

Ages "plomb total" déterminés par fluorescence X sur les zircons de quelques roches des Alpes

Autor(en): **Buchs, Armand / Chessex, Ronald / Krummenacher, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **42 (1962)**

Heft 2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-32677>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Âges „plomb total“ déterminés par fluorescence X sur les zircons de quelques roches des Alpes

Par *Armand Buchs* (Genève), *Ronald Chessex* (Lausanne), *Daniel Krummenacher* et *Marc Vuagnat* (Genève)

Résumé

Les auteurs présentent 17 déterminations d'âge „Pb total“ effectuées par fluorescence X sur des zircons. Les échantillons analysés proviennent des régions et des unités géologiques suivantes: Aiguilles-Rouges, Mont-Blanc, Mont-Rose, Grand-Paradis, nappes d'Antigorio et de la Margna, granite de la Bernina, granite de Baveno et zone de Strona. Cinq résultats, situés entre 613 et 770 M. a., laissent présumer l'existence de noyaux infracambriens ou précambriens dans les Alpes. Les autres déterminations d'âge donnent des chiffres en majeure partie voisins de 250—300 M. a.; enfin, quelques résultats semblent être proches de 350—400 M. a.

Abstract

Seventeen rocks from the Alps (Aiguilles-Rouges, Mont-Blanc, Mont-Rose, Antigorio, Margna and Bernina naps, Baveno granite, zone of Strona and Grand Paradis Massif) have been dated using X-ray fluorescence (a total lead method). Five ages are scattered between 613 and 770 M. y.: this very likely indicates the presence of late Precambrian or early Cambrian cores in the Alps. The other ages chiefly cluster around 250—300 M. a., some around 350—400 M. y.

Introduction

Les résultats que nous présentons ici ont été acquis au moyen d'une méthode d'analyse rapide des teneurs en U, Th et Pb mise au point récemment par l'un de nous (A. BUCHS, 1962).

Rappelons brièvement en quoi consiste cette méthode et quelles en sont les différentes phases.

On extrait 0,2 g de zircon de la roche par la technique décrite en détail dans D. GOTTFRIED et collaborateurs (1959):

La roche est broyée. Seule la fraction 60—400 mesh est conservée. Elle est successivement passée à la table à secousses et aux liqueurs lourdes (bromoforme,

tétrabrométhane, iodure de méthylène). Le concentré de zircon obtenu est passé au séparateur magnétique puis lavé à l'eau régale. Enfin, on effectue un dernier tri au binoculaire.

La technique de dosage des éléments U, Th et Pb dans les zircons ainsi concentrés est décrite en détail dans l'article de A. BUCHS (1962). Rappelons-en brièvement les principes :

A partir d'un mélange homogène de 200 mg de zircon et 800 mg de CaCO_3 , finement broyé et comprimé en pastille, on mesure l'intensité des raies L alpha de l'U et du Th, et L bêta 1 et 2 du Pb, et on compare ces intensités avec celles données par les standards. Ces derniers contiennent également 200 mg d'un mélange $\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$ (65—35%) auquel a été incorporé X mg de Pb, U et Th sous forme d'oxydes et 800 mg de CaCO_3 . Ce mélange est homogénéisé par broyage puis également comprimé en pastille.

Les mesures de concentration en U, Th et Pb sont effectuées avec un spectromètre à rayons X Philips muni d'un tube à anticathode de Mo et d'un discriminateur de hauteur d'impulsions. Le rayonnement secondaire est séparé en ses composantes par un cristal de fluorure de lithium.

Cette méthode permet de doser rapidement (durée de l'opération : environ 3 h) des teneurs de l'ordre de 10 à 10.000 ppm à partir de 0,2 g de zircon.

L'âge „Pb total“ (ou Pb chimique par opposition à Pb isotopique) est donné par les formules de N. B. KEEVIL (1939). (Voir également D. GOTTFRIED et collaborateurs, 1959):

$$t \text{ (en M. a.)} = \frac{7,18 \cdot 10^3 \text{ Pb}}{\text{U} + 0,312 \text{ Th}}, \quad (1)$$

$$t \text{ (en M. a.)} = \left[\frac{2632 + 624 \text{ Th/U}}{1 + 0,312 \text{ Th/U}} \right] \frac{\text{Pb}}{\alpha} \quad (1')$$

où Pb, U et Th sont les valeurs données en ppm. La formule (1') est surtout employée lorsqu'on détermine l'âge à partir de l'activité des zircons. Ces formules, cependant, ne sont valables que pour des âges inférieurs à 200 M. a. Au delà de cette valeur, il est nécessaire d'introduire une correction donnée par les équations suivantes :

$$\text{Age corrigé} = T_0 = t - \frac{1}{2} kt^2 \text{ (en M. a.)} \quad (2)$$

$$\text{où} \quad k = \frac{77,2 + 6,20 \text{ Th/U}}{4,06 \cdot 10^5 (1 + 0,312 \text{ Th/U})}$$

Cette correction est valable pour des âges compris entre 200 et 1.700 M. a., limites entre lesquelles sont situées nos résultats. Une correction

supplémentaire est encore nécessaire pour les zircons dont l'âge dépasse 1.700 M. a.

