbreiding van de productie van de reeds bestaande. Daartoe houdt het Centrum zich bezig met de studie van de prospectiemethodes, de inventaris van de voorraden van nog niet ontgonnen mineralen, de verbetering van de recuperatiemethoden, de studie van de transformaties die, uitgaande van de ontgonnen ertsen, economisch gezien met voordeel ter plaatse kunnen uitgevoerd worden, en van de vermindering der kostprijzen.

Tot nu toe geschiedde de opsporing en de voorafgaande studie van de kassiteriet-afzettingen op monsters grint opgenomen aan de oppervlakte, bijvoorbeeld in de flats van de waterlopen, of in de ondergrond, door middel van kostelijke en tijdrovende boringen of sleuwen. Vervolgens werd het grint gepand en de concentraten van die bewerking onderzocht.

We hebben ons vooreerst afgevraagd of deze klassieke methode niet geheel of gedeeltelijk kon vervangen worden door een snellere en minder kostelijke geochemische methode. Door systematische studies dienden daartoe de wijzen van monstername, van behandeling en van ontleding der monsters onderzocht, bijzonder met het oog op de snelheid en de vermindering van de kosten van deze bewerkingen.

Nadat deze geochemische methode op punt gesteld was, heeft men getracht de waarde te bepalen van de aanduidingen die ze geeft, volgens de verschillende typen van bestaande afzettingen, vooral in de gevallen waarin de klassieke methode bijzonder langzaam en kostelijk uitviel.

Le Centre de Recherches Minières établi à Bukavu, au milieu des gisements miniers de l'Est du Congo et du Ruanda-Urundi, est géré par la Direction du Service des Mines du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Les buts essentiellement poursuivis par ce Centre de Recherches sont l'introduction de nouvelles industries minérales dans le pays et le développement de la production de celles qui existent déjà. Pour cela, le Centre s'occupe de la recherche de méthodes de prospections, de l'inventaire des richesses minérales en éléments non encore exploités, de l'amélioration de méthodes de récupération, de l'étude des transformations économiquement intéressantes à exécuter sur place en partant des minéraux extraits et de la diminution des prix de revient.

Il était normal que des opérations de recherche et d'étude des gisements, qui constituent la première

phase de l'établissement d'une industrie minérale, fassent l'objet d'investigations approfondies.

Les travaux dont il va être question ont été effectués par la Section Chimie du Centre de Recherches Minières, avec la collaboration du Laboratoire de Recherches Chimiques de Tervuren, du Service de l'Inspection des Mines et des principales sociétés minières de la région. Les études qui seront décrites ont porté sur la recherche et l'étude superficielle, par géochimie, des gisements de cassitérite, minéral d'étain qui constitue le principal produit minier actuellement exploité dans l'Est du Congo et au Ruanda-Urundi.

I. But poursuivi.

Jusqu'à présent la recherche et l'étude préliminaire des gisements de cassitérite se faisaient d'après des échantillons de gravier recueillis superficielle-

ment, par exemple dans les flats des cours d'eau, ou extraits du sous-sol après fonçages, longs et coûteux, de puits et de tranchées. On procédait ensuite au panning des graviers et à l'étude des concentrés lourds recueillis par panning.

Nous nous sommes d'abord demandé si cette méthode classique ne pouvait pas être remplacée, partiellement ou totalement, par une méthode géochimique beaucoup plus rapide et moins coûteuse. Nous avons donc dû, par des études méthodiques, mettre au point la pratique de prises, de traitement et d'analyse des échantillons, en visant tout spécialement la rapidité et le coût le moins élevé possible de ces opérations.

La méthode géochimique étant mise au point, nous avons cherché à déterminer la valeur des résultats qu'elle fournit suivant les différents types de gisements en présence, en nous attachant surtout au cas où la méthode classique s'avérait spécialement lente et coûteuse.

