

Prospection géochimique de kimberlite diamantifère au Congo belge,

par J. JEDWAB.

La présence de kimberlites est connue depuis longtemps au Congo belge : c'est ainsi que BUTTGENBACH [1] signalait dès 1908 un « yellow ground » typique au Katanga, et que les travaux de prospection d'avant et d'après 1914 avaient déjà permis de dénombrer dans cette même province vingt-quatre pipes, dont aucun n'était apparemment digne d'intérêt économique [cf. VERHOOGEN, 2].

Dans le Kasai et la Bushimaie, d'où provient la masse de la production congolaise de diamants, les kimberlites ne sont connues que depuis peu. Et à l'heure actuelle encore, des roches-mères à caractères primaires ne sont pas connues dans le Kasai (1).

Dans la Bushimaie, des roches kimberlitiques n'ont été découvertes qu'après 1947, à la suite des travaux géophysiques de MM. DE MAGNÉE, EVRARD et RAYNAUD, dans la région de Bakwanga [cf. DE MAGNÉE, 4, et WASILEWSKY, 5]. A l'heure actuelle, les travaux miniers et les sondages ont permis de délimiter dans cette même région plusieurs corps de brèches kimberlitiques (2), toujours très altérées [cf. WASILEWSKY, 5, et FIEREMANS, 6, pour la situation des intrusions et les détails du contexte géologique].

En novembre 1955, M. WASILEWSKY, de la Société Forminière, demandait au Centre de Géochimie appliquée de l'Université Libre de Bruxelles d'étudier les possibilités théoriques

(1) Il est intéressant de signaler ici que des roches diamantifères basiques avaient été soupçonnées par DE RAUW en 1923 [3].

(2) Il ne semble pas possible au stade actuel des connaissances de départager les opinions sur la nature exacte de la roche primaire qui a donné le ciment des brèches diamantifères : plusieurs caractères aberrants pour des kimberlites s'y opposent. Qu'il nous suffise ici de considérer ces roches comme intrusives, à contours circonscrits, et que le ciment des brèches présente un chimisme proche des roches ultrabasiques kimberlitiques.

et pratiques de la prospection géochimique des corps de kimberlite cachés. Il suggérait notamment d'étudier le comportement du nickel et du chrome dans les formations superficielles. Le premier de ces éléments avait d'ailleurs déjà été signalé par lui [5].

Une étude préliminaire ayant montré le bien fondé de la question, des prélèvements de sols et de plantes ont été faits par les soins de la Forminière, suivant des profils passant par deux masses de kimberlite déjà reconnues. Les échantillons analysés par nos soins à Bruxelles ont montré qu'il existait une corrélation nette entre les teneurs en nickel dans les sols et les plantes, et la présence de brèche kimberlitique sous-jacente, même cachée sous des épaisseurs de sols assez importantes. Les résultats de ces essais préliminaires sont exposés plus loin. Mais il nous semble utile de rappeler auparavant quelques traits de la géochimie du nickel, qui seront importants pour notre propos ⁽¹⁾.

QUELQUES TRAITS DE LA GÉOCHIMIE DU NICKEL.

1. Les clarkes du nickel dans les roches ultrabasiques et les kimberlites en particulier sont élevés, comparativement à ceux de l'écorce terrestre en général et de la moyenne des roches éruptives, métamorphiques et sédimentaires (tabl. I).

2. Ces clarkes élevés peuvent être attribués tout d'abord à l'abondance cosmique du nickel (cf. météorites), ensuite à son enrichissement dans les stades précoces de la différenciation magmatique : il se concentre dans les sulfures primaires, le fer métallique et les silicates magnésiens et ferro-magnésiens. Rappelons encore que les termes les plus magnésiens des minéraux ferro-magnésiens sont les plus précoces dans la série de Bowen [cf. dans LOMBARD, 14, un tableau très intéressant montrant la cohérence chimique entre Ni et Mg]. Dans le tableau II, nous avons rassemblé quelques données d'intérêt cristallogénétique.

⁽¹⁾ Le comportement du chrome n'a pas été étudié plus avant en raison principalement des commodités analytiques présentées par le nickel.

TABLEAU I.

