

Age tardi-ubendien (Protérozoïque inférieur) des dômes granitiques de l'arc cuprifère zaïro-zambien

Kyalwe NGOYI, Jean-Paul LIÉGEOIS, Daniel DEMAIFFE et Paul DUMONT

Résumé – Le granite porphyroïde du dôme de la Luina (Shaba, Zaïre) est daté par la méthode U-Pb sur zircon à $1\,882 \pm 23 / -19$ Ma; il a aussi enregistré un événement à 526 ± 250 Ma. Cet âge tardi-ubendien peut également être attribué aux autres massifs granitiques de la région. Nous proposons de rattacher ces dômes granitiques au Bangweulu Block, qui, à cet endroit, aurait subi le charriage du Katanguien. Par ailleurs, les isotopes du strontium indiquent que le socle s'est comporté en système ouvert au cours du Pan-Africain (=Lufilien), ce dont on doit tenir compte dans les modélisations visant à expliquer la genèse des minéralisations en Cu et U sus-jascentes.

Late-Ubendian age (lower Proterozoic) for the granitic domes of the Zairian-Zambian Copperbelt

Abstract – The porphyritic granite from the Luina dome (Shaba, Zaire) has been dated at $1,882 \pm 23 / -19$ Ma (U-Pb on zircon); it has also recorded an event at 526 ± 250 Ma. This late-Ubendian age can also be attributed to the granitic plutons of the whole Copperbelt. We propose to relate these granitic domes to the Bangweulu Block which here has been overthrust by the Katangan sequence. Moreover, strontium isotopes show that the basement behaved as an open system during the Pan-African (=Lufilian) orogeny, a fact which must be taken into account when attempting to explain the genesis of the overlying Cu and U mineralizations.

Abridged English Version – INTRODUCTION. – The upper Proterozoic Copperbelt of Shaba (Zaire) and Zambia is well known for its copper and uranium mineralizations. However, the role of granitic masses extending along the Zairian-Zambian border is still conjectural ([1], [2], [3]). This Note presents the first reliable geochronological data on this granite type (Luina dome, Zaire) which allows them to be placed in their context and their role in the Pan-African (=Lufilian, ca 600 Ma) orogen and in the genesis of the mineralizations to be defined.

GEOLOGICAL SETTING. – The granitic plutons of the Copperbelt (*Fig. 1*) are overlain by the Katangan sediments (Upper Proterozoic) ([4], [5], [6]) which were affected by the Lomamian, Lusakian and Lufilian orogenic events [7], the last being by far the most important. By contrast, in N and NW Shaba, these series are still tabular [8]. The lower series (Roan) contains the Cu mineralizations and the U-bearing veins (epigenetic ores).

The studied Luina dome contains metasediments (kyanite quartzites and micaschists) of unknown age and retrogressed in greenschist facies. Relative age and nature of the Luina dome are discussed for a long time ([9] to [12]). Our field work shows only one single granitic intrusion with two petrographic types (porphyritic and coarse grained), locally intensely mylonitized and retrogressed to greenschist assemblages.

GEOCHRONOLOGY. – Zircons have been extracted from a porphyritic granite sampled at the Kinsenda mine (*Fig. 1*). The four analyzed fractions (Table I) are neatly aligned on a discordia chord (*Fig. 2*). The upper intercept ($1,882 \pm 23 / -19$ Ma) is interpreted as the intrusion age while the lower intercept (526 ± 250 Ma) probably corresponds to Pb loss during the Pan-African overprinting (mylonitization and retrograde metamorphism).

Ten samples (whole rock, Table II, *Fig. 1*) analyzed by the Rb-Sr method do not give a good alignment (*Fig. 3*); they were partly or completely reset during the Lufilian orogeny.

Note présentée par Maurice ROQUES.

Initial Sr ratios calculated assuming an age of 1,882 Ma (zircon) are abnormally low (around 0.6) which implies that the granites were an open system for Rb and Sr during the overprinting.

INTERPRETATION AND CONCLUSIONS. — The lower Proterozoic age of the porphyritic Luina granite (1,882 Ma), classified as post-Katangan by Gysin [12] suggests a single late-Ubendian granite group when considering the similar preliminary ages of Mufulira, Roan Antelope and Mokambo ([18], [19]) (*Fig. 1*).