II. Mise au point de la méthode géochimique.

A. Méthode d'analyse.

1. Choix d'une méthode.

Les processus analytiques, applicables à la détermination de traces d'étain, comprennent une méthode colorimétrique à la galléine dont la sensibilité va jusqu'à $4 \cdot 10^{-6}$ et une autre, au dithiol, moins sensible. Elles sont toutes deux sujettes à interférences. De plus, comme la plupart des méthodes chimiques, y compris la polarographie, elles impliquent la mise en solution des échantillons solides et un nombre plus ou moins grand de séparations.

A cet égard, les méthodes spectrographiques par émission directe des poudres offrent de tels avantages qu'elles sont généralement adoptées par tous ceux qui possèdent l'installation adéquate. La méthode par émission optique étant nettement plus sensible que celle par fluorescence aux R.X., elle est choisie sans hésitation. En vérité, ses caractéristiques en font un moyen répondant exactement aux critères que nous nous étions imposés :

- les seules opérations préliminaires sont celles requises par les nécessités classiques de l'échantillonnage (broyage et homogénéisation) ;
- de nombreuses déterminations sont faites en peu de temps ;
- la reproductibilité est suffisante pour le relevé des anomalies ;
- le témoin permanent, constitué par la plaque spectrographique, peut être réétudié indéfiniment ;
- l'enregistrement effectué pour étain sert à la recherche de nombreux autres éléments ;
- le coût de la détermination est le moins élevé.

Par contre, elle présente les inconvénients de devoir être exécutée par un personnel spécialisé au

moyen d'un appareillage très coûteux et il est difficile, sinon impossible, de l'appliquer sur le terrain.

C'est pourquoi, seule la nécessité d'effectuer de multiples travaux, permettant d'amortir le capital investi sur de très nombreuses déterminations, en fera une méthode économiquement rentable. A défaut, vu ses avantages exceptionnels, il faudra s'efforcer d'en assurer l'application en dirigeant les besoins analytiques vers une installation centralisée.

2. Discussion des conditions de la spectrographie.

D'après Harvey, en appliquant sa méthode, la limite de détection de l'étain par spectrographie d'émission optique, atteint respectivement 0,007 % dans le graphite, 0,003 % dans Al ou Si et 0,002 % dans Fe, c'est-à-dire environ 0,003 % dans les sols. Ces teneurs correspondant à une prise de 10 mg d'échantillon, on peut estimer à 0,3 γ , sur électrode, la plus petite quantité d'étain décelable dans les sols.

La teneur limite diminue quand on augmente le poids de la prise spectrographiée et ce, d'autant plus que, l'étain émettant durant la phase volatile, son élimination sera totale, sans devoir trop chauffer, même avec des échantillons assez volumineux.

Les cuvettes cylindriques que nous utilisons ont 6 mm de hauteur et 4,5 mm de diamètre ; elles contiennent près de 100 mg de sol. La qualité de l'échantillonnage et la sensibilité des déterminations sont ainsi améliorées.

La recherche des conditions de la spectrographie a été guidée par le souci de ne pas compliquer le processus. C'est pourquoi nous n'avons pas essayé d'ajouter des « carriers », provoquant une volatilisation sélective, ou des fondants, permettant d'opérer à l'étincelle et à l'arc alternatif. Nous excitions à l'arc continu, à 10 A, pendant 60 secondes, c'est-à-dire sous grande énergie pour avoir la certitude de révéler de faibles traces de cassitérite. L'interférence du fond continu étant minime dans la région des 2,800 Å, où se trouvent les raies analytiques choisies pour l'étain, il n'y a pas à craindre qu'elle soit gênante. Par contre, ces fortes conditions d'excitation favorisent l'émission d'éléments moins volatils tels que W, Ta, Nb, dont la présence est toujours intéressante à connaître.

3. Détermination des teneurs.

a) Méthode visuelle.

On sait qu'il apparaît de moins en moins de raies d'un élément lorsque la teneur de l'échantillon en cet élément diminue. Si, d'après des spectres de produits à teneurs connues, on pointe les raies qui apparaissent à partir d'un certain niveau de concentration, inversement il sera possible d'évaluer ce niveau, dans l'échantillon inconnu, d'après la composition de son spectre.