Clarkes du nickel dans divers matériaux terrestres.

Matériaux	Ni ppm	Références
Moyenne de la lithosphère	100	GOLSCHM. [7]
Moyenne des roches éruptives	80	RANK. SAH. [8]
Moyenne des roches basiques	65	RANK. SAH. [8]
Moyenne des roches acides	8	RANK. SAH. [8]
Moyenne des roches granitiques	2,4	RANK. SAH. [8]
Péridotite	3.160	RANK. SAH. [8]
Moyenne 29 diabases	480	WELLS [9]
Moyenne 61 gabbros	320	WELLS [9]
Moyenne 10 pyroxénites	780	WELLS [9]
Moyenne 47 péridotites	860	WELLS [9]
Kimberlite (10 types de Premier Mine)	900-1.500	YOUNG et al. [10]
Kimberlite Afrique du Sud	745	WELLS [9]
Kimberlite Arkansas	612	WELLS [9]
Kimberlite Yakoutie (moyenne 7 analyses)	1.100	BOBRIEV. [11]
Kimberlite Afrique du Sud (moyenne 9 analyses)	1.100	HALL [12]
Gneiss (moyenne 6 analyses)	12	WELLS [9]
Schistes	20-100	KRAUSKOPF [13]
Grès, etc.	2-10	KRAUSKOPF [13]
Calcaires et dolomies	3-10	KRAUSKOPF [13]
Schistes noirs	20-300	KRAUSKOPF [13]
Bauxite latéritique	180	RANK. SAH. [8]
Bauxite	6	RANK. SAH. [8]

TABLEAU II.

Cohérence cristallochimique de Fe-Mg-Ni.

Constantes	Mg	Ni	Fe (Fe ²⁺)
Rayon atomique (kÅ)	1,60	1,24	1,24
Rayon ionique (kÅ)	0,78	0,78	0,83
Potentiel d'ionisation (en eV)	14,96	18,20	16,16

3. Lors de l'altération supergène des silicates ferro-magnésiens, le nickel suit Mg-Fe-Si pendant une partie de leur migration, mais se redépose rapidement par plusieurs mécanismes, plus ou moins actifs suivant les conditions géologiques, géomorphologiques, climatiques, locales :

Formation d'hydrosilicates de nickel [cf. LOMBARD, 14, pour une analyse de la littérature moderne];

Fixation au cours du processus de serpentisation, suivi de latéritisation [DE VLETTER, 15];

Fixation par échange ionique sur les argiles [MITCHELL, 16];

Absorption par les plantes et concentration dans les niveaux superficiels du sol, suivant le schéma bien connu de GOLDSCHMIDT.

On sait également que le pH et ses variations (ainsi que la concentration en CO₂) dans les profils de sols formés aux dépens des serpentines régissent la répartition du nickel aux diverses profondeurs [cf. GLASKOWSKI, 7, et LOMBARD, 14].

Tous ces phénomènes conduisent généralement à une augmentation très notable de la concentration en nickel dans les formations superficielles dérivées des roches sous-jacentes, qu'elles soient basiques ou non.

4. Des travaux antérieurs ont montré l'existence d'anomalies importantes de nickel dans les sols couvrant des roches ultrabasiques, des serpentines et des gisements de nickel. Nous n'avons pas pu trouver de données sur la concentration en

nickel dans les sols couvrant des kimberlites. Le tableau III rassemble des données qui prennent un relief encore plus marqué si l'on compare les valeurs trouvées pour les sols à celles des roches primaires données dans le tableau I.

TABLEAU III.

