

PHYTOGEOCHIMIE DES GISEMENTS CUPRO-COBALTIFERES DE L'ANTICLINAL DE KASONTA (SHABA-ZAIRE)

Phytogeochemistry of the cupro-cobaltiferous layers of
the Kasonta anticline (Shaba, Zaïre)

R.R. BROOKS⁽¹⁾, J. GREGOIRE⁽²⁾, MADI L.⁽³⁾ & F. MALAISSE⁽⁴⁾

ABSTRACT

The authors note the existence of several alignments in the south-east of the Shaban copperbow : the Etoile, Kipushi and Kasonta anticlines. The latter has been the subject of a geological, botanical and phytogeochemical study, which provides several new facts. These have been incorporated into present knowledge : the completion of the copper and cobalt hyperaccumulators list, the distinction of a kernel of wasteland cupriferous species, proofs for the genera with cupriferous endemics of varying types of copper penetration behaviour according to the species concerned.

RESUME

Les auteurs signalent l'existence de plusieurs alignements pour le secteur sud-est de l'arc cuprifère shabien : anticlinaux de l'Etoile, de Kipushi et de Kasonta. Ce dernier fait l'objet d'une étude géologique, botanique et phytogéochimique qui fournit plusieurs renseignements nouveaux. Ceux-ci sont replacés dans l'ensemble des connaissances actuelles : mise à jour de la liste des hyperaccumulateurs de cuivre et de cobalt, distinction d'un noyau d'espèce rudérales cupricoles, mise en évidence pour les genres à endémiques cupricoles de divers types de comportement de la pénétration du cuivre selon les espèces considérées.

(1) Department of Chemistry, Biochemistry and Biophysics, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

(2) Laboratoire de Chimie, Université de Lubumbashi, Zaïre; adresse actuelle : Euphorbia project, P.O.Box 30461, Nairobi, Kenya.

(3) Département de Géologie, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, Zaïre.

(4) Laboratoire de Botanique et d'Ecologie, B.P. 3429, Lubumbashi, Zaïre.

Le système katanguien atteint au Shaba sa limite septentrionale. Au niveau de Lubumbashi, il s'étale en largeur sur une distance d'environ 650 kilomètres, depuis le massif des Kibara au nord-ouest jusqu'au massif des Irumides au sud-est. En Zambie, la partie minéralisée en cuivre de ce territoire est connue sous le nom de Copperbelt; la partie zaïroise, entièrement située au Shaba méridional, se dispose selon un arc à concavité tournée vers le sud-ouest, d'où son appellation d'arc cuprifère shabien.

On regroupe habituellement les gisements stratiformes du Shaba en trois entités : le secteur ouest, le secteur central et le secteur sud-est. Le secteur sud-est, qui est situé dans les environs de Lubumbashi, comprend des gisements disposés sur plusieurs alignements. Ces derniers se rejoignent au massif granitique de la Luina.

Les gisements de Mwati, de Kimpe, de Kalukuku (ou Etoile), de Ruashi, de Luiswishi, de Lukuni et de Luishia appartiennent à l'anticlinal de l'Etoile; les gisements de Kasonta, de Kasombo et de Lupoto à l'anticlinal de Kasonta et enfin le gisement de M'Baya à l'anticlinal de Kipushi (DEMESMAEKER *et al.*, 1962).

Ces gisements se caractérisent tous par l'existence d'affleurements de roches cuprifères. La présence en surface de roches minéralisées à haute teneur en cuivre provoque une réaction du tapis végétal, qui se traduit par la constitution de phytocénoses particulières, signalées dès 1932 par ROBYNS. Les traits généraux de ces relations "sol minéralisé-végétation" ont été décrits par DUVIGNEAUD et DENAEYER-DE SMET (1960, 1963). Si des études phytogéochimiques ont été effectuées pour les secteurs ouest (DUVIGNEAUD, 1958, 1959; SHEWRY *et al.*, 1979; MALAISSE *et al.*, 1979) et central (DUVIGNEAUD, 1958), seul le gisement de Kalukuluku (MALAISSE & GREGOIRE, 1978) a fait l'objet d'une étude détaillée pour le secteur sud-est. Ces études ont permis la mise en évidence d'hyperaccumulateurs de cuivre et de cobalt (BROOKS, 1977; BROOKS *et al.*, 1977, 1978; MALAISSE *et al.*, 1978) qui ont fait l'objet d'une mise au point récente (BROOKS *et al.*, 1980). La présente note étudie la phytogéochimie des gisements de l'anticlinal de Kasonta et la compare à celle des autres gisements du Shaba méridional.