Harvey établit comme suit la correspondance entre l'apparition des raies Sn et les teneurs en cet élément dans le graphite :

Sn I 2839.99 — 0,008 %, Sn I 2850.62 — 0,09 %, Sn I 2813.58 — 0,28 %, Sn 2812.57 — 1,3 %.
(Nous nous limitons à la région des 2.800 Å).

Cette correspondance doit être vérifiée avec chaque installation et pour chaque processus.

A noter que ces raies ne comportent pas de coïncidences réellement dangereuses avec un spectrographe à grande dispersion.

La reproductibilité de cette méthode, très rapide, va dépendre principalement de la constance des conditions d'excitation et d'enregistrement, ainsi que de celle de la composition des produits analysés. A chaque dosage, il faudra reproduire très exactement les conditions adoptées. Pour cela, il est indispensable de travailler avec une source de courant stabilisé fournissant un arc continu parfaitement reproductible. D'autre part, la composition des échantillons varie peu si on analyse toujours des sols, mais avec d'autres milieux : roches diverses, concentrés miniers, minéraux, il ne faudra jamais oublier de recommencer les calibrages.

On pourrait opérer par dilution solide, toujours avec le même produit, pour éviter l'influence des « tiers éléments » ; le processus perdant alors de sa rapidité, nous ne l'avons pas retenu.

L'inscription des teneurs se fera en marquant par : très faible, faible, nette ou forte, les intensités des raies caractéristiques appréciées à l'œil.

Avec un peu d'habitude, il sera possible de classer les teneurs suivant une progression de raisons $\sqrt[3]{10}$; par exemple : 0,003 — 0,01 — 0,03 — 0,1 — 0,3. L'écart maximum correspondra environ à 2 termes de cette progression.

b) Méthode photométrique.

On obtiendra une meilleure approximation en mesurant l'opacité des raies au microphotomètre. La photométrie de la raie Sn I 2839.99, pleinement illuminée, l'une des plus sensibles et à l'abri de coïncidence, fournit des valeurs acceptables dans la gamme des teneurs intéressantes. Nous nous limitons donc à la mesure de cette raie et n'utilisons pas de secteur devant la fente du spectrographe, ce qui permet d'enregistrer une soixantaine de spectres, de 1 mm de hauteur, sur chaque plaque.

Nous avons essayé d'améliorer la reproductibilité, non par addition d'un standard, ce qui compliquerait la préparation des échantillons, mais en utilisant un constituant essentiel des sols : le fer, comme standard interne. La reproductibilité du rapport des intensités Sn I 2839.99/1 raie Fe n'étant pas nettement meilleure, nous avons décidé de reporter seulement l'intensité de Sn sur le diagramme des teneurs. (I Sn en fonction logarithmique de % Sn).

Concernant la reproductibilité, l'écart maximum relatif vaut environ 100 %, c'est-à-dire qu'en moyenne les résultats seront reproduits à 35 % près. Cette reproductibilité est largement suffisante pour pouvoir relever les anomalies d'une série statistique.

4. Processus adopté.

Comme suite à ces diverses considérations, nous avons adopté la méthode et les conditions suivantes :

Echantillon : Broyé à — 100 mesh, prise environ 100 mg.

Electrode : National carbon regular grade AGKS \varnothing 1/4", longueur 12".

Electrode positive ; longueur 3 cm, \varnothing 6,0 mm.

Creuset : \varnothing 4,5 mm, profondeur 6 mm.

Contre électrode : en pointe, longueur 6 cm.

Excitation : Arc continu 10 A durant 60 secondes.

Spectrographie : Baush and Lomb Model Littlow.

Position Quartz 5, longueur d'onde : 2.500 à 3.500 Å, hauteur de fente 0,9 mm, largeur de fente 0,02 mm.

Plaque : Gevaert 11C50 — 60 spectres par plaque ; développement 4 minutes dans Gevaert g 209.