**Concentration du nickel dans les sols de roches éruptives
et métamorphiques, et de gîtes nickélifères.**

Matériaux	Ni ppm	Références
Teneur moyenne dans les sols	40	WINOGRADOW [18]
District nickélifère de Kempirsaisk (U.R.S.S.)	2.500	MALIOUGA [19]
Sols de granites	tr.	WINOGRADOW [18]
Sols de diorites	0,3	WINOGRADOW [18]
Sols de serpentinites	5.000	WINOGRADOW [18]
Sol de serpentinite à diverses profon- deurs (Nouvelle-Calédonie) :		
0- 5 cm	6.200	BIRRELL et WRIGHT [20]
25-30 cm	2.000	BIRRELL et WRIGHT [20]
45-50 cm	1.600	BIRRELL et WRIGHT [20]
Sols de gneiss	26	MITCH. et AL. [21]
Sols de diorite	230	MITCH. et AL. [21]
Sols de granite	7	MITCH. et AL. [21]
Sols de serpentinites altérées (Alle- magne)	600-2.500	LEUTWEIN [22]

Toutes ces indications montrent qu'il était parfaitement logique d'espérer que des kimberlites cachées, parfois même sous des recouvrements allochtones, puissent être décelées par l'analyse des matériaux de surface.

Voyons ce qu'ont effectivement donné les analyses des sols et plantes de la région de Bakwanga, dont nous avons pu disposer.

**I. — DESCRIPTION
ET LOCALISATION DES PROFILS GÉOCHIMIQUES.**

Deux séries d'échantillons de sols et plantes ont été mis à notre disposition. Elles correspondaient à des degrés de complexité géologique différents.

A. — PROFIL DE BAKWANGA-MASSIF VI.

(Fig. 1 et 2.)

Une série de dix échantillons de sols sableux rouges a été prélevée en travers d'un des pipes de Bakwanga (fig. 1 et 2).

Profondeur du prélèvement : échantillon moyen prélevé sur une superficie de 1 m² à 20-30 cm de la surface.

Nature géologique du matériel immédiatement sous-jacent : sables rubéfiés, probablement d'âge Kalahari. Désigné sous le nom de recouvrement stérile.

Épaisseur du recouvrement : varie entre 6 et 12 m.

Roche encaissante de la brèche kimberlitique : grès et calcaires appartenant aux systèmes du Karroo et de la Bushimaie.

Traitement préliminaire à l'analyse : tamisage à — 325 mesh.

B. — PROFIL DE LA TSHIBUA.

(Fig. 4.)

Une série de dix-huit échantillons de sols sableux rouges ou noirs a été prélevée en travers d'une succession de brèches kimberlitiques, de grès et de recouvrement stérile épais, mais très irrégulier. Même aux points de quasi-affleurement des brèches kimberlitiques, l'aspect des sols est semblable à celui des sols provenant des grès.

Profondeur du prélèvement : échantillon moyen prélevé sur une superficie de 1 m² à 20-30 cm de la surface.

Nature géologique du matériel immédiatement sous-jacent : sables rubéfiés, probablement d'âge Kalahari. Désigné sous le nom de recouvrement stérile.

Épaisseur du recouvrement : varie entre 6 et 12 m.

Roche encaissante de la brèche kimberlitique : grès et calcaires appartenant aux systèmes du Karroo et de la Bushimaie.

Traitement préliminaire à l'analyse : tamisage à — 325 mesh.

A chaque échantillon de sol correspondait une collection de plantes herbacées, prélevées aux mêmes points que les sols.

II. — MÉTHODE ANALYTIQUE.

Les sols ont été analysés suivant la méthode décrite par HUNT, NORTH et WELLS [23], qui comporte les opérations suivantes :

- Attaque par fusion au bisulfate de potassium d'une prise de sol.
- Digestion par un mélange chloro-nitrique.