We suggest that the granitic domes of the Copperbelt belong to the Bangweulu Block which shows the same lithology [23] and granites of similar age ([20], [21]). This implies that the zone lying between the Kibarides to the NW and the Irumides to the SE was not affected by the Kibaran orogeny. In the Copperbelt, the domes were just covered by allochthonous or autochthonous Katangan (*Fig. 4*). The Kundelungu kimberlites [24] would then be emplaced on the edge of this block stabilized ca 1,800 Ma ago.

Kyanite development in the metasediments is not related to the Kibaran phase [25] but, as it is also present in the Katangan ([26], [27]), is linked to the pan-African event as well as most of the regional metamorphic parageneses [28]. The only known granite of Upper Proterozoic age in the Copperbelt is the Lusaka granite (843 Ma, [29]) far to the south. By contrast, the Pan-African (or Lufilian) orogeny (min. 575 ± 35 Ma, [7]) produced the Katangan thrusting to the NE [30, 31] and the arcuate form of the Copperbelt as well as the tectonic emplacement of the domes [25]. During this orogeny, fluid circulation has been intense enough to affect both U-Pb and Rb-Sr isotopic systems. The Copperbelt granites behaved as an open geochemical system which suggests that they could have participated in the genesis (U) or in modifications (Cu) of the huge mineralizations of the area.

INTRODUCTION. — Au Shaba (Zaïre) et en Zambie, l'arc cuprifère (Copperbelt) du Protérozoïque supérieur est connu depuis longtemps pour ses importantes minéralisations en cuivre et en uranium. L'origine et le mode de formation de ces gisements ne font pas encore l'unanimité ([1], [2], [3]). En particulier, le rôle des masses granitiques qui jalonnent la crête de partage des eaux Zaïre-Zambèze (formant ici la frontière, *fig. 1*) n'est pas élucidé. Cette Note présente les premières données géochronologiques fiables obtenues sur ce type de granite (dôme de la Luina, Zaïre) ce qui permet de replacer ces massifs granitiques dans leur contexte et de préciser leur rôle lors de l'orogénèse pan-africaine (= Lufilienne, ca 600 Ma) et dans la genèse des minéralisations.

CADRE GÉOLOGIQUE. — Dans l'arc cuprifère, affleurent des plutons granitiques circonscrits en forme de dôme (Luina, Mokambo...) ou de forme plus diffuse (Mufulira, Roan-Antelope...) (*fig. 1*). Les séries sédimentaires reposant en discordance sur ces granites sont d'âge Protérozoïque supérieur (Séquence du Katanguien); elles sont classiquement réparties en trois supergroupes : Roan, Kundelungu inférieur et Kundelungu supérieur, les deux derniers ayant à leur base un conglomérat d'origine glaciaire ([4], [5], [6]). L'âge de dépôt des séries serait le suivant [7] : Roan entre 1 310 Ma (voire même après 1 130 Ma) et 980 Ma, K. inférieur entre 950 et 850 Ma et le K. supérieur entre 850 et 600 Ma. Ces limites sont marquées respectivement par les événements orogéniques lomamien, lusakien et lufilien, ce dernier étant de loin le plus important. Dans le N et NW du Shaba par contre, ces séries sont restées tabulaires [8]. Le Roan renferme les minéralisations en cuivre et les filons d'uranium (gisements épigénétiques).

Outre les granitoïdes, le dôme de la Luina comporte des métasédiments (quartzites à disthène et micaschistes) recoupés par des passées doléritiques (dykes?); l'ensemble a été rétromorphosé en faciès schistes verts. L'âge relatif de ces métasédiments par rapport aux granites n'est pas connu.

Le granite de la Luina, porphyroïde ou à grain grossier n'est pas intrusif dans le Katanguien comme le pensait Gysin ([9], [10]). Nos travaux de terrain et les sondages de prospection à Kinsenda (*fig. 1*) montrent que le granite est recouvert, en discordance, par le Roan (*cf.* aussi [11]). L'aspect gneissique observé localement et utilisé pour différencier granite « vieux » et « jeune » [12] est en fait dû à une phase de mylonitisation qui a affecté certaines zones de l'intrusion en laissant d'autres quasiment intactes. Les nombreuses fractures cicatrisées par du quartz et/ou de la calcite réparties dans tout le dôme de la Luina sont probablement liées à cette phase. L'ensemble du massif a été rétromorphosé (développement d'une minéralogie du type schistes verts) au cours de cette reprise tectonique.