Densitomètres : Fuess ou A.R.L. Dietert.

B. Prise d'échantillon.

Il fallait déterminer la profondeur de prise de l'échantillon, son poids et la méthode de prise, en ne perdant pas de vue les critères rapidité et bon marché des opérations. Les travaux exécutés ont amené aux conclusions suivantes.

1. Profondeur de prise.

Lorsqu'il s'agit de terrains éluvionnaires provenant de la décomposition des roches sous-jacentes et que ces terrains ne sont pas cultivés, il suffit de faire la prise d'échantillons immédiatement sous l'humus, à une quarantaine de centimètres de profondeur. Nous avons comparé les résultats obtenus avec de telles prises à ceux obtenus avec des prises plus profondes : les diagrammes des teneurs ont la même allure. Dès lors, il est plus économique de s'en tenir aux prises d'échantillons effectuées à environ 40 cm de profondeur.

Lorsque les terrains superficiels sont allochtones, tels que recouvrement de cendrées volcaniques, sables éoliens, etc..., nous avons pu constater que les prélèvements superficiels ne sont plus caractéristiques des gisements recouverts par ces terrains. L'explication de ce fait nous paraît être la suivante. La cassitérite est un minéral très dur et très stable. Dès lors, les teneurs en étain que nous mesurons dans les terrains superficiels recouvrant le gisement doivent provenir, pour la très grosse part, des fines particules de cassitérite qui s'y trouvent. Les cations, à l'inverse de ce qui se passe pour les minéraux très

solubles, de cuivre, plomb et zinc par exemple, ne doivent jouer qu'un rôle fort secondaire. Dès lors, comme ces terrains allochtones ne peuvent pratiquement pas contenir de particules de cassitérite, il est normal que les teneurs en étain qu'on y trouve soient très faibles et peu caractéristiques. Dans ce cas, les prises d'échantillons doivent être faites dans les formations qui se trouvent sous les terrains allochtones de recouvrement.

2. Poids de prises d'échantillon.

Nous sommes tenus par deux considérations. D'une part, le volume de l'échantillon doit être suffisant de façon que cet échantillon soit représentatif. D'autre part, plus le poids de cet échantillon est élevé, plus les frais de traitement et de transport sont importants.

A la suite de plusieurs essais comparatifs, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il suffisait de prélever environ 100 g de terre.

3. Méthode de prélèvement.

L'opération de prélèvement doit être conduite de manière à réduire, le plus fortement possible, la possibilité de pollution de l'échantillon.

Pour la prise d'échantillons à faible profondeur, nous nous sommes servi couramment d'une petite tarière métallique. Après enlèvement préalable de la végétation couvrant éventuellement le sol, la tarière était enfoncée une première fois, par vissage, jusqu'à la profondeur voulue. Par traction, une première prise était extraite et jetée. Cette première doit servir à creuser le trou et à nettoyer la tarière. Si la terre est trop collante, le nettoyage de la tarière peut être complet à l'aide d'une poignée d'herbe ou de feuilles. Une seconde prise est alors effectuée dans le même trou. Cette prise est mise immédiatement dans un sachet en plastique. Le sachet est fermé, la marque d'identification de la prise étant placée à l'extérieur du sachet.

Pour les prises superficielles, à défaut de tarière on pourrait utiliser une bêche, en prenant cependant un minimum de précaution pour éviter les pollutions.

Pour les prises plus profondes, on peut utiliser une tige métallique garnie d'un petit carottier à son extrémité inférieure. Le trou est préalablement creusé par battage à l'aide d'une tige métallique pointue, puis la prise est effectuée au petit carottier.

C. Traitement des échantillons.

Les échantillons prélevés doivent d'abord être séchés. Cette opération peut se faire en étuve ou, quand c'est possible, par exposition au soleil. On tamise ensuite à 8 mesh pour enlever les morceaux de roches, qui peuvent se trouver dans les échantillons. Pour la suite des opérations de traitement,

nous avons recherché dans quelle fraction granulométrique de l'échantillon se trouvait l'étain. Nous avons analysé des échantillons tout-venants et des échantillons débourbés, dont on avait donc enlevé la portion inférieure à 200 mesh.