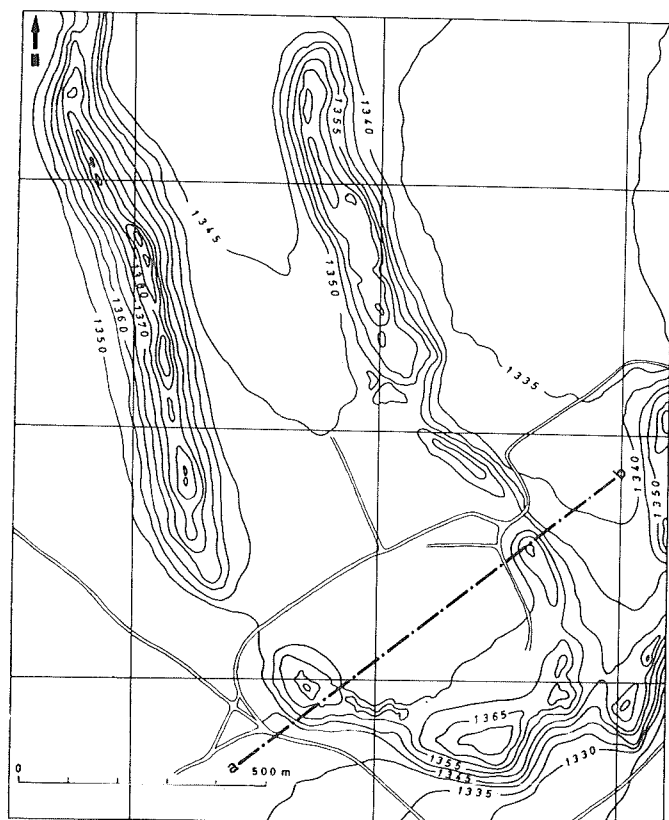


Fig. 1 : Carte topographique du gisement de Lupoto
(a - b : emplacement de la coupe géologique).

ASPECTS GEOMORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

Le gisement cuprifère de Lupoto se situe à 25 kilomètres au nord-ouest de la ville de Lubumbashi. Il s'étend sur 1800 m de longueur et 1200 m de largeur.

Au point de vue géomorphologique, trois alignements de collines se reconnaissent aisément. Ils se succèdent par ordre d'importance croissante de l'est à l'ouest. Ces alignements de collines se rejoignent au sud (Fig. 1).

Au point de vue géologique, Lupoto se trouve au coeur de l'anticlinal de Kasonta. Les ensembles stratigraphiques de cet anticlinal sont par ordre chronologique : la série de Roan, la série du Kundelungu inférieur et la série du Kundelungu supérieur. Les formations géologiques de Lupoto sont constituées par le faisceau 1 et le faisceau 2 de la série de Roan. La roche argilo-talqueuse lilas (R.A.T. lilas) correspond au faisceau 1, tandis que le faisceau 2 est encore appelé Série des Mines (FRANCOIS, 1973). La stratigraphie locale est la suivante de haut en bas :

Faisceau 2 : Les calcaires à minerais noirs	(C.M.N.)	? m
Les schistes dolomitiques	(S.D.)	80 m
La roche siliceuse cellulaire	(R.S.C.)	11 m
La roche siliceuse feuilletée	(R.S.F.)	7 m
La dolomie stratifiée	(D. strat.)	3 m
La roche argilo-talqueuse grise	(R.A.T. grise)	3 m