GÉOCHRONOLOGIE. — La population de zircon a été extraite d'un échantillon du granite porphyroïde du dôme de la Luina, prélevé dans les galeries de la mine de Kinsenda (*fig. 1*). Les quatre fractions analysées (tableau I) s'alignent parfaitement le long d'une corde discordia (*fig. 2*; intercept supérieur : $1882 \pm 23/-19$ Ma, intercept inférieur : 526 ± 250 Ma). Le degré de discordance, nettement corrélé à la susceptibilité magnétique des fractions (*fig. 2*), est de l'ordre de 10 %, ce qui explique l'imprécision de l'intercept inférieur. Les zircons analysés étaient limpides, aciculaires et sans aucune trace de cœur hérité. La valeur de $1882 \pm 23/-19$ Ma reflète donc l'âge de mise en place du granite. Celle de 526 ± 250 Ma correspond vraisemblablement à une perte épisodique en Pb causée par la mylonitisation et la rétromorphose.

Dix échantillons (roches totales) ont été analysés en Rb-Sr (tableau II). Les échantillons les moins rétromorphosés ont été choisis sur base pétrographique, néanmoins les feldspaths étaient significativement saussuritisés. La figure 3 montre qu'ils ne déterminent pas un bon alignement. Certains échantillons (M1, 2, 3, 9, 12) semblent avoir été quasiment remis à zéro au Pan-Africain (524 ± 15 Ma, $0,7237 \pm 0,0005$, MSWD = 23) alors que les autres fournissent des valeurs intermédiaires, sans signification chronologique : le système isotopique Rb-Sr a été fortement perturbé par la reprise tectonique sans que cette dernière n'ait permis une réhomogénéisation isotopique des roches totales à l'échelle du massif. D'autre part, la moyenne des RiSr calculés pour un âge de 1882 Ma est de 0,582 pour les 10 échantillons et de 0,677 si on ne tient pas compte des 3 échantillons M2, M3 et 2,

TABLEAU I
Résultats U-Pb sur zircon. Ech. Luinazr (granite porphyroïde).
U-Pb results on zircon.

Frac.	U (ppm)	Pb (ppm)	$^{206}\text{Pb}^*/$ ^{204}Pb	$^{206}\text{Pb}^*/$ ^{238}U	$^{207}\text{Pb}^*/$ ^{235}U	$^{207}\text{Pb}^*/$ $^{206}\text{Pb}^*$	âges apparents (Ma)		
							238/ 206	235/ 207	207/ 206
3° M	260,5	92,3	$2\ 843 \pm 14$	0,301 5	4,687 9	0,112 78	1 699	1 765	1 845
1° M	238,7	86,3	$5\ 737 \pm 58$	0,309 3	4,826 3	0,113 17	1 737	1 789	1 851
-1° M	227,2	83,4	$5\ 398 \pm 28$	0,311 5	4,873 1	0,113 47	1 748	1 798	1 856
-3° M	225,6	83,6	$5\ 431 \pm 64$	0,313 5	4,910 2	0,113 60	1 758	1 804	1 858

Frac = fraction; M = magnétique; (-) signifie diamagnétique; * = radiogénique (Pb commun : 15.458/15.259/35.099). Erreurs sur rapports U/Pb < 1 %, sur rapports $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ < 0.1 %; méthode chimique modifiée d'après [13] et [14] sur 3 à 4 mg de zircon purifié (63-106 μ) et calcul des âges selon [15]. Centre belge de Géochronologie (M.R.A.C.-U.L.B.).

TABLEAU II
 Résultats Rb-Sr sur roches totales.
Rb-Sr results on whole rock.

N°	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (± 2 en 10^{-5})
Luina :				
1	211	161	3,817	0,778 53 \pm 5
2	445	40,6	33,855	1,408 25 \pm 33
5	256	96,7	7,751	0,846 39 \pm 2
M2	382	50,9	22,049	0,868 37 \pm 28
M3	332	46,0	21,240	0,895 68 \pm 13
M5	212	160	3,879	0,777 91 \pm 3
ST1	263	232	3,302	0,778 98 \pm 4
Lubembe :				
M1	154	367	1,218	0,733 00 \pm 9
M9	175	206	2,462	0,743 13 \pm 3
M12	125	210	1,719	0,735 89 \pm 7

Erreurs sur rapports Rb/Sr < 2 % (fluorescence X); λ $^{87}\text{Rb} = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ [16]. Centre belge de Géochronologie (M.R.A.C.-U.L.B.).

aux rapports Rb/Sr nettement plus élevés (Tableau II). Ces valeurs anormalement basses indiquent que ces granites ne se sont pas comportés en système fermé, au moins pour le Rb et le Sr, au cours de l'épisode mylonitique.

INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS. — Les zircons ont été extraits d'un granite classé comme granite « jeune » par Gysin [12]. L'âge « vieux » obtenu (1 882 Ma) confirme les données pétrographiques et les données de sondage qui suggéraient un seul groupe granitique anté-Katanguien. Ce résultat confirme les âges préliminaires obtenus sur des complexes comparables (Mufulira, Roan-Antelope [18], Mokambo [19]; *fig. 1*). L'âge précis obtenu sur Luina devrait donc pouvoir s'appliquer à ces divers granites de l'arc cuprifère zaïro-zambien.

Au NE, des âges similaires entre 1869 ± 40 Ma et 1816 ± 22 Ma ([20], [21]) ont été obtenus sur le Bangweulu Block [22] aussi bien sur les granites (type Kate) que sur les volcanites (type Marungu). L'encaissant de ces roches est essentiellement constitué de chlorito- ou mica-schistes et de quartzites faisant partie du cycle ubendien (schist belts, [22]). Cet ensemble est recouvert, en discordance, par les Plateau Series, très peu plissées, non métamorphiques et rapportées au Supergroupe de Muva, composé d'une alternance de sédiments arénacés et pélitiques. Par contre, dans les Irumides (*fig. 4*), ces mêmes formations sont intensément plissées et métamorphisées [23]; elles sont anté-1 130 Ma [21] et post-1 816 Ma.

Nous suggérons que les dômes granitiques de l'arc cuprifère du Zaïre et de Zambie appartiennent au Bangweulu Block et qu'ils ont été recouverts par l'autochtone ou l'allochtone katanguien (*fig. 4*). Cette conclusion, jumelée avec l'absence d'enregistrement d'âge kibarien (1 300-1 100 Ma) par les zircons, indique que la zone de l'arc qui est comprise entre les Kibarides au NW et les Irumides au SE, n'a pas subi de façon sensible les effets de l'orogénèse kibarienne (*fig. 4*). Les kimberlites du Kundelungu [24] se trouveraient donc situées sur le bord même de cette zone stabilisée vers 1 800 Ma (*fig. 4*). La présence de disthène dans les quartzites des dômes ne peut être attribuée au Kibarien [25] car ce minéral est également présent dans le Roan [26] et dans le Kundelungu [27] : les paragenèses métamorphiques des couvertures post-ubendiennes seraient pan-africaines [28]. Les métasédiments de la Luina peuvent aussi bien se rapporter aux « schist belts » (s'ils sont ante-1 882 Ma) qu'au Supergroupe de Muva, en tant