Nous avons constaté que la teneur de l'échantillon tout-venant est inférieure à la teneur de l'échantillon débourbé. Dans le moins 200 mesh, la teneur en étain est presque nulle; c'est ce qui nous a amenés à admettre que c'est surtout sous forme de petits grains de cassitérite que l'étain se trouve dans les échantillons prélevés au voisinage des gisements.

Le traitement de l'échantillon se poursuit de la manière suivante. Le tout-venant est broyé dans un mortier en mulite ou en porcelaine, à l'aide d'un pilon de même matière. L'opération est poursuivie jusqu'à ce que la masse soit broyée à environ 100 mesh. Ce broyage assez long (1 heure environ) est nécessaire pour bien homogénéiser la masse et permettre le prélèvement d'une petite prise qui doit passer à la spectrographie. Il est inutile de débourber avant broyage et de tamiser après, ces opérations n'étant nullement indispensables et comportant un risque de pollution.

III. Résultats obtenus.

A. Recherche des régions minéralisées.

Par la méthode classique de prospection, on recherche les régions minéralisées en cassitérite en parcourant des itinéraires plus ou moins serrés dans ces régions et en pannant le gravier des flats de rivières que l'on rencontre. Si les indices donnés au pannage sont satisfaisants, on développe la prospection par l'étude systématique des graviers des rivières où l'on a découvert ces indices.

Cette méthode ne donnera guère de résultats lorsqu'il s'agira d'étudier des régions fortement pénéplanées où il n'y a pas beaucoup de rivière, ou des régions très fortement accidentées où les cours d'eau sont torrentiels et les alluvions presque inexistantes parce qu'emportées par les eaux. De plus, comme le pan ne retient pratiquement pas la fine cassitérite en dessous de 100 mesh, il faudra serrer suffisamment les itinéraires si l'on ne veut pas manquer les gisements étroitement localisés.

Nous nous sommes dès lors demandé si la prospection géochimique ne pouvait être utilement employée pour remplacer la méthode de prospection classique, spécialement dans les cas où l'application de cette dernière est aléatoire ou présente des difficultés.

A cet effet, une expérience a été tentée au Manie-ma, le long d'une route, sur 135 km de distance. Cette route entre et sort des concessions, ne recoupe directement aucun gisement, mais passe à une distance plus ou moins grande de ceux-ci. Les prélève-

ments, effectués à une profondeur de 40 cm environ, ont été exécutés au hasard, espacés d'un km hors concession, et de 500 m en concession. Les échantillons ont été analysés au spectrographe optique. Le diagramme des teneurs obtenu est extrêmement typique. Toutes les auréoles des gisements dont on s'est approché ont été décelées par des anomalies atteignant 10 à 15 fois la valeur du back-ground.

Les conclusions du géologue qui a effectué cet essai sont les suivantes.

« Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants : les analyses spectrographiques donnent des anomalies nettes qui auraient certainement permis de détecter les gisements en prospection de première reconnaissance. Il est certain que la méthode pourrait être utilisée pour la recherche de gisements de cassitérite importants ».

Nous pouvons donc conclure que les auréoles géochimiques des régions stannifères peuvent s'étendre assez loin, en fonction de l'importance de ces gisements et des conditions morphologiques des lieux et que la méthode utilisée permet de repérer aisément ces auréoles.

Nous pensons également que, lorsque la région s'y prête, la recherche des zones minéralisées en cassitérite pourrait également se faire, et à bon marché, par l'étude géochimique des alluvions de rivières. En effet, la très fine cassitérite peut certainement cheminer à d'assez grandes distances et la présence de très faibles traces d'étain sera décelée sans difficulté. Nous n'avons cependant pas encore effectué d'essais pour vérifier cette idée.