Faisceau 1 : La roche argilo-talqueuse lilas (R.A.T. lilas) + de 150 m

Les couches de la série des Mines sont plissées et paraissent emballées dans la R.A.T. lilas. On note un anticlinal et deux synclinaux. L'anticlinal se localise à l'alignement médian des collines. Quant au lieu de jonction des trois alignements de collines, il coïncide avec la zone de fermeture périclinale de deux synclinaux. L'anticlinal est faillé axialement dans sa partie méridionale (Fig. 2); il paraît normal dans sa partie septentrionale. Tous ces plis sont affectés par au moins deux failles transversales.

Les strates minéralisées en cuivre sont, par ordre d'importance décroissante, la roche siliceuse feuilletée (R.S.F.), la roche argilo-talqueuse grise (R.A.T. grise), la dolomie stratifiée (D. strat.). En surface on rencontre des oxydes de cuivre comme la malachite, le chrysocolle, rarement la cuprite et des relictés des sulfures de cuivre. En

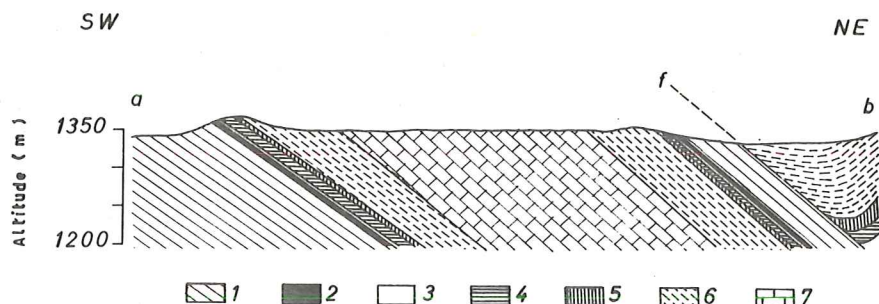


Fig. 2 : Coupe géologique de la mine de Lupoto (f : faille; 1 : roches argilo-talqueuses (R.A.T.) lilas; 2 : R.A.T. grises; 3 : dolomies stratifiées (D. Strat.); 4 : roches siliceuses feuilletées (R.S.F.); 5 : roches siliceuses cellulaires (R.S.C.); 6 : schistes dolomitiques (S.D.); 7 : calcaire à minerais noir (C.M.N.).

profondeur les minéraux sulfurés de cuivre tel que la bornite, la chalcopyrrite et la chalcosine deviennent de plus en plus abondants.

Le gisement de Lupoto a été exploité d'une façon très rudimentaire avant la période coloniale; il a été rapidement prospecté par la "Tanganika Concessions Limited" au début de ce siècle. Une exploitation manuelle, hâtive y fut entreprise par l'Union Minière du Haut-Katanga de 1940 à 1945. Cette exploitation correspond à l'effort de guerre du Congo belge. Une évaluation récente du gisement a été effectuée par la Gécamines. Elle a donné les résultats suivants :

- 3.850.880 tonnes de minerais oxydés entre 1350 et 1260 m d'altitude,
- présence de minerais mixtes oxydés et sulfurés confinés entre 1260 et 1200 m d'altitude,
- une partie à minerais sulfurés uniquement, qui s'étendrait en-deçà de 1200 m d'altitude (MASENGO, 1975).

ASPECTS BOTANIQUE ET PHYTOGEOCHIMIQUE

Trois groupements végétaux ont été reconnus au cours de la prospection, à savoir :

- la savane steppique,
- la pelouse sur déblais miniers récents,
- la steppe enrochée.

La savane steppique couvre la plus grande partie du gisement de Kasonta. Elle est localement interrompue par quelques tranchées et travaux miniers. A Lupoto, par contre, ces derniers sont plus importants et se substituent localement à la savane steppique au pied de la steppe enrochée. La prospection botanique a permis d'inventorier une cinquantaine de taxons dont respectivement 21 et 37 espèces en provenance de Lupoto et Kasonta furent analysées, pour leur teneur en cuivre et en cobalt des feuilles (pour les méthodes d'analyse voir MALAISSE *et al.*, 1979). Ces valeurs sont signalées aux tableaux I et II.