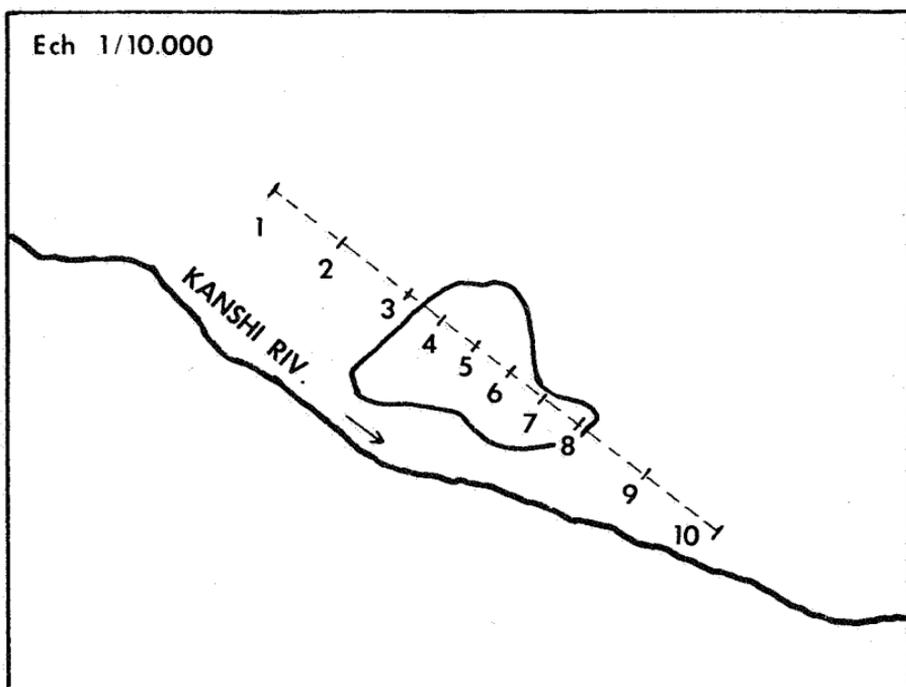


Fig.1 Projection en surface du contour de la Kimberlite n° VI de BAKWANGA et disposition du profil géochimique.

- Dépôt d'une goutte calibrée sur une bande de papier chromatographique.
- Séparation chromatographique du nickel par un mélange HCl/méthyl-éthyl-cétone/eau.
- Mise en évidence du nickel par l'acide rubéanique.
- Comparaison à une gamme-étalon préparée dans les mêmes conditions pour l'estimation semi-quantitative.

Des essais préliminaires ont montré que les teneurs en nickel varient fortement avec la granulométrie du sol et, très généralement, que l'on peut observer une augmentation régulière de la teneur avec la finesse de la fraction. C'est pour cette raison que nous avons adopté systématiquement l'analyse des fractions de sols inférieures à 325 mesh. On peut intuitivement supposer que la plus grande partie du nickel est liée à la fraction argileuse.

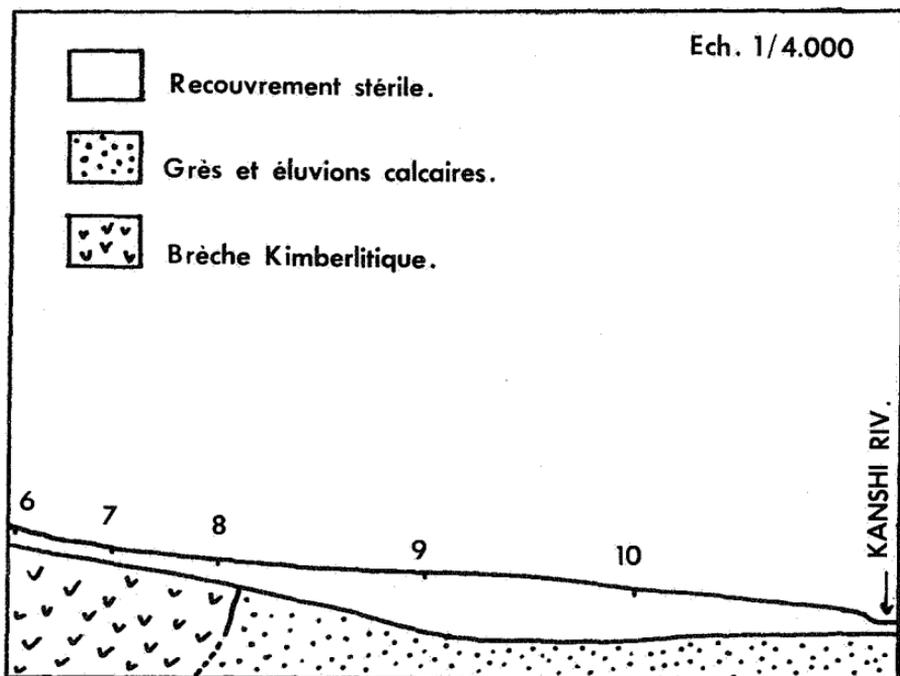


Fig. 2. Coupe géologique partielle du massif VI montrant les relations de la Kimberlite avec la roche encaissante et le recouvrement.

