

GEOCHIMIE, PHYTOGEOGRAPHIE ET PHYTOGEOCHIMIE DANS
L'EXPLORATION METALLIFERE DE LA REGION
DIKULUSHI- LAC MOERO (SHABA MERIDIONAL, ZAÏRE)

Geochemistry, geobotany and biogeochemistry in
mineral exploration in the Dikulushi-Mwero
Lake area (Upper Shaba, Zaïre).

F. MALAISSE *, M. MARENTHIER ** & J. GREGOIRE ***

ABSTRACT

A geochemical survey was conducted at Dikulushi, an area situated outside the Shaban Copper Bow. Its results are compared with the information given in the geobotanical map and those emerging from a biogeochemical transect. As long as some precautions are taken (namely a judicious choice of class limits for soil copper content), biogeochemistry appears as a useful approach in the study of surface mineral anomalies in Upper Shaba.

RESUME

Une étude géochimique a été réalisée à Dikulushi, territoire situé en dehors de l'arc cuprifère shabien. Ces résultats sont confrontés avec l'information fournie par la carte des formations végétales et celle contenue dans un transect phytogéochimique. Pour autant que certaines précautions soient prises (notamment un choix judicieux des limites de classe de la teneur en cuivre du sol), la phytogéochimie apparaît comme un outil de prospection dans l'étude des anomalies métallifères de surface au Shaba méridional.

INTRODUCTION

Si des observations relatives à des anomalies géobotaniques au

* Laboratoire de Botanique et d'Ecologie, Université de Lubumbashi, B.P. 3429, Lubumbashi, Zaïre.

** B.R.G.M., Département Afrique, B.P. 6009, F 45060, Orléans, Cedex, France.

*** Laboratoire de Chimie, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, Zaïre.

Shaba méridional ont été signalée dès 1921 par de Wildeman, puis à nouveau en 1932 par W. Robyns, c'est à Duvigneaud et ses collaborateurs (DUVIGNEAUD, 1958; DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET, 1963) que revient le mérite d'avoir mis en évidence les conditions écologiques fondamentales des anomalies cupro-cobaltifères du Shaba méridional et leur impact sur la végétation en utilisant la méthode des groupes écologiques. Cette méthode avait déjà été utilisée en Afrique centrale au Bas-Zaïre (DUVIGNEAUD, 1949) et fut reprise avec succès pour les sols cuprifères et serpentiniques du Zimbabwe (WILD, 1968, 1974). Plus récemment les travaux de l'Ecole néo-zélandaise de Palmerston North précisait les aspects phytogéochimiques de l'autoécologie de quelques espèces importantes appartenant aux genres *Haumaniastrum*, *Aeolanthus* et *Crotalaria* (BROOKS, 1977; BROOKS *et al.*, 1977, 1978; MALAISSE *et al.*, 1978; MORRISON *et al.*, 1979), tandis que progressait la description des groupements végétaux sur sols anormaux pour plusieurs gisements comme ceux de l'Etoile, Fungurume et Kasonta (MALAISSE & GREGOIRE, 1978; MALAISSE *et al.*, 1982). D'autre part, SHREWEY *et al.* (1979) ont utilisé la phyto-géochimie de *Cryptosepalum dasycladum* dans plusieurs transects aux environs de Fungurume.

Enfin, l'importance de la métallogénie du cuivre qui remonte au XII^e siècle et a engendré l'implantation de plusieurs centaines de fours à l'époque précoloniale ne doit pas être perdue de vue. Aujourd'hui ces emplacements sont caractérisés par des groupements herbacés constitués d'espèces cuprophiles (DE PLAEN *et al.*, 1982).

Il convient de noter que toutes les observations rapportées ci-dessus proviennent d'emplacements situés dans l'arc cuprifère shabien, une aire réniforme qui s'étend de Kolwezi à Lubumbashi (Fig. 1).

La présente étude a été effectuée au Shaba méridional, mais dans une région où aucune anomalie géochimique n'avait été signalée jusqu'à présent. Le gisement cuprifère de Dikulushi est situé à 20 km au Nord de Kiankalamu, à proximité du lac Moëro, à 1.040 m d'altitude (Fig. 2). Ce gisement présente plusieurs particularités, en premier lieu, comme nous l'avons signalé plus haut, il se situe en dehors de l'arc cuprifère shabien. Ensuite la minéralisation s'exprime mal en surface, de par sa situation à proximité d'un cours d'eau, dans une vallée, et par l'absence d'affleurement rocheux. Enfin aucune étude géobotanique n'avait été réalisée dans la région préalablement à celle entreprise par les auteurs.