Trois échantillons de sols furent également analysés et montrent des valeurs analogues.

	Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Lupoto		
- savane steppique à <i>Thunbergia</i>	5200	169
- travaux miniers récents	4500	163
Kasonta		
- savane steppique à <i>Crotalaria</i>	4750	124

Les analyses chimiques des feuilles des plantes montrent dans l'ensemble des teneurs faibles en cobalt, tandis que l'éventail des valeurs mesurées pour le cuivre est large. Trois hyperaccumulateurs de Cu ont été notés, *Haumaniastrum katangense*, *Vernonia petersii* et *Anisopappus hoffmannianus*. Les deux dernières espèces n'avaient pas vu cette caractéristique signalée à ce jour. On peut considérer ces deux plantes comme relevant de la flore rudérale qui, en compagnie de *Coreopsis oligo-flora* colonise les terrains métallifères anthropiques légèrement toxiques. DE PLAEN *et al.* (1982) les ont par exemple observées sur l'emplacement d'anciens fours correspondant à la métallurgie du cuivre à l'époque précoloniale. L'importance de cette flore rudérale, déjà mentionnée par DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET (1963) et MALAISSE & GREGOIRE (1978), a encore été soulignée récemment à propos de l'origine de la flore cupricole (MALAISSE, 1983). D'autre part, *Becium peschianum*, une endémique cupricole du Shaba méridional, montre également de fortes teneurs en Cu de l'ordre de 800-900 μg ; valeurs nettement supérieures aux teneurs observées habituellement pour les autres espèces de ce genre. Les autres résultats confirment les observations rapportées précédemment, telles que la faible accumulation de cuivre par les graminées (MALAISSE *et al.*, 1979), la teneur très variable de *Cryptosepalum maraviense* (SHEWRY *et al.*, 1979), l'accumulation moyenne de cuivre par les héli-parasites (MALAISSE *et al.*, 1979).

Famille	Herbier de référence	Espèces	Teneur en	
			Co*	Cu*
<u>Pteridophytes</u>				
Adiantaceae	9322	<i>Pellaea pectiniformis</i> Bak.	5	197
<u>Dicotyledones</u>				
Acanthaceae	9316	<i>Thunbergia oblongifolia</i> Oliv.	17	394
Caesalpiniaceae	9320	<i>Cryptosepalum maraviense</i> Oliv.	8	207
Compositae	9314	<i>Vernonia petersii</i> Oliv. & Hiern.	38	1487
Euphorbiaceae	9331	<i>Acalypha cupricola</i> Robyns	26	905
Lamiaceae	9312	<i>Becium katangense</i> (De Wild.) Duvign. & Plancke	18	766
	9326	<i>Becium peschianum</i> Duvign. & Plancke	23	854
	9317	<i>Haumaniastrum katangense</i> (S. Moore) Duvign. & Plancke	49	2135
	9323	<i>Haumaniastrum homblei</i> (De Wild.) Duvign. & Plancke	44	542
Moraceae	9328	<i>Ficus</i> sp.	4	152
Olacaceae	9315	<i>Olax obtusifolia</i> De Wild.	13	129
Papilionaceae	9313	<i>Adenodolichos rhomboideus</i> (O. Hoffm.) Harms	12	432
	9321	<i>Kotschya strigosa</i> (Benth. ex. Bak.) Dewit & Duvign.	14	405
Santalaceae	9325	<i>Thesium pawlowskianum</i> Lawalrée	16	151
Scrophulariaceae	7720	<i>Alectra sessiliflora</i> (Vahl) O. Ktze var. <i>senegalensis</i> (Benth.) Hepper	25	170
Tiliaceae	8832	<i>Sopubia densiflora</i> Skan.	11	22
	9329	<i>Sopubia neptunii</i> Duvign. & Van Bock.	24	341
	7722	<i>Sopubia neptunii</i> Duvign. & Van Bock.	17	125
	9327	<i>Triumfetta digitata</i> (Oliv.) Hutch. & Sprague	33	694
	9324	<i>Triumfetta welwitschii</i> Mast.	14	369
<u>Monocotyledones</u>				
Liliaceae	9330	<i>Eriospermum abyssinicum</i> Bak.	13	232
Poaceae	9318	<i>Eragrostis boehmii</i> Hack.	5	255
	9319	<i>Monocymbium ceresiiforme</i> (Nees) Stapf.	8	217