Les plantes ont été traitées de la manière suivante :

- Découpage des tiges et feuilles en fragments de 10 cm.
- Constitution d'un échantillon représentatif par prélèvement de fragments sur toute la longueur des différentes plantes.
- Combustion des échantillons au bec Bunsen, dans une coupelle de porcelaine.
- Calcination au four électrique à 800°.

- Broyage au mortier d'agate, dessiccation à l'étuve, pesée.
- Attaque au bain-marie par l'eau régale.
- Analyse d'une partie aliquote comme pour les sols. Les teneurs se rapportent aux poids de cendres.

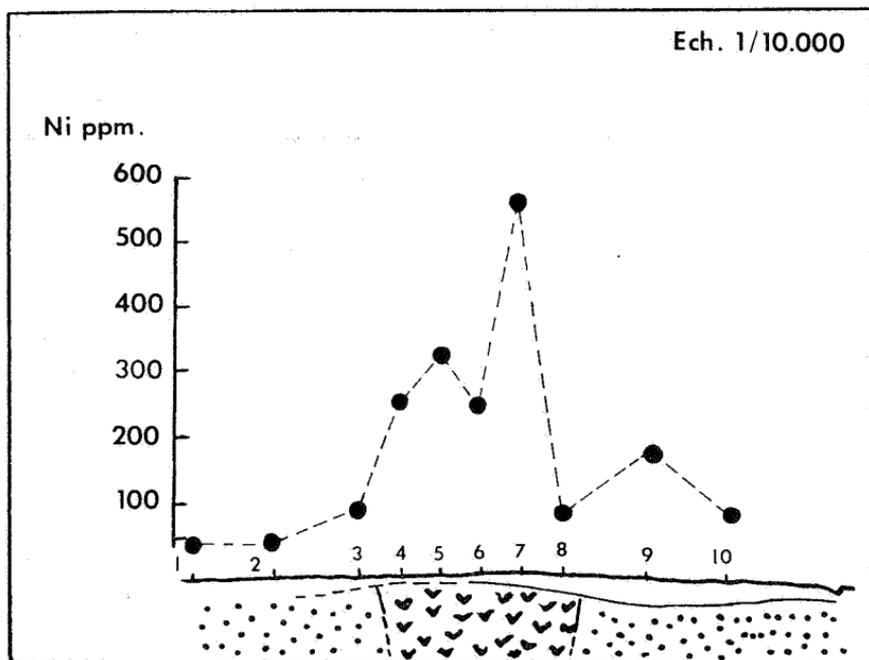


Fig. 3. Variations des teneurs en Ni dans les sols superficiels du massif VI de BAKWANGA.

III. — RÉSULTATS ANALYTIQUES.

A. — PROFIL DE BAKWANGA-MASSIF VI.

(Fig. 1, 2 et 3.)

Le tableau IV donne les résultats des analyses de sols et de plantes. On voit immédiatement que les sols prélevés à l'aplomb de la kimberlite contiennent des quantités anormalement élevées de nickel. Si l'on admet que le fond est égal à 80 ppm et que l'anomalie moyenne est de 300 ppm, on a un clarke de concentration de 3,6.

Nous ne disposons pas encore d'une explication immédiate de l'inversion des points d'anomalie 8 et 9.