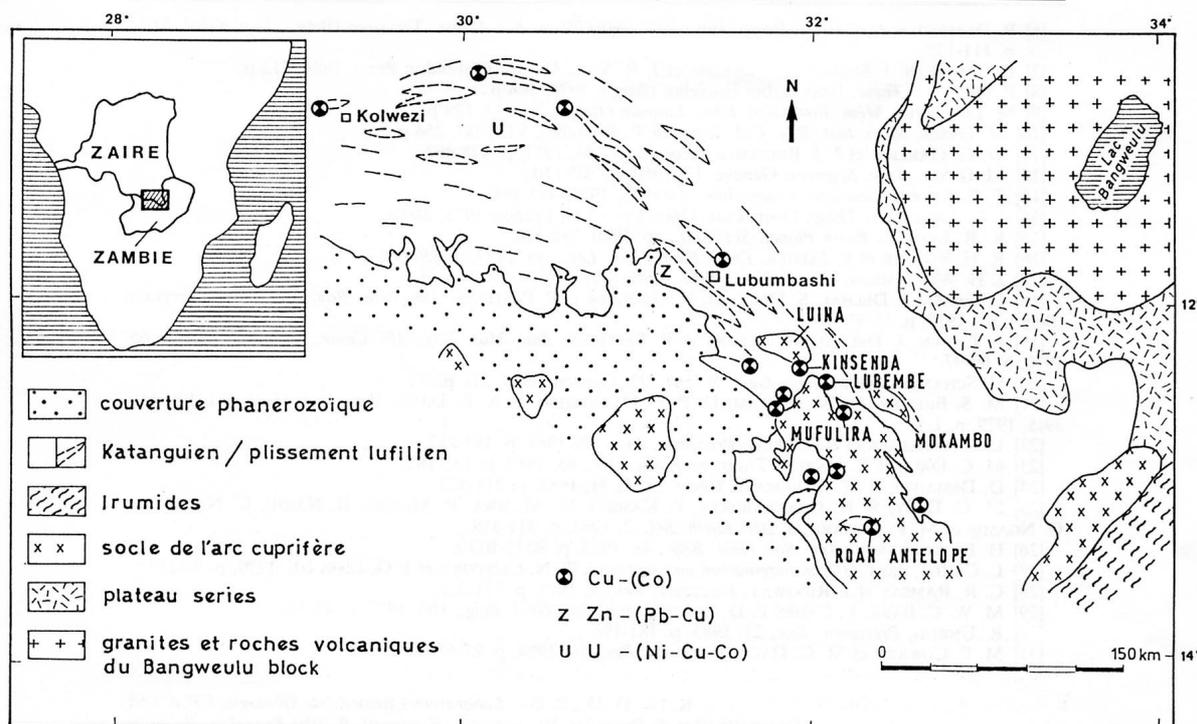


Fig. 1. — Carte géologique simplifiée de l'arc cuprifère et des régions avoisinantes.

Fig. 1. — Simplified geological map of the Copperbelt and neighbouring areas.

qu'équivalent plus métamorphique des Plateau Series. Le seul granite du Protérozoïque supérieur de l'arc cuprifère actuellement connu est le granite de Lusaka (843 Ma, [29]) qui intrude le Katanguien, nettement plus au sud.

L'intercept inférieur de Luina (526 ± 250 Ma) ne peut correspondre qu'à l'orogénèse pan-africaine (ou lufilienne, minimum 575 ± 35 Ma, [6]), seule susceptible d'être à l'origine de la mylonitisation et de la rétro-morphose des massifs granitiques de l'arc cuprifère. Cette orogénèse correspond en fait au charriage du Katanguien vers le NE ([30], [31]) avec formation de l'arc lufilien lui-même (fig. 4) et mise en place tectonique des dômes [25]. Une phase fluide abondante a induit dans le socle, même peu mylonitique, une profonde perturbation du système isotopique Rb-Sr qui a donc été ouvert ainsi qu'une perte épisodique en Pb dans les zircons. Le socle ubendien pourrait dès lors avoir participé à la genèse (uranium) ou à des modifications (cuivre) des minéralisations de l'arc cuprifère zaïro-zambien.

Note remise le 28 décembre 1990, acceptée après révision le 18 avril 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] V. D. FLEISCHER, W. G. GARLICK et R. HALDANE, dans *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits*, K. H. WOLF éd., 1976, p. 223-352.
- [2] R. UNRUG, *Econ. Geol.*, 83, 1988, p. 1245-1258.
- [3] J. J. LEFEBVRE, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 112, 1989, p. 121-135.
- [4] L. CAHEN, *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, Tervuren (Belg.), 65, 1970, p. 7-14.
- [5] J. G. VAN EDEN et P. L. BINDA, *Geol. Mijnbouw*, 51, 1972, p. 321-328.