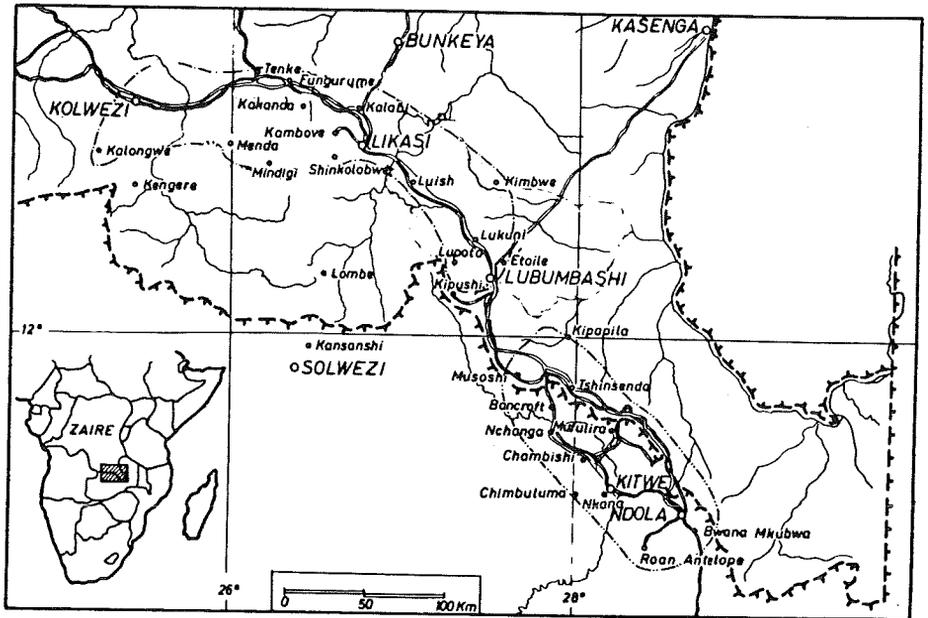


Fig. 1 : L'arc cuprifère shabien. — — — Limite de l'arc cuprifère shabien.
 — — — Limite du Copper belt zambien.

La présente note développe les apports respectifs de la géochimie, la phytosociologie et la phytogéochimie dans la prospection de surface des terrains métallifères de Dikulushi.

LE MILIEU

Conditions climatiques

On ne dispose pas d'observations météorologiques relatives à Dikulushi ou ses environs immédiats. Il est logique de considérer que le climat de Dikulushi s'écarte peu de celui qui s'observe pour les autres stations du bassin du Luapula-Moëro (MALAISSE, 1976) ou même pour les environs de Lubumbashi et dont les traits principaux ont été décrits à plusieurs reprises (voir notamment MALAISSE *et al.*, 1978).