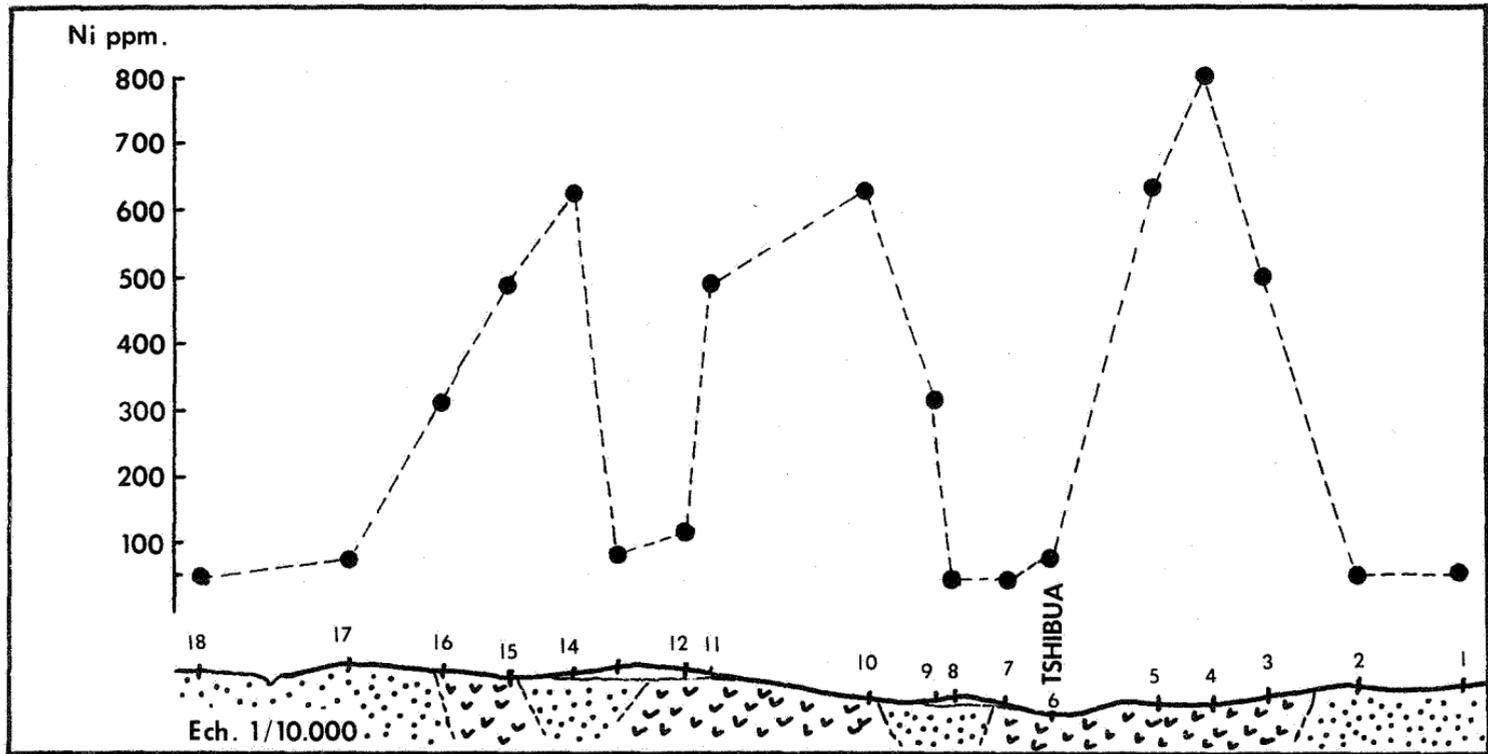


Fig. 4. Coupe géologique du profil TSHIBUA et variations des teneurs en Ni dans les sols superficiels.

TABLEAU IV.

Teneurs en nickel des sols et plantes prélevés sur le massif VI de Bakwanga.

Numéro de l'échantillon	Ni ppm	
	Sols	Plantes
1	< 80	< 300
2	< 80	< 300
3	80	< 300
4	240	500
5	320	365
6	240	355
7	560	350
8	80	425
9	160	< 300
10	80	< 300

B. — PROFIL DE TSHIBUA.

(Fig. 4.)

Le tableau V donne les résultats des analyses de sols et plantes de ce profil à géologie plus complexe.

Les sols reposant immédiatement sur kimberlite contiennent évidemment des quantités plus importantes de nickel que ceux qui en sont séparés par un recouvrement stérile. On remarque cependant que les trois apophyses sont bien marquées par la courbe des teneurs en nickel, quoiqu'il n'y ait pas de corrélation topographique parfaite.

TABLEAU V.

Teneurs en nickel des sols et plantes prélevés sur le profil Tshibua.