Il n'est pas possible d'assigner une limite d'âge inférieure à cette méthode. Pratiquement cependant, pour des zircons ayant des teneurs en U et Th voisines de la moyenne des résultats obtenus, il est difficile de déterminer des âges inférieurs à 50 M. a. Un calcul rapide montre en effet qu'avec des teneurs en U et en Th de 1535 et 370 ppm, moyenne de nos 16 résultats, un échantillon âgé de 45 M. a. ne contiendrait que 10 ppm de Pb radiogénique. Or, le seuil de sensibilité de cette méthode est de l'ordre de grandeur de 10 ppm.

Tableau des résultats

Zircon No	Provenance	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	α^*	Pb (ppm)	Age (M. a.)
48 AR 1	Granodiorite de la série de Fully (Aiguilles-Rouges)	840	197	0,234	324	100	736
90 AR 5	Migmatite de la série de Fully (Aiguilles-Rouges)	785	119	0,152	298	95	770
73 AR 3	Migmatite de la série des Aiguilles-Rouges	1000	138	0,138	378	62	410
49 V 2	Granite de Vallorcine	1335	253	0,189	511	95	460
84 AR 4	Granodiorite du massif de l'Arpille	932	160	0,171	355	49	350
34 MB 1	Granite du Mont-Blanc	2750	607	0,220	1059	150	355
53 MB 2	Granite du Mont-Blanc	3725	698	0,180	1423	133	242
91 MR 2	Migmatite de la nappe du Mont-Rose	801	148	0,185	306	85	665
72 MR 1	Granite du Mont-Rose	1273	523	0,410	511	75	362
35 GP 1	Granite du Grand-Paradis	—	—	—	—	—	env. 350
59 Ant 3	Gneiss granitique de Verampio	2397	615	0,256	931	100	270
96 Be 1	Granite de la Bernina	1626	496	0,305	638	65	260
100 Be 2	Granite de la Bernina	1635	435	0,265	636	75	295
97 Mg 1	Gneiss de la nappe de la Margna	575	92	0,160	218	57	637
89 Str 1	Gneiss de la zone de Strona	744	127	0,171	283	71	613
42 Ba 2	Granite de Baveno	1275	520	0,407	512	97	463
45 Ba 3	Granite de Baveno	2860	770	0,269	113	178	398

*) Valeurs calculées avec la formule (4).

Remarques au sujet de ce tableau

Comptages alpha et fluorescence X

Les zircons utilisés font l'objet d'autres recherches et en particulier de détermination globale de l'activité spécifique alpha au moyen d'un compteur à scintillation. Nous avons donc pu comparer les résultats obtenus par fluorescence X avec ceux déterminés par comptages alpha. Dans tous les cas, l'écart entre les deux types de mesure n'a jamais dépassé 5%. Un tel écart ne change pas les âges d'une manière significative, comme on peut facilement le calculer. (La formule qui relie les comptages alpha aux quantités en Th et U est la suivante:

$$\alpha = 0,366 U + 0,0869 Th \quad (4)$$

où U et Th sont donnés en ppm et α en coups par mg et par heure.)

Précision des mesures

La précision des mesures d'âge dépend principalement de la détermination des teneurs en Pb, comme le montre la formule (1). Nous estimons que, dans les conditions où ont été faites les mesures ci-dessus, l'erreur relative est au maximum de 10% pour des concentrations de Pb variant entre 60 et 100 ppm, et de 5% pour des concentrations dépassant 100 ppm.

Rapports Th/U et présence d'autres éléments

On assigne généralement la valeur de 1 au rapport Th/U dans les zircons (D. GOTTFRIED et collaborateurs, 1959). L'examen du tableau ci-dessus montre que les zircons des Alpes suisses présentent une valeur beaucoup plus basse. La moyenne de nos mesures est de 0,231. Un des avantages des mesures par fluorescence X de l'U et du Th est donc de déterminer l'âge avec plus de précision.