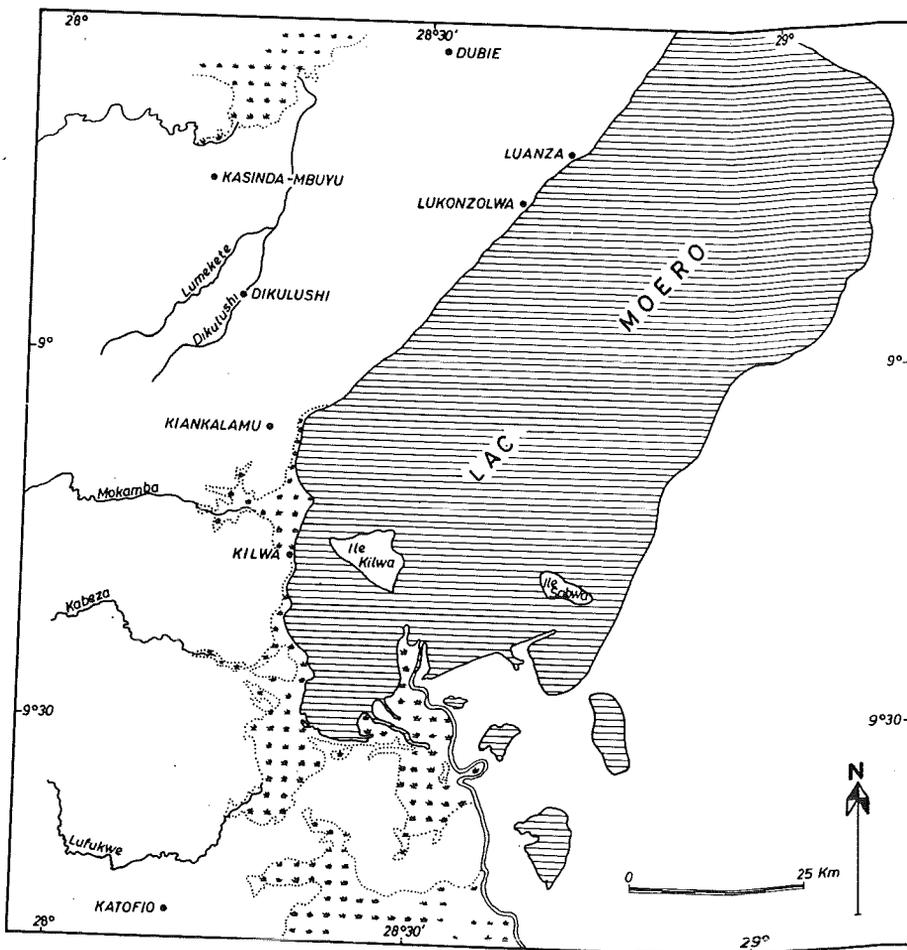


Fig. 2 : Carte des environs du Lac Moëro, situant l'emplacement de Dikulushi.

Couverture végétale

La formation végétale dominante des environs de Dikulushi est la forêt claire. Cet écosystème a fait l'objet d'études écologiques nombreuses qui ont été synthétisées récemment (MALAISSE, 1979) et auxquelles nous renvoyons le lecteur pour plus de détails.

METHODES

Dans un premier temps deux séries d'études ont été menées succes-

sivement, à un an d'intervalle et indépendamment.

La première étude fut un survey géochimique. Le site naturel comprenait, lors de l'arrivée des prospecteurs, une clairière d'herbes courtes (Fig. 4), entourée de savanes arbustives et de forêts claires diverses (Fig. 3). La clairière était située à proximité d'un cours d'eau, la Dikulushi, bordé par une petite forêt galerie. Des traces d'activités minières précoloniales subsistaient. La prospection géochimique fut réalisée selon un réseau à mailles de 50 m de côté, l'ensemble comprenant 461 sondages couvrant une surface de 119 hectares.

Indépendamment, l'année suivante, une étude géobotanique fut entreprise. Elle consista en premier lieu dans l'établissement d'un transect passant par la clairière, traversant de nombreux paysages végétaux et où le complexe sol-végétation fut étudié. Les différents groupements végétaux furent identifiés et leur composition floristique établie, du moins en ce qui concerne les espèces les plus abondantes et (ou) dominantes. Ensuite une carte de la végétation des environs du gisement de Dikulushi fut levée. Enfin trois espèces, présentes dans la clairière d'empoisonnement, furent retenues pour une étude phytogéochimique de leur feuille.

Les méthodes d'analyse de la teneur en cuivre des plantes et du sol ont été décrites ailleurs (MALAISSE & GREGOIRE, 1978).

RESULTATS

Géochimie

Les analyses de la teneur en cuivre du sol en surface permirent, après avoir choisi arbitrairement les limites de classes de 10,35 et 100 µg, l'établissement d'une première carte (Fig. 5). De son examen il fut déduit à l'existence de trois anomalies (notées A, B et C) situées grosso modo selon un axe Nord-Sud. Ces anomalies furent pendant l'année suivante l'objet de nouveaux sondages de plusieurs mètres de profondeur. Il apparut que le bedrock était situé, au niveau de la clairière, à des profondeurs comprises entre 0,65 et 2,95 mètres.

Géobotanique

L'étude géobotanique qui consista en premier lieu dans l'établissement d'un transect passant par la clairière et traversant de nombreux paysages végétaux (Fig. 10) permit la distinction des unités de végéta-

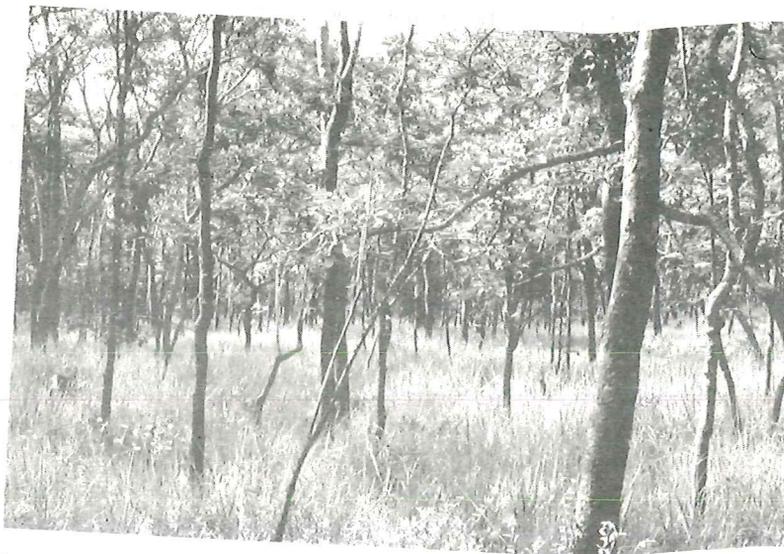


Fig. 3 : Aspect de la forêt claire à Dikulushi (photographie M. Marenthier).