Numéro de l'échantillon	Ni ppm	
	Sols	Plantes
1	< 80	< 250
2	< 80	< 250
3	480	250
4	800	500
5	640	750
6	80	500
7	< 80	250
8	< 80	< 250
9	320	500
10	640	750
11	480	500
12	120	500
13	80	< 250
14	640	750
15	480	< 250
16	320	< 250
17	80	< 250
18	< 80	< 250

Si l'on admet que le fond est égal à 120 ppm (moyenne des teneurs hors-kimberlite) et que l'anomalie moyenne est de 412 ppm, le clarke de concentration est égal à 3,4. Il est probable qu'en déterminant le fond sur un nombre plus grand d'échantillons prélevés en dehors de la zone à kimberlites, on obtiendrait un rapport encore plus grand.

ADDENDUM.

Prospections géochimiques de kimberlites menées hors du Congo belge.

Depuis que nous sommes engagé dans l'étude du problème de la prospection géochimique des kimberlites, nous avons appris que des essais parfaitement similaires avaient déjà été menés par d'autres chercheurs, peu d'années avant les nôtres.

I. — Travail du Laboratoire de recherches géochimiques de l'Imperial College de Londres.

Le Docteur WEBB nous a aimablement communiqué quelques résultats qu'il a obtenus sur des kimberlites de la Sierra Leone. Ces résultats avaient déjà fait l'objet d'une communication au Congrès Géologique de Mexico mais n'ont pratiquement été connus que par une minorité de personnes.

Les analyses ont été faites sur la fraction — 200 mesh de sols prélevés à différentes profondeurs. Les teneurs en nickel varient fortement avec celles-ci : c'est ainsi que l'on a trouvé (sur kimberlite) 150 ppm de Ni à 2 pieds de profondeur et 500 ppm à 8 pieds. Les sols de couverture sont résiduels. Les roches encaissantes sont des schistes acides et des granites.

Une relation intéressante a été observée entre la quantité de zinc échangeable et la proximité de kimberlite. De même, la teneur en montmorillonite, mesurée par le pouvoir d'échange, semble digne d'intérêt. La distribution du chrome a également été étudiée dans ces travaux [24].

II. — Travail du Service de Géologie et de Prospection Minière de l'A.O.F. :

M. P. AICARD, Géologue principal de ce Service, nous a fait part d'essais géochimiques positifs effectués sur la kimberlite de Kenieba au Soudan français. Les teneurs en nickel sur kimberlite sont du même ordre de grandeur que celles que nous avons trouvées au Congo.

III. — Nous devons enfin signaler ici un essai que nous avons fait sur des sols provenant de la région de Panna (Madhya Pradesh, Inde) où se trouve la seule kimberlite actuellement connue dans les champs diamantifères indiens. Les échantillons nous ont été aimablement envoyés par le Service Géologique de cette province.

Les résultats sont ici aussi nettement positifs et montrent qu'à l'aplomb de la kimberlite existe une forte anomalie de nickel; le clarke de concentration est égal à 3-4, avec des teneurs extrêmes de nickel atteignant 1.200 ppm [25].

CONCLUSIONS.

On a pu voir par l'ensemble des données rassemblées ci-dessus que l'analyse des sols superficiels permet de repérer dans des conditions favorables la présence de corps kimberlitiques, grâce à la présence de quantités anormales de nickel dans ces sols. Malgré la diversité des méthodes utilisées, des régions, climats et conditions géologiques, il semble bien que ces anomalies de nickel soient facilement repérables, tant grâce aux commodités analytiques qu'aux caractères géochimiques de cet élément.

On peut penser que la méthode de prospection géochimique sera une auxiliaire précieuse dans la recherche des kimberlites non affleurantes, dans des régions à climat tropical et équatorial.

BIBLIOGRAPHIE.