B. Etude superficielle détaillée d'une région minéralisée.

1. Gisements alluvionnaires.

Lorsque le gravier alluvionnaire n'est pas trop profondément enterré, la prospection classique par pannage du gravier n'offre aucune difficulté. Les puits à creuser ne sont pas trop longs et l'eau nécessaire au pannage se trouve à proximité. Cependant si une partie importante de la cassitérite a des granulométries inférieures à 100 mesh, il y a de grandes chances que l'opération de pannage ne permette de déceler qu'une part fort limitée de la fine cassitérite.

Lorsque le gravier alluvionnaire est profondément enterré, les travaux de prospection classique deviennent beaucoup plus coûteux. Les puits seront fort longs et quelquefois ils ne pourront atteindre le gravier si le niveau de la nappe hydrostatique se situe à un niveau trop élevé.

Tenant compte des difficultés que rencontre la prospection classique dans le cas des gisements alluvionnaires profondément enterrés, nous avons, jusqu'à présent, limité nos études géochimiques à ce type de gisement.

Un essai a été effectué au Ruanda-Urundi sur une vallée sèche de plus de 2 km de largeur. Un gisement avait été repéré dans cette vallée consistant en un gravier quartzeux à gros éléments, enterré sous 15 à 25 m de sable et d'argile. Le gravier était anguleux et n'avait guère subi de transport au point qu'on le retrouvait fréquemment au-dessus des zones dont il provenait.

Les anomalies géochimiques ne sont pas fort élevées et atteignent au maximum 3 fois le back-ground. Ce fait est dû, très vraisemblablement, à la forte épaisseur des terres de recouvrement. Par contre, les zones des plus fortes teneurs, décelées par la géochimie, coïncident remarquablement avec les zones les plus riches du gisement connu. De plus, la géochimie a permis de déceler une autre zone à teneurs élevées et les travaux ultérieurs de recherche ont permis d'y trouver également un gisement à teneurs intéressantes.

Nous pouvons donc dire que, dans le cas présent, la géochimie permet de déterminer rapidement et à peu de frais les zones les plus intéressantes du gisement. Il suffit dès lors de creuser quelques puits de contrôle pour connaître les caractéristiques de ce gisement.

Un autre essai a été exécuté également au Ruanda-Urundi dans une vallée sèche, beaucoup plus étroite. Le gravier minéralisé était enfoui sous près de 20 m de terres. Une prospection fort coûteuse, exécutée par la méthode classique, avait permis de déterminer un run bien minéralisé. La géochimie a décelé ce run qui correspondait aux teneurs les plus élevées trouvées à l'analyse spectrographique. Cependant à un endroit, un des flancs de la vallée contenait une pegmatite minéralisée. A cet endroit, les teneurs les plus élevées, trouvées par géochimie sont déportées vers le flanc minéralisé de la vallée. Ce fait peut, nous semble-t-il, s'expliquer très logiquement, car, à l'aplomb de la pegmatite minéralisée, les échantillons de terres superficielles que nous analysons contiennent également des grains de cassitérite provenant de cette pegmatite.

Dans un autre cas de vallée sèche, des couches de graviers minéralisés, multiples et de forme fort irrégulière, se chevauchent. L'analyse des terres superficielle n'a donné d'indications valables que pour la couche supérieure de gravier.

Enfin, nous avons effectué des études sur un gisement alluvionnaire du Kivu recouvert de 15 à 20 m de cendrées volcaniques. L'analyse des échantillons de cendrées de laves superficielles n'a donné que de faibles teneurs, sans aucune anomalie caractéristique.

Ce résultat nous paraît dû au fait qu'il est pratiquement impossible que les couches de cendrées de laves superficielles puissent contenir des petits grains de cassitérite, en provenance du gisement sous-jacent.

En conclusion nous estimons que, dans les cas de prospections alluvionnaires difficiles, il y a toujours intérêt à se demander si l'application de la méthode géochimique ne pourrait pas donner des indications utiles et à effectuer les mesures lorsque les chances de réussite paraissent raisonnables.