Fig. 4 : Vue de la clairière minéralisée en cuivre à Dikulushi (photographie M. Marenthier).

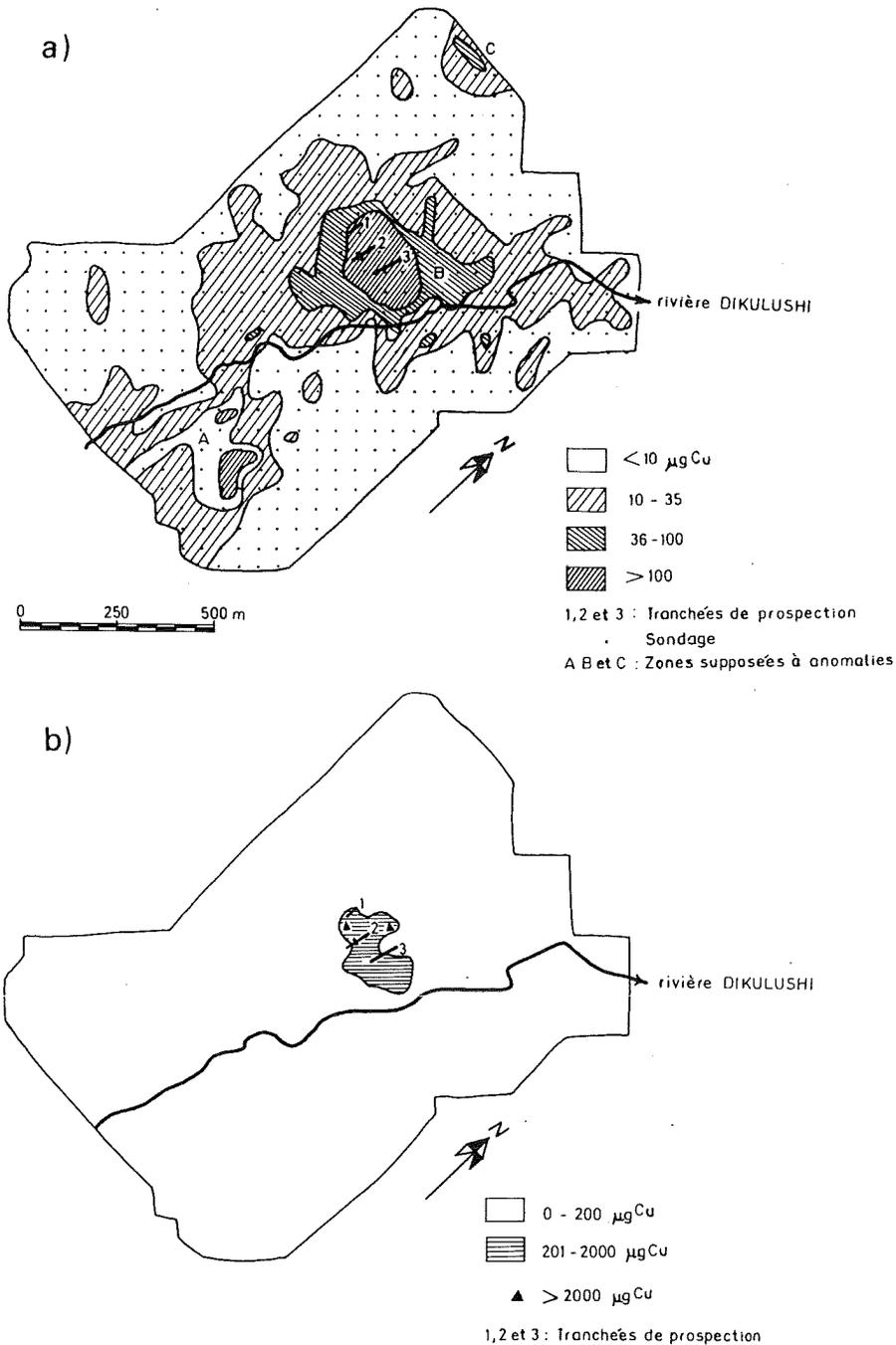


Fig. 5 : Cartes géochimiques des environs de Dikulushi :

- a - carte établie par la Société minière de Goma : les valeurs de classe ont été choisies arbitrairement et ne correspondent pas avec la réalité de la végétation;
- b - carte établie par les auteurs avec des valeurs de classe ayant montré leur efficacité au Shaba méridional. La coïncidence avec la carte de végétation est évidente. L'"anomalie" située au sud a disparu.

tion suivantes :

- A - forêt claire de type miombo
- B - hautes termitières disséminées dans la forêt claire
- C - savane boisée
- D - savane arbustive
- E - savane steppique
- F - pelouse sèche
- G - pelouse humide
- H - forêt galerie.