1. BUTTGENBACH, H., 1908, Sur une roche diamantifère trouvée au Congo belge. (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 36, pp. B 76-79.)
2. VERHOOGEN, J., 1938, Les pipes de kimberlite du Katanga. (*Ann. Serv. Mines du C.S.K.*, 9, pp. 3-49.)
3. DE RAUW, H., 1922, Les gisements diamantifères du Kasai. (*Congr. Sc. Int. Liège, Sect. Colon.*, pp. 38-86.)
4. DE MAGNÉE, I., 1947, Présence de kimberlite dans la zone diamantifère de Bakwanga (Kasai, Congo belge). (*Bull. Soc. belge Géol.*, 56, pp. 97-107.)
5. WASILEWSKY, I., 1950, Note préliminaire sur les gisements de brèche kimberlitique de Bakwanga. (*C. R. Congr. Sc. Élisabethville*, vol. II, t. II, pp. 291-332.)
6. FIEREMANS, C., 1953, Geologie en geochemie der diamantvelden van Belgisch-Congo. (*Techn. Wetensch. Tijdschr.*, 22, pp. 71-82 et 93-98.)
7. GOLDSCHMIDT, V. M., 1954, Geochemistry. (*Oxf. Univ. Press.*)

8. RANKAMA, K. and SAHAMA, TH. G., 1950, Geochemistry. (*Chic. Univ. Press.*)
9. WELLS, R. C., Relative abundance of nickel in the Earth's crust. (*U. S. G. S., Prof. Pap.* 205-A.)
10. YOUNG, R. S., BENFIELD, D. A. and STRACHAN, K. G. A., 1954, Cobalt in kimberlites. (*Am. Min.*, 39, pp. 143 et 144.)
11. BOBRJEVITCH, A. P. et al., 1957, Les diamants de Sibérie. (En russe.) (*Gosgeoltechizdat.*)
12. HALL, A. L., 1938, Analyses of rocks, minerals, ores, coal, soils and waters from Southern Africa. (*Un. Sth Afr. Dep. Mines Geol. Surv., Mem.* n° 32.)
13. KRAUSKOPF, K. B., 1955, Sedimentary deposits of rare metals. (*Econ. Geol. 50th Anniv. Vol.*, pp. 411-463.)
14. LOMBARD, J., 1956, Sur la géochimie et les gisements de nickel. (*Chron. Mines Outre-Mer*, 24, pp. 237-256.)
15. DE VLETTER, D. R., 1955, How Cuban Nickel ore was formed. A lesson in laterite genesis. (*Eng. Min. J.*, 156, pp. 84-87.)
16. MITCHELL, R. L., 1954, Cobalt and nickel in soils and plants. (*Soil Sc.*, 60, pp. 63-70.)
17. GLASKOWSKIJ, A. A., 1956, Grundzüge der Geochemie des Nickels. (*Z. Angew. Geol.*, 2, pp. 348-352.)
18. WINOGRADOW, A. P., 1954, Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente im Boden. (*Ak. Verl.*)
19. MALIOUGA, D. P., 1956, Bases géochimiques des prospections de minerais par les plantes et les sols. (En russe.) (*Inst. de Géoch. Vernadsky, Moscou.*)
20. BIRRELL, K. S. and WRIGHT, A. C. S., 1945, A serpentine soil in New Caledonia. (*N. Z. J. Sc. Tech.*, 27 A, pp. 72-76; par WINOGRADOW [18].)
21. MITCHELL, R. L. et AL., cité par WINOGRADOW [18].
22. LEUTWEIN, F. und PFEIFFER, L., 1954, Ergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten geochemischer Prospektionsmethoden auf hydrosilikatische Nickelerze. (*Geologie*, 3, pp. 950-1008.)
23. HUNT, E. C., NORTH, A. A. and WELLS, R. A., 1955, Application of paper-chromatographic methods of analysis to geochemical prospecting. (*The Analyst*, 80, pp. 172-194.)
24. WEBB, J. S., 1956, Observations on geochemical exploration in tropical terrain. (*XX^e Congr. Géol. Intern. Mexico.* Sous presse.)
Cf. aussi : *Research report of the Royal School of Mines. 1950-1953 and 1954-1957.*
25. JEDWAB, J., 1958, Looking for kimberlitic diamond deposits by geochemical prospecting. (*Min. Wealth of Madh. Pradesh.*, I, pp. 68-71.)
Cf. aussi :
Ibid., p. 116
et
JENSEN, K. D., 1957, Vorkommen und Genesis der zentral-indischen Diamanten. (*Neues Jahrb. Min. Mh.*, 3, pp. 49-67.)