2. Gisements éluvionnaires.

Dans ce cas, la méthode classique de prospection est toujours assez longue et coûteuse, car pour les opérations de pannage, il faut transporter le gravier ou l'eau sur des distances plus ou moins grandes. Dans les régions fortement accidentées, cette opération est lente et pénible. Aussi avons-nous fait de multiples études afin de vérifier si, pour de tels gisements, la méthode géochimique donnait des résultats intéressants.

D'une manière générale, nous avons constaté partout des anomalies bien marquées, pouvant atteindre plus de 10 fois la valeur du back-ground. Les zones où l'on a constaté des teneurs élevées par géochimie coïncident avec les zones où le gisement est le mieux minéralisé (fig. 1). Cependant, dans les

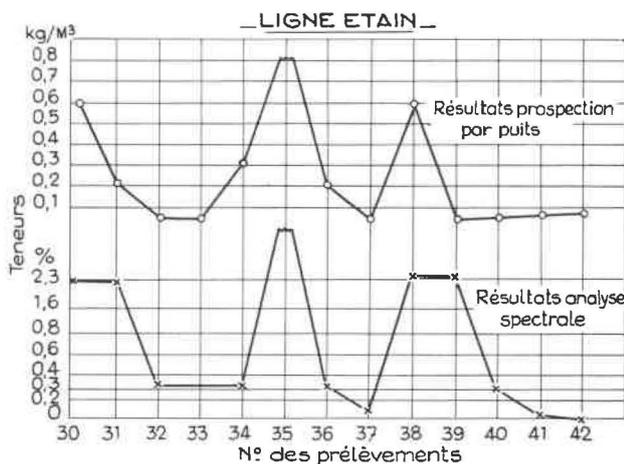


Fig. 1.

terrains en pente assez forte, les éluvions superficielles peuvent cheminer plus rapidement que les éluvions plus profondes. Dans ce cas, il peut y avoir un certain décalage entre les teneurs élevées du gisement et les teneurs élevées trouvées par géochimie, ces dernières étant décalées vers les points plus bas du terrain.

Un des géologues ayant effectué un essai au Maniema commente comme suit les résultats obtenus : « Si l'on compare la courbe des teneurs excavées (prospection par puits) à celle obtenue par l'analyse spectrographique du recouvrement, on constate une frappante analogie ». Il continuait comme suit : « Il tombe sous le sens que la méthode géochimique est beaucoup plus rapide et beaucoup moins coûteuse, elle ne demande par surcroît ni matériel spécial, ni main-d'œuvre particulièrement

évoluée. De vastes zones, que l'on n'avait jusqu'ici pas prospectées, les chances relativement faibles d'y trouver des gisements ne justifiant pas les dépenses, pourront être rapidement couvertes à peu de frais. » Dans le cas particulier cité ci-dessus, il a été établi que la prospection géochimique coûtait 7 fois moins cher que la prospection classique. Dans des cas spécialement difficiles, c'est-à-dire pour des collines élevées et fort abruptes, le rapport entre le coût de la prospection géochimique et le coût de la prospection classique est encore notablement plus favorable.

De nombreux essais que nous avons effectués, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

a) Pour l'étude de tous les gisements éluvionnaires, il y a un réel intérêt à utiliser la méthode géochimique.

b) Cette étude peut débiter par un réseau de prélèvements à mailles assez larges, les points étant distants de 30 à 40 m par exemple. Si les teneurs trouvées sont assez basses et régulières, il n'y a pas de minéralisation intéressante. Si, dans certaines zones, les teneurs trouvées sont plus élevées, il s'indique d'y resserrer les points de prélèvements, à des distances de 20 ou 10 m par exemple. On pourra ainsi établir une carte des isoteneurs géochimiques. Dans les différentes zones ainsi déterminées, il suffira de creuser quelques puits afin d'y déceler les caractéristiques du gisement. On aura ainsi, très rapidement et avec peu de frais, délimité le gisement et fixé avec une précision suffisante ses caractéristiques.

c) C'est spécialement au moment où se font les exploitations alluvionnaires qu'il y a intérêt à développer les prospections éluvionnaires. La région est alors occupée et l'on peut facilement disposer du personnel non spécialisé nécessaire aux prospections géochimiques.