Tabl. I : Teneur en Co et en Cu (* en µg/g poids sec) des principales espèces de la Mine de cuivre Lupoto.

Famille	Herbier de référence	Espèces	Teneur en Co*	Cu*
<u>Dicotyledones</u>				
Acanthaceae	10.420	<i>Justicia elegantula</i> S. Moore	13	511
	10.417	<i>Thumbergia oblongifolia</i> Oliv.	2	56
Asteraceae	10.404	<i>Anisopappus hoffmannianus</i> Hutch.	17	1065
	10.407	<i>Coreopsis oligoflora</i> Klatt	8	406
Caesalpinaceae	10.422	<i>Cassia mimosoides</i> L.	1	57
	10.418	<i>Cryptosepalum maraviense</i> Oliv.	2	26
Campanulaceae	10.414	<i>Wahlembergia collomioides</i> (A. DC.) Thulin	14	57
Euphorbiaceae	10.384	<i>Acalypha cupricola</i> Robyns	6	299
Fabaceae	10.426	<i>Adenodolichos rhomboideus</i> (O. Hoffm.) Harms	10	392
	10.428	<i>Crotalaria peschiana</i> Duvign. & Timp.	4	16
	10.423	<i>Kotschya strigosa</i> (Benth. ex Bak.) Dewit & Duvign.	1	19
Lamiaceae	10.386	<i>Becium homblei</i> (De Wild.) Duvign. & Plancke	10	136
	10.392	<i>Becium katangense</i> (De Wild.) Duvign. & Plancke	1	18
	10.411	<i>Becium peschianum</i> Duvign. & Plancke	17	818
	10.408	<i>Haumaniastrum katangense</i> (S. Moore) Duvign. & Plancke	3	74
Malvaceae	10.396	<i>Icomum tuberculatum</i> De Wild.	7	57
	10.391	<i>Hibiscus rhodanthus</i> Gurke	2	53
Melastomataceae	10.416	<i>Antherotoma naudinii</i> Hook. f.	5	163
Oxalidaceae	10.394	<i>Oxalis semiloba</i> Sond. subsp. <i>semiloba</i>	5	49
Rubiaceae	10.395	<i>Pentanisia schweinfurthiana</i> Hiern	3	13
Santalaceae	10.390	<i>Thesium pawlowskianum</i> Lawalrée	10	44
Scrophulariaceae	10.419	<i>Lindernia damblonii</i> Duvign.	11	98
	10.402	<i>Sopubia neptunii</i> Duvign. & Van Bock.	9	160
Thymeleaceae	10.387	<i>Gnidia hockii</i> De Wild.	2	11
	10.424	<i>Gnidia kraussiana</i> Meissn. var. <i>Kraussiana</i>	6	68
Tiliaceae	10.393	<i>Triumfetta digitata</i> (Oliv.) Hutch. & Sprague	3	50
	10.385	<i>Triumfetta welwitschii</i> Mast.	9	45
<u>Monocotyledones</u>				
Amaryllidaceae	10.389	<i>Boöphone disticha</i> (L.F.) Herb.	3	26
Commelinaceae	10.421	<i>Cyanotis longifolia</i> Benth.	23	327