La composition floristique de chacun des groupements végétaux reconnus fut établie et les principales espèces notées (Tab. I).

De l'examen de ce transect et de la carte de végétation (Fig. 6), il ressort qu'à l'exception des bords de la rivière qui sont occupés par une forêt galerie assez étroite et qui n'évolue vers un groupement ripicole plus puissant que le long d'une rivière plus large comme la Lumekete (avec l'apparition de nouvelles espèces telles que *Nauclea pobequinii* (Pellegri.) Merrill, *Favetta bilineata* Bremek., *Psychotria peduncularia* (Salisb.) Steyerl. et *Calamus deerratus* Mann & Wendland), le paysage actuel des environs de Dikulushi est constitué essentiellement de forêts claires de type miombo et de savanes arborées le plus souvent alluviales. La savane steppique et a fortiori les pelouses ont une distribution réduite qui correspond à une anomalie du sol, en l'occurrence une teneur anormalement élevée en cuivre. Dès que cette dernière dépasse 500 µg par g de sol (poids sec), le groupement végétal réagit, induisant une formation plus basse et une composition floristique caractéristique.

La teneur en cuivre du sol dans la clairière varie en fonction des conditions écologiques locales. Les valeurs les plus élevées - si l'on ne tient pas compte des déblais de tranchées de prospection où 23.000 µg de Cu furent observés - correspondant à la pelouse sèche à *Rendlia cupriicola* (8.900 µg de Cu). Dans les emplacements inondés en saison des pluies, la teneur n'est plus que de l'ordre de 1.500 µg de Cu. L'économie en eau et la profondeur du bedrock justifiant ces différences.

Phytogéochimie

Peu d'espèces présentent une large amplitude écologique à Dikulushi et peuvent être retenues pour une étude phytogéochimique. Trois es-

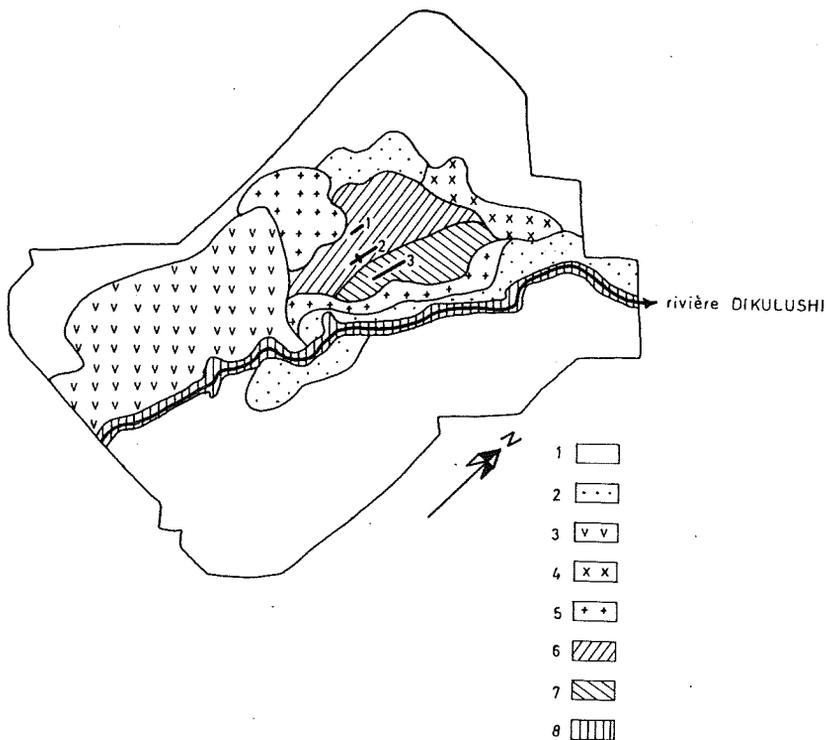


Fig. 6 : Carte géobotanique des environs de Dikulushi : 1 - Forêt claire; 2 - Savane boisée; 3 - Savane arbustive; 4 - Savane step-
pique à *Gladiolus*; 5 - Savane steppique à *Ola*; 6 - Pelouse
sèche; 7 - Pelouse humide; 8 - Forêt galerie.

pèces, *Rendlia cupricola*, *Pandiaka carsoni* et *Cyanotis* sp., ont été sélectionnées. La variation de la teneur en cuivre de leur feuille est signalée à la figure 10. La première espèce fournit l'information la plus complète.