3. Gisements primaires.

Ces gisements primaires consistent en pegmatites, filons quartzeux ou stockwerks.

Pour ces différents types de gisement, nous avons effectué des essais qui nous ont donné les résultats suivants.

a) Pegmatites.

Plusieurs études ont été exécutées sur des pegmatites minéralisées du Ruanda. Lorsque l'épaisseur des terres de recouvrement n'était pas trop forte, les anomalies géochimiques étaient assez importantes. Dans tous les cas, les zones de teneur maximum obtenues par la méthode géochimique ont coïncidé avec les zones les mieux minéralisées des gisements.

De nos travaux, nous pouvons conclure que les pegmatites minéralisées en voie d'érosion, sont nettement décelées par la géochimie qui permet également de repérer les zones superficielles du gi-

sement qui sont les mieux minéralisées. L'utilisation de la méthode géochimique est donc à conseiller pour l'étude des régions contenant ou pouvant contenir des pegmatites minéralisées. Lorsque la carte des isoteneurs géochimiques aura été établie, le creusement de quelques puits permettra de se rendre compte des caractéristiques du gisement. Les variations de teneur en profondeur dans la pegmatite ne sont cependant pas décelables par la géochimie.

b) *Filons minéralisés.*

Nous avons effectué plusieurs essais, tant au Maniema qu'au Kivu, afin de déterminer si le passage d'un filon minéralisé, enfoui sous des terres d'altération, pouvait être repéré. Les résultats ont été chaque fois fort nets, la présence du filon étant décelée par une anomalie à pointe très élevée.

c) *Stockwerk minéralisé.*

Les stockwerks minéralisés sont constitués d'une roche de base, schiste ou quartzite, contenant de multiples filonets quartzeux où se trouve la cassitérite. Un stockwerk n'est intéressant que si la teneur moyenne de l'ensemble permet une exploitation rentable. L'altération des roches donne naissance à un gisement éluvionnaire qui, par descente des terres meubles, s'étend jusqu'en contre-bas du stockwerk.

Par géochimie, on peut repérer l'existence du gisement éluvionnaire comme nous l'avons exposé précédemment. Les caractéristiques du stockwerk ne

pourront être déterminées que par le traitement, à titre d'essai, d'un cube suffisant de roches en place.

IV. Conclusions.

Il reste encore à éclaircir la forme sous laquelle la cassitérite chemine. Il semble établi que, sur les gisements, les anomalies caractéristiques sont données par des grains fins. Quant à l'aurole du gisement, elle pourrait être marquée par des cations Sn^{++} ou par des minéraux renfermant de l'étain (micas stannifères).

Nous avons aussi recherché si la géobotanique ne pourrait pas également constituer une méthode de recherche intéressante pour les gisements de cassitérite. En sélectionnant convenablement les plantes à étudier (graminées, arbres ou arbustes) et les parties les plus caractéristiques de ces plantes (feuilles, branchette, écorce ou racine), nous avons obtenu des résultats intéressants, spécialement pour les gisements éluvionnaires. Cependant, l'application de cette méthode est plus difficile et plus coûteuse et, à notre avis, elle ne pourrait être retenue que pour des cas bien spéciaux, par exemple des gisements assez profondément enterrés.

La méthode d'analyse spectrographique offre l'inconvénient d'exiger un appareillage assez coûteux et qu'on ne peut utiliser qu'en laboratoire. De plus, il faut un personnel bien formé et expérimenté pour effectuer les lectures. Cette méthode offre cependant le très grand avantage de permettre la mesure sur plaque des teneurs de toute une série de métaux et rend ainsi possible la prospection simultanée pour toute une série de minéraux.