D'autre part, le zircon peut admettre par substitution d'autres éléments que le Zr dans son réseau. Cette admission se fait, d'après les principes de la chimie des cristaux, en fonction des rayons ioniques des éléments. Particulièrement, ce sont les atomes d' U^{+4} ($r = 1,05$), de Th^{+4} ($r = 1,10$), de Hf^{+4} ($r = 0,86$) et d' Y^{+3} ($r = 1,06$) qui ont des chances de remplacer ceux du Zr^{+4} ($r = 0,87$)¹⁾ (V. M. GOLDSCHMITT,

¹⁾ r = rayon ionique donné en Å.

1954). Tous ces éléments sont présents dans les zircons analysés; notamment l'Y s'y trouve régulièrement jusqu'à des concentrations que nous avons estimées à 0,1%.

Problème du plomb commun

L'incertitude où l'on se trouve généralement en ce qui concerne la concentration en plomb commun²⁾ (plomb non radiogénique ou original) dans les zircons est le principal écueil de la méthode de détermination d'âge „Pb total“ et peut en être la plus grande source d'erreur. En effet, toute mesure d'âge au moyen de cette méthode faite sur les zircons présuppose que tout le Pb est radiogénique; cette supposition est étayée par le fait que le Pb^{+2} ($r = 1,32$) ne peut que très difficilement remplacer le Zr^{+4} ($r = 0,87$) vu la grande différence entre les rayons ioniques respectifs de ces deux éléments. Cependant, on observe que parfois du Pb peut avoir été adsorbé à la surface du minéral ou dissous dans des inclusions. Diverses mesures faites par spectrométrie de masse sur des zircons américains montrent un pourcent de Pb commun en général très bas; sur 20 échantillons, 17 en contiennent moins de 10%, dont 14 des quantités négligeables. Par contre, certains zircons d'Europe ont présenté des concentrations en Pb commun allant jusqu'à 40% (D. GOTTFRIED et collaborateurs, 1958). Les seules analyses isotopiques de zircons en provenance des Alpes ont été faites très récemment par M. GRÜNENFELDER: la moyenne des contaminations en Pb commun est de 15,8% (maximum 20%). En admettant pour chaque échantillon une telle contamination, tous nos âges seraient d'environ 15% plus jeunes.

Description des échantillons et discussion

Région des Aiguilles-Rouges et du Mont-Blanc

L'un de nous (D. KRUMMENACHER, 1959), partant alors d'études faites sur les massifs des Aiguilles-Rouges, du Mont-Blanc et de l'Aar, concluait à l'existence, dans ces massifs externes, de deux séries typiques, l'une généralement mésozonale à catazonale supérieure (séries des Aiguilles Rouges, d'Erstfeld-Lötschental), l'autre catazonale inférieure (série de

²⁾ Le plomb primaire ou commun est celui incorporé dans le minéral lors de sa cristallisation.

Fully, de Lauterbrunnen-Innertkirchen). Partant d'arguments pétrographiques de terrain (existence de passages latéraux, inclusions de roches de la première série dans la seconde), D. KRUMMENACHER a logiquement conclu que la seconde série provenait d'une transformation (anatexie) de la première. H. F. HUTTENLOCHER (1947) est arrivé aux mêmes conclusions pour les rapports entre les deux séries analogues du massif de l'Aar. D'où la conclusion que l'âge de la série de Fully est plus récent ou au moins identique à celui de la série des Aiguilles-Rouges.

Un seul point restait néanmoins inexpliqué dans cette interprétation: c'était celui de la différence des directions tectoniques générales visibles dans chaque série (D. KRUMMENACHER, 1959, p. 240).

C. BORDET (1961), P. et C. BORDET (1962), partant d'un point de vue stratigraphique et tectonique, décrivent dans le massif de Belledonne trois séries qu'ils nomment, de haut en bas: la série satinée, la série verte et la série brune. Selon ces deux auteurs, ces trois éléments, plissés isoclinalement, se retrouveraient dans le massif des Aiguilles-Rouges (et constitueraient la série des Aiguilles-Rouges). Ils y formeraient, d'W en E, trois anticlinaux successifs, dont les cœurs seraient occupés respectivement par le granite de Servoz, le granite de Vallorcine et la série de Fully. Etant donnés la position géologique de cette série, de ses directions tectoniques propres et de son caractère pétrographique particulier, P. et C. Bordet ont émis l'hypothèse qu'il s'agirait d'un fragment d'un socle beaucoup plus ancien possédant son individualité propre, et éventuellement repris ou mis en mouvement lors d'une orogénèse plus récente.