DISCUSSION

Situé en dehors de l'arc cuprifère shabien et à plus de 230 km de l'anomalie cuprifère la plus proche, le gisement de Dikulushi est avant tout caractérisé par la grande pauvreté de la flore cupricole si caractéristique. L'isolement géographique semble devoir être rendu respon-

Groupements
végétaux

A. Forêt claire

teneur en cuivre
du sol < 40 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Brachystegia wangermeeana De Wild.
Isoberlinia angolensis (Welw. ex
Benth.) Hoyle & Brenan.
Jubbernardia paniculata (Benth.)
Troupin.

Espèces dominantes

Espèces subordonnées

Albizia antunesiana Harms
Brachystegia stipulata De Wild
Diospyros batocana Hiern
Diplorhynchus condylocarpon (Müll. Arg.) Pichon
Erythrina abyssinica Lam.
Gardenia javis-tonantis (Welw.) Hiern
Kirkia acuminata Oliv.
Pseudolachnostylis maprouneifolia Pax
Strychnos cocculoides Baker
Strychnos pungens Solered.
Tetracena masutna De Wild & Th. Dur.
Xeromphis obovata (Hochst.) Keay

B. Haute termitière

teneur en cuivre
du sol < 40 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Euphorbia ingens E. Mey ex Boiss.
Fagara chalybea (Engl.) Engl.

Azanza garckeana (F. Hoffm.) Exell & Hillcoat
Commiphora thermitaria Lisowski, Malaisse & Symoens
Diospyros mweruensis F. White
Euclea schimperi (A. DC.) Dandy
Lannea schimperi (Hochst. ex A. Rich.) Engl.
Markhamia obtusifolia (Baker) Sprague
Rhoicissus tridentata (L.F.) Wild & Drummond
Sansevieria gracilis N.E. Br.
Sansevieria trifasciata Prain
Sarcostemma viminale R. Br.
Senecio stuhlmannii Klatt
Strychnos pungens Solered

C. Savane boisée

teneur en cuivre
du sol < 200 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Strychnos innocua Del.

Uapaca kirkiana Mill. Arg.

Acacia macrothyrsa Harms
Albizia antunesiana Harms
Albizia versicolor Welw. ex Oliv.
Annona senegalensis Pers.
Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn.
Erythrophloeum africanum (Welw.) Harms
Neorautanenia mitis (A. Rich.) Verdc.
Rhynchosia restiaca (A. Rich.) Bak.
Strychnos spinosa Lam.
Terminalia mollis Laws.
Trema orientalis (L.) Blume

D. Savane arbustive

teneur en cuivre
du sol < 500 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Acacia polyacantha Willd. subsp.
campylacantha (Hochst. ex A. Rich.)
Brenan.

Ptilostigma thonningii (Schumach.)
Milne-Redh.

Azela quanzensis Welw.
Annona senegalensis Pers.
Combretum collinum Fresen subsp. *gazense* (Swynn. & Bak. f.) Okafor
Combretum padoides Engl. & Diels
Diplorhynchus condylocarpon (Müll. Arg.) Pichon
Erythrina abyssinica Lam.
Erythrophloeum africanum (Welw.) Harms
Markhamia obtusifolia (Baker) Sprague
Sclerocarya birrea (A. Rich.) Hochst.
Strychnos cocculoides Baker
Strychnos spinosa Lam.
Trema orientalis (L.) Blume
Ziziphus mucronata Willd. subsp. *rhodesica* Drummond

Tab. I : Groupements végétaux à Dikulushi, Zaïre.

Suite

E. Savane steppique

Olar obtusifolia De Wild.

teneur en cuivre
du sol entre 500
et 2.000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Ascolepis protea Welw. var. *bellidiflora* Welw.
Becium homblei (De Wild.) Duvign. & Plancke
Cyphia erecta De Wild.
Eriosema kankolo Hauman
Eriospermum abyssinicum Baker
Gladiolus natalensis (Eckl.) Reinw. var. *natalensis*
Hibiscus rhodanthus Gurke
Kyllingiella microcephala (Steud.) R. Haines & K. Lye
Lamnea edulis (Sond.) Engl.
Pentas purpurea Oliv.

F. Pelouse sèche

Rendlia cupricola Duvign.

teneur en cuivre
du sol entre 2.000
et 10.000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
(Fig. 8 et 9).

Ipomoea debeersti De Wild.
Neprolepis undulata (Afz. ex Sw.) J. Sm.

G. Pelouse humide

Pandiana carsoni (Bak.) Clarke

teneur en cuivre
du sol entre 1.200
et 1.800 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
(Fig. 7)

Buchnera cf. *crassifolia* Engl.
Cyanotis sp.
Rendlia cupricola Duvign.