Cyperaceae	10.403	<i>Ascolepis metallorum</i> Duvign. & G. Léonard	9	560
	10.405	<i>Bulbostylis mucronata</i> C.B.Cl.	14	604
Liliaceae	10.388	<i>Eriospermum abyssinicum</i> Bak.	1	114
Poaceae	10.406	<i>Arthraxon quartinianus</i> (A. Rich.) Nash	2	66
	10.398	<i>Eragrostis boehmii</i> Hack.	2	38
	10.397	<i>Loudetia simplex</i> C.H. Hubb.	1	13
	10.399	<i>Monocymbium ceresiiforme</i> (Nees) Stapf	1	25
	10.427	<i>Tristachya hispida</i> K. Schum.	2	29

Tabl. II : Teneur en Co et en Cu (* en $\mu\text{g.g}^{-1}$ poids sec) des principales espèces du gisement de Kasonta.

Ainsi se dégagent progressivement les aspects fondamentaux de la phytogéochimie du cuivre et du cobalt au Shaba méridional par :

- l'allongement de la liste des hyperaccumulateurs établie par BROOKS et al. (1980),
- la distinction au sein des genres ayant développés plusieurs espèces endémiques cupricoles (genres *Haumaniastrum*, *Crotalaria*, *Buchnera*, *Faroa* et *Becium*) de comportements différentiels vis-à-vis de la pénétration et de l'accumulation du cuivre et du cobalt,
- la définition d'une flore rudérale cuprophile constituant un noyau d'espèces aptes à fixer et coloniser les déblais miniers,
- enfin, la mise en évidence d'espèces eurycuprorésistantes susceptibles d'être utilisées pour des prospections phytogéochimiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BROOKS, R.R., 1977. Copper and cobalt uptake by *Haumaniastrum* species. *Pl. Soil*, 48, 541-544.
- BROOKS, R.R., MORRISON, R.S., REEVES, R.D. & MALAISSE, F., 1978. Copper and cobalt in African species of *Aeolanthus* Mart. (Plectranthinae, Labiatae). *Pl. Soil*, 50, 503-507.
- BROOKS, R.R., REEVES, R.D., MORRISON, R.S. & MALAISSE, F., 1980. Hyperaccumulation of copper and cobalt - A review. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.* 113, 166-172.
- DEMESMAEKER, G., FRANCOIS, A. & OOSTERBOSCH, R., 1962. La tectonique des gisements cuprifères stratiformes du Katanga. In : *Symposium sur les gisements stratiformes de cuivre en Afrique (Lusaka)*. Assoc. Serv. Géol. afric., Paris, 47-115.

- 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., 1960. Action de certains métaux lourds du sol (cuivre, cobalt, manganèse, uranium) sur la végétation dans le Haut Katanga. In : Viennot-Bourguin (Ed.) : *Rapports du sol et de la végétation*, Masson, Paris, 121-139.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER-DE SMET, S., 1963. Cuivre et végétation au Katanga. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 96, 93-231.
- FRANCOIS, A., 1973. *L'extrémité occidentale de l'arc cuprifère shabien*. Etude géologique. Départ. Géol. Gécamines, Likasi, 120 p.
- MALAISSSE, F., 1983. Phytogeography of copper and cobalt flora of Upper Shaba (Zaire), with emphasis on its endemism, origin and evolution. *Bothalia*, 14, 173-180.
- MALAISSSE, F. & GREGOIRE, J., 1978. Contribution à la phytogéochimie de la Mine de l'Etoile (Shaba, Zaïre). *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 111, 252-260.
- MALAISSSE, F., GREGOIRE, J., BROOKS, R.R., MORRISON, R.S. & REEVES, R.D., 1978. *Aeolanthus biformifolius* : a hyperaccumulator of copper from Zaïre. *Science*, 199, 887-888.
- MALAISSSE, 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.
- MASENGO, K., 1975. Deux mines à ciel ouvert du groupe sud. *Mwana Shaba* Lubumbashi, 238, 2-4.
- SHEWRY, P.R., WOOLHOUSE, H.W. & THOMPSON, K., 1979. Relationships of vegetation to copper and cobalt in the copper clearings of Haut Shaba, Zaïre. *Bot. J. Linn. Soc.*, 79, 1-35.