- [6] P. DUMONT et L. CAHEN, Rapp. ann., 1977, Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren (Belg.), Dpt. Géol. Min., 1978, p. 111-135.
- [7] L. CAHEN, N. J. SNELLING, J. DELHAL et J. R. VAIL, Oxford Clarendon Press, 1984, 512 p.
- [8] P. DUMONT, *Thèse*, Univ. Libre Bruxelles (Belg.), 1971, 306 p.
- [9] M. LECOMPTE, *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain (Belg.)*, 7, 1933, 129 p.
- [10] M. GYSIN, *Mém. Inst. Roy. Col. Belge*, in 4°, Bruxelles, VI, 1937, 254 p.
- [11] W. G. GARLICK et J. J. BRUMMER, *Econ. Geol.*, 46, 1951, p. 478-497.
- [12] M. GYSIN, *Arch. Sciences*, Genève, 13, 1960, p. 103-110.
- [13] T. E. KROGH, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 1973, 485-494.
- [14] J. R. LANCELOT, *Thèse*, Doct. État, Univ. Paris-VII, France, 1975, 280 p.
- [15] K. R. LUDWIG, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 46, 1980, 212-220.
- [16] R. H. STEIGER et E. JAEGER, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 1977, p. 359-362.
- [17] J. H. WILLIAMSON, *Can J. Phys.*, 1968, 1845-1847.
- [18] L. CAHEN, J. DELHAL, S. DEUTSCH, N. GRÖGLER et P. PASTEELS, *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, Tervuren (Belg.), 65, 1970, p. 15-37.
- [19] L. CAHEN, J. DELHAL, D. LEDENT et P. PASTEELS, *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, Tervuren (Belg.), 65, 1970, p. 69-97.
- [20] H. SCHANDELMEIER, *Giess. Geol. Schrift.*, 23, Giessen, 1980, 111 p.
- [21] M. S. BREWER, H. W. HASLAM, D. P. F. DARBYSHIRE et A. E. DAVIS, Rep. Inst. Geol. Sci. London, 39/5, 1979, p. 1-11.
- [22] L. S. ANDERSEN et R. UNRUG, *Precamb. Res.*, 25, 1984, p. 187-212.
- [23] M. C. DALY et R. UNRUG, *Trans. geol. Soc. Afr.*, 85, 1982, p. 155-165.
- [24] D. DEMAIFFE et M. FIEREMANS, *Chem. Geol.*, 31, 1981, p. 311-323.
- [25] M. C. DALY, S. K. CHAKRABORTY, P. KASOLO, M. MUSIWA, P. MUMBA, B. NAIDU, C. NAMATEBA, O. NGAMBI et M. P. COWARD, *J. Afr. Earth. Sci.*, 2, 1984, p. 311-318.
- [26] H. BUTTGENBACH, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 48, 1925, p. B117-B119.
- [27] L. CAHEN, dans *African magmatism and tectonics*, T. N. CLIFFORD et I. G. GASS éd., 1970, p. 97-117.
- [28] C. R. RAMSAY et J. RIDGWAY, *Precamb. Res.*, 4, 1977, p. 321-337.
- [29] M. W. C. BARR, L. CAHEN et D. LEDENT, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 100, 1978, p. 47-54.
- [30] R. UNRUG, *Precamb. Res.*, 21, 1983, p. 181-196.
- [31] M. P. COWARD et M. C. DALY, *Precamb. Res.*, 24, 1984, p. 27-45.

K. N., D. D., P. D. : Laboratoires associés de Géologie, CP n° 160, Université libre de Bruxelles, 50, avenue F.-Roosevelt, B-1050 Bruxelles, Belgique.

J.-P. L. : Département de Géologie, Unité de Géochronologie, Musée royal de l'Afrique centrale, B-3080 Tervuren, Belgique.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

Fig. 2. — Diagramme Concordia pour les zircons du granite porphyroïde de la Luina.

Fig. 2. — Concordia diagram for the zircons of the Luina porphyritic granite.

Fig. 3. — Diagramme $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ d'échantillons provenant des dômes de la Luina et de Lubembe.

Le trait d'axe représente la droite de pente 1 882 Ma, âge de mise en place du massif (données zircon). La droite est donnée à titre indicatif : elle représente une errorchrone montrant le degré de perturbation variable subi par les échantillons lors du charriage pan-africain.

Fig. 3. — $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ of samples from the Luina and Lubembe domes. The dashed line corresponds to a slope of 1,882 Ma, the emplacement age of the massif (zircon data). The straight line is only a reference line: it represents an errorchrone showing the variable perturbations undergone by the samples during the pan-African thrusting.

Fig. 4. — Carte géologique schématisée (modifiée d'après [7]) montrant les dômes granitiques de l'arc cuprifère zairo-zambien (arc lufilien) faisant partie du Bangweulu Block, zone épargnée par l'orogénèse kibarienne (Kibarides et Irumides). Les kimberlites du Kundelungu (K) seraient par conséquent sur le bord de ce bloc stabilisé vers 1 800 Ma. Hachures horizontales = Plateau Series; flèches noires = direction du charriage.

Fig. 4. — Simplified geological map (modified after [7]) showing the granitic domes of the Copperbelt (Lufilian arc) as parts of the Bangweulu Block. This zone was not affected by the Kibaran orogeny (Kibarides and Irumides). Kundelungu kimberlites (K) would then be on the edge of this block stabilized around 1,800 Ma ago. Horizontal hatching = Plateau series; black arrows = direction of thrusting.