Nos mesures semblent conformer ce dernier point de vue. En effet, deux échantillons pris dans la série de Fully (48 AR 1 et 90 AR 5), présentent des âges (736 et 770 M. a.) contrastant nettement avec celui (410 M. a.) de l'échantillon 73 AR 3 (migmatite de la série des Aiguilles-Rouges).

D'autre part, *il semble que ce soit la première fois qu'en Suisse est mise en évidence l'existence d'une migmatisation cambrienne ou précambrienne tardive*: en effet, la base du Cambrien est actuellement fixée autour de 550 M. a.

Enfin, l'âge (410 M. a.) de la migmatite de la série des Aiguilles-Rouges (73 AR 3) ne semble pas différer essentiellement de ceux trouvés pour le granite de Vallorcine (350 et 460 M. a.).

Concernant les échantillons de protogine du Mont-Blanc (242 et 355 M. a.), il est encore trop tôt pour tirer des conclusions définitives quant à l'âge de formation de ce massif vu l'apparente divergence entre les deux résultats obtenus. Cette divergence est peut-être due aux

phénomènes hydrothermaux et de métamorphisme alpin très actifs dans ce massif. L'âge de la protogine du Mont-Blanc semble cependant un peu plus récent que ceux du granite de Vallorcine et de la série des Aiguilles-Rouges. Notons encore en passant que les zircons en provenance du Mont-Blanc sont très riches en U et Th.

Enfin, l'échantillon 84 AR 4 (granodiorite du Massif de l'Arpille), dont la position géologique est incertaine, devrait plutôt être rattachée à la série des Aiguilles-Rouges qu'à la série de Fully (âge 350 M. a.).

Nous présentons à titre indicatif un tableau comparatif des âges trouvés au moyen de diverses méthodes dans les massifs des Aiguilles-Rouges, du Mont-Blanc et de l'Aar.

Provenance	Age Pb total (M. a.)	Ages K/A (M. a.)	Ages Rb/Sr (M. a.)
Série Aiguilles-Rouges	410	144, 266	—
Série Fully	770, 736	292	—
Mont-Blanc	242, 355	41	—
Massif de l'Aar	—	23*, 75*, 78*	77*
Granite de Vallorcine	460, 350	225	286**
Granodiorite de l'Arpille	350	—	—

* E. JÄGER et H. FAUL (1959).

** Détermination faite dans les laboratoires de géologie nucléaire du Prof. TONGIORGI à Pise.

Massif du Mont-Rose

Dans cette région, P. BEARTH (1952) a mis en évidence la présence des éléments pétrographiques suivants:

1. Gneiss antéalpains et antérieurs à la formation du granite du Mont-Rose. Ces gneiss comportent trois types pétrographiques: gneiss à silicates d'alumine, gneiss à deux micas et gneiss à pegmatites. Le métamorphisme de ces gneiss est catazonal à mésozonal.

2. Granite syn- ou post-tectonique d'âge probablement hercynien.

Ces deux éléments ont été fortement écrasés et transformés lors du métamorphisme alpin.

L'un de nous (D. K.), parcourant le Massif du Mont-Rose, a souvent été frappé par la ressemblance des roches de ce massif avec celles, bien caractérisées, du massif des Aiguilles-Rouges. Certaines migmatites notamment, avec leur aspect tourbillonnaire typique et leurs paragenèses minérales (pinite) ressemblent beaucoup aux migmatites de la série de Fully: d'où l'idée de tenter une détermination d'âge „Pb total“ pour vérifier si les séries visibles dans les Aiguilles-Rouges n'apparaîtraient

pas également dans le cristallin du Mont-Rose, et d'une manière plus générale dans le Pennique. Malgré leur nombre restreint, les premières déterminations au Pb total sont pleine d'intérêt: l'âge de 665 M. a. trouvé pour le gneiss catazonal à pinite analogue à la migmatite de la série de Fully, et celui de 362 M. a. déterminé pour granite du Mont-Rose, permettraient d'avancer l'hypothèse qu'il existe dans ce massif une analogie entre les gneiss catazonaux du Mont-Rose et la série de Fully (Aiguilles-Rouges) d'une part, et d'autre part entre le granite du Mont-Rose et celui de Vallorcine.

Même si ces analogies s'avéraient illusoire dans le futur, un résultat semble acquis: c'est l'existence de roches paléozoïques anciennes ou précambriennes tardives dans le massif du Mont-Rose. Comme on va le voir, des âges comparables se retrouvent également dans les Grisons et au S des Alpes.