H. Forêt galerie

teneur en cuivre
du sol < 50 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Adenia rumicifolia Engl. & Harms var. *rumicifolia*
Amelocissus caviacalis (Bak.) Planch.
Antbotrys monteiroae Oliv.
Craibia affinis (De Wild.) De Wild.

Dracaena reflexa Lam. var. *nitens* (Welw. ex Bak.) Bak.
Fagara macrophylla (Oliv.) Engl.
Hippocratea africana (Willd.) Loes.
Hoslundia opposita Vahl.
Mallotus oppositifolius (Geisler) Müll. Arg.
Meconeuron welwitschianum Oliv.
Olea subscorpioidea Oliv.
Paulinia pinnata L.
Phoenix reclinata Jacq.
Polysphaeria pedunculata K. Schum.
Raphiostylis beninensis (Hook f.) Planch. ex Benth.
Salacia pyramidalis (G. Don.) Steud.
Strychnos angolensis Gilg.
Tiliacora funifera (Miers) Oliv.
Voacanga schweinfurthii Stapf.
Zanha golugensis Hiern

Tab. I : Groupements végétaux à Dikulushi, Zaïre (voir également la figure 2).



Fig. 7 : Dikulushi : la pelouse à *Pandiaka carsonii* (photographie M. Marenthier).



Fig. 8 : Dikulushi : la pelouse à *Rendlia cupricola* (photographie M. Marenthier).



Fig. 9 : L'inflorescence de *Rendlia cupricola* (photographie M. Marenthier).

sable de cette pauvreté. Seul *Rendlia cupricola* habituellement présent sur les autres gisements cuprifères est également présent ici. Cette espèce a fait l'objet de divers commentaires écologiques. DUVIGNEAUD (1958) signale que "sur sols malachiteux plus ou moins tassés par le piétinement (sentiers, remblais ou déblais de carrière), une pelouse bien verte se développe, constituée par la dominance presque exclusive de cette graminée". DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET (1963) la considèrent comme une graminée polycuprophyte commune aux gisements du groupe de l'Est (Lubumbashi) et du Centre (Likasi, Kamwali); elle envahit d'une pelouse continue, drue et souvent monophytique les aires, les terrains vagues à proximité des usines.

BROOKS & MALAISSE (1985) rapportent que *Rendlia cupricola* s'observe à présent en dehors de son aire de distribution originelle; elle croît notamment le long de la rivière Panda sur des sables alluviaux empoisonnés en métaux lourds (11.000 μg Cu et 1.294 μg Co) par les

eaux usées provenant de l'usine de Likasi. Sa présence est encore rapportée sur des colluvions grises à proximité de la rivière Mulunguishi (eaux usées) ou sur les terrils abandonnés où *Rendlia cupricola* hyperaccumule le cuivre (1.560 µg de Cu, 75 µg de Co).

Le *Pandiaka* de Dikulushi ne montre pas les tendances adaptatives signalées ailleurs au Shaba (MALAISSE, 1983) dans des stations analogues, à savoir tendance à la crassulescence et à la réduction de la surface du limbe. Quant à *Nephrolepis undulata*, son comportement à Dikulushi coïncide avec les observations réalisées pour d'autres gisements où il transgresse parfois (gisements de l'Etoile, de Lukuni et de Luishia) sur sols faiblement minéralisés et sur les aires de métallurgie de l'époque précoloniale (DE PLAEN *et al.*, 1982). A Dikulushi cette fougère a été observée sur des emplacements de métallurgie dont la teneur en Cu du sol était respectivement de l'ordre de 9.000 - 21.000 µg à 5 cm, 220 - 520 µg à 100 cm et 140 - 220 µg à 200 cm de profondeur.

La première carte géochimique, issue d'un choix arbitraire peu heureux des classes de teneur en cuivre, a fourni une information biaisée (hypothèse de trois anomalies) qui a entraîné des prospections onéreuses et stériles. Une seconde carte géochimique (Fig. 5b) basée sur l'utilisation de seuils de teneur en cuivre ayant fait leur preuve ailleurs au Shaba laisse supposer l'existence d'une seule anomalie. Elle montre une grande similitude avec la carte phytogéographique. Les prospections biogéochimiques réalisées en utilisant la teneur en cuivre des feuilles de *Rendlia cupricola*, *Pandiaka carsoni* et *Cyanotis* sp. confirment, malgré la faible extension de ces espèces, les tendances dégagées ci-dessus. En conclusion, il apparaît que même pour un territoire assez éloigné de la zone particulièrement favorable que constitue l'arc cuprifère shabien, la prospection phytogéochimique constitue un outil précieux pour la caractérisation des minéralisations de métaux lourds en surface.