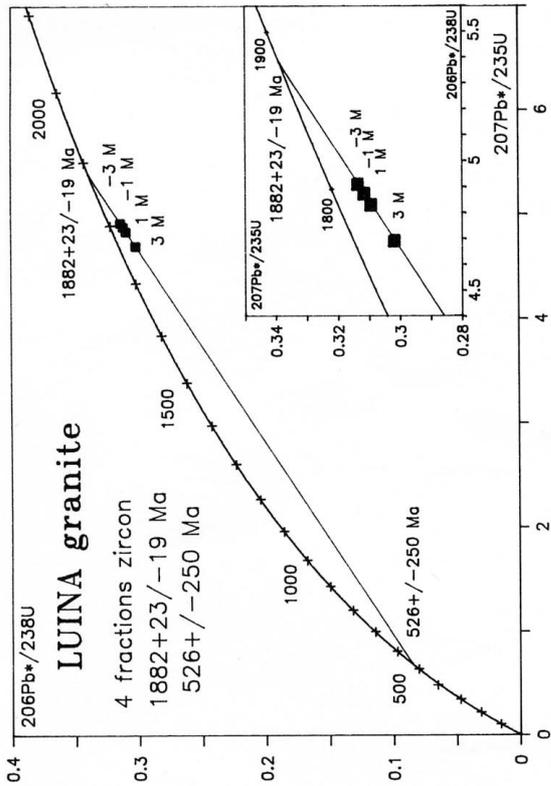


Fig. 2

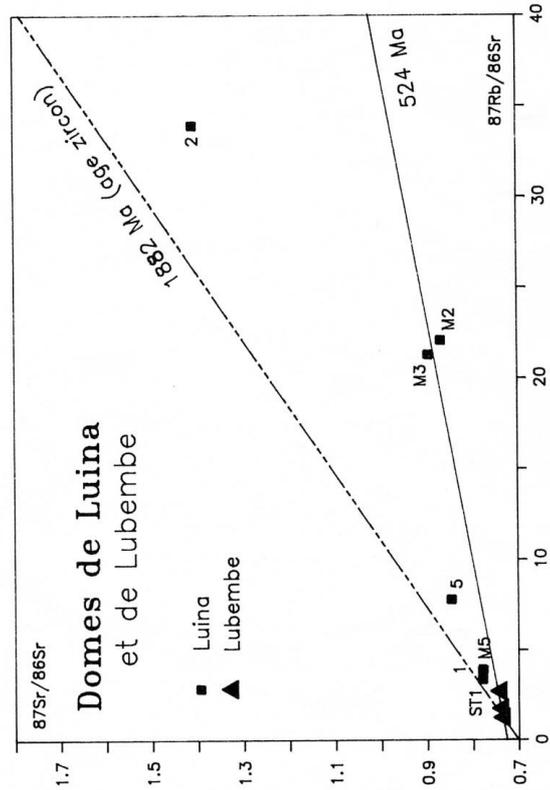


Fig. 3

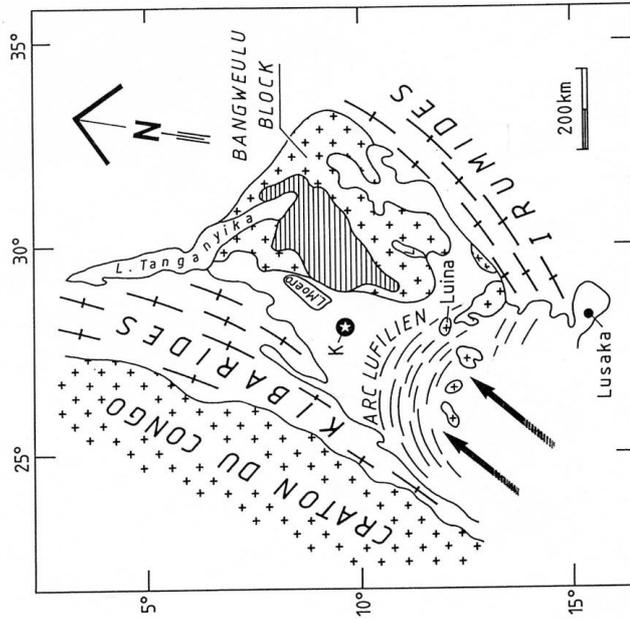


Fig. 4