BIBLIOGRAPHIE

- BROOKS, R.R., 1977. Copper and cobalt uptake by *Haumaniastrum* species. *Pl. Soil*, 48, 2, 541-544.
- BROOKS, R.R., GREGOIRE, J., MADI, L. & MALAISSE, F., 1982. Phytogéochimie des gisements cupro-cobaltifères de l'anticlinal de Kasonta (Shaba, Zaïre). *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 219-228.

- BROOKS, R.R. & MALAISSE, F., 1985. *The heavy metal tolerant flora of South-Central Africa - a multidisciplinary approach*. A.A. Balkema, Rotterdam, 199 p.
- BROOKS, R.R., MC CLEAVE, J.A. & MALAISSE, F., 1977. Copper and cobalt in African species of *Crotalaria* L. *Proc. R. Soc. Lond.*, B 197, 231-236.
- BROOKS, R.R., MORRISON, R.E., REEVES, R.D. & MALAISSE, F., 1978. Copper and cobalt in African species of *Aeolanthus* Mart. (Plectranthinae, Labiatae). *Pl. Soil*, 50, 503-507.
- DE PLAEN, G., MALAISSE, F. & BROOKS, R.R., 1982. The copper flowers of Central Africa and their significance for prospecting and archeology. *Endeavour N.S.*, 6, 72-77.
- DE WILDEMAN, E., 1921. *Contribution à l'étude de la flore du Katanga*. Comité spécial du Katanga, Reynaert, Bruxelles, 264 p.
- DUVIGNEAUD, P., 1949. Les savanes du Bas-Congo. Essai de phytosociologie topographique. *Lejeunia*, 10, 192 p.
- DUVIGNEAUD, P., 1958. La végétation du Katanga et de ses sols métallifères. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 90, 127-286.
- DUVIGNEAUD, P., 1959. Plantes "cobaltophytes" dans le Haut-Katanga. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 91, 111-134.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER-DE SMET, S., 1963. Cuivre et végétation au Katanga. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 96, 93-231.
- MALAISSE, F., 1976. *Ecologie de la rivière Luanza*. In : J.J. Symoens (Ed.) : Exploration hydrobiologique du bassin du lac Bangweolo et du Luapula, 17, 2, 151 p.
- MALAISSE, F., 1979. L'écosystème miombo. In : Ecosystèmes forestiers tropicaux, un rapport sur l'état des connaissances préparé par l'UNESCO, le PNUE et la FAO. *Recherches sur les ressources naturelles*, 14, UNESCO, Paris, 641-659.
- MALAISSE, F., 1983. Phytogeography of the copper and cobalt flora of Upper Shaba, Zaïre, with emphasis on its endemism, origin and evolution mechanisms. *Bothalia*, 14, 173-180.
- MALAISSE, F. & GREGOIRE, J., 1978. Contribution à la phytogéochimie de la mine de l'Etoile (Shaba, Zaïre). *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 111, 2, 252-260.
- MALAISSE, F., GREGOIRE, J., BROOKS, R.R., MORRISON, R.S. & REEVES, R.D., 1978. *Aeolanthus biformifolius* : a hyperaccumulator of copper from Zaïre. *Science*, 99, 887-888.
- MALAISSE, F., GREGOIRE, J., MORRISON, R.S., BROOKS, R.R. & REEVES, R.D., 1979. Copper and cobalt in vegetation of Fungurume, Shaba Province, Zaïre. *Oikos*, 33, 472-478.

- MALAISSÉ, F., MALAISSÉ-MOUSSET, M. & SCHOROCHOFF, G., 1978. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo). Note 23; analyse de la pluviosité à Lubumbashi et dans ses environs immédiats. *Geo-Eco-Trop*, 2, 301-315.
- MORRISON, R.S., BROOKS, R.R., REEVES, R.D. & MALAISSÉ, F., 1979. Copper and cobalt uptake by metallophytes from Zaïre. *Plant Soil*, 53, 535-539.
- ROBYNS, W., 1932. Over plantgroei en flora der kopervelden van Opper-Katanga, *Natuurwet. Tijdschr.*, 14, 101-106.
- SHEWRY, P.R., WOOLHOUSE, H.W. & THOMPSON, K., 1979. Relation of vegetation to copper and cobalt in the copper clearings of Haut Shaba, Zaïre. *Bot. J. Linn. Soc.*, 79, 1-35.
- WILD, H., 1968. Geobotanical anomalies in Rhodesia. 1. - The vegetation of copper bearing soils. *Kirkia*, 7, 1-71.
- WILD, H., 1974. Variations in the serpentine floras of Rhodesia, *Kirkia*, 9, 209-232.