Grand-Paradis

L'âge obtenu sur une roche récoltée dans ce massif est très proche de celui déterminé par G. PANGAUD, J. LAMEYRE et R. MICHEL (1957) par la méthode de Larsen (340 M. a.). Notons également que la biotite, prélevée sur la même échantillon, a donné un âge K/A de 41 M. a. (D. KRUMMENACHER et J. F. EVERNDEN, 1960).

Coupe de Verampio

La coupe de Verampio représente l'élément le plus profond des nappes penniques. L'âge trouvé pour un gneiss granitique appartenant à cette unité (270 M. a.) est difficilement interprétable. Il est peut-être à rapprocher avec ceux obtenus par E. JÄGER (1961) dans les Grisons par la méthode Rb/Sr.

Granite de la Bernina, gneiss de la nappe de Margna

Les roches éruptives de la Bernina font intrusion dans une série du type „schistes de Casanna“. On sait que certains filons de porphyre en relation avec le granite de la Bernina recourent les sédiments carbonifères de la nappe d'Err, partie frontale de la nappe de la Bernina. Les âges trouvés (260 M. a., base du Permien, 295 M. a., Carbonifère supérieur) confirment donc les données géologiques.

La nappe de la Margna, selon Staub, serait l'équivalent de la nappe de la Dent Blanche et comprendrait, comme cette dernière, également

deux séries. L'âge de 637 M. a. trouvé pour le gneiss récolté au col de la Maloja (série de Maloja) laisse à penser que le cristallin de la nappe de la Dent Blanche est également très ancien, si l'interprétation géologique de Staub est exacte.

Gneiss de Strona, granite de Baveno

Les gneiss de Strona, formés en majeure partie de gneiss à biotite, forment le cristallin dans lequel font intrusion les granites de Baveno et de Monte Orfano. Les granites du groupe de Baveno recoupent également, plus au S, les formations de la zone d'Ivrée. Le tableau ci-dessus présente un résumé des connaissances des âges K/A et Rb/Sr de la zone d'Ivrée, des gneiss de Strona et des granites de Baveno et d'Orfano, comparés aux âges „Pb total“.

Roche et minéral	Age Rb/Sr (M. a.)	Age K/A (M. a.)	Age Pb total (M. a.)
Granite d'Orfano (biotite)	274	268	—
Idem (feldspath potassique)	275	—	—
Granite de Baveno (biotite)	—	269	—
Granite de Baveno (zircon)	—	—	398, 463
Gneiss de Strona (zircon)	—	—	613
Péridotite de Finero, zone d'Ivrée (Phlogopite)	160 ± 100**	246*	—

Les âges Rb/Sr et K/A ont été déterminés par E. JÄGER et H. FAUL (1959) à l'exception de celui marqué d'un astérisque (D. KRUMMENACHER et collaborateurs, 1960). L'âge marqué d'une doubleastérisque a été déterminé par E. JÄGER (communication orale).

Les âges Rb/Sr ont été corrigés en fonction de la nouvelle valeur de la constante de désintégration admise dernièrement pour le Rb 87 (voir E. JÄGER et collaborateurs, 1961).

Conclusion

Nos mesures d'âge „Pb total“ semblent mettre en évidence l'existence d'un vieux socle, d'âge précambrien tardif ou paléozoïque très ancien, dans les massifs cristallins externes, le massif du Mont-Rose, la nappe de la Margna et le domaine insubrien. La moyenne de ces âges est de 684 M. a.

La majorité des autres résultats ont tendance à s'accumuler autour

des deux valeurs de 350 M. a. et de 250—300 M. a. On sait déjà que ces dernières valeurs — les diverses mesures d'âge Rb/Sr et K/A effectuées en plusieurs points l'ont déjà montré — correspondent à des phases déterminées de l'orogénèse hercynienne (métamorphismes, intrusions). Quant aux quelques résultats compris entre 400 et 500 M. a., ils sont encore trop peu nombreux pour qu'on puisse les interpréter. Toutefois, étant donné que les déterminations Rb/Sr et K/A effectuées sur les granites de Baveno et de Vallorcine indiquent des âges voisins de 300 M. a., on peut se demander si les zircons analysés ne contiennent pas une proportion anormale de Pb commun.

Signalons, pour terminer, un fait prometteur: d'après ce qu'on peut juger, les âges „Pb total“ ne semblent pas beaucoup affectés par le métamorphisme alpin: les méthodes géochronométriques au Pb doivent donc en principe permettre de vérifier l'âge et l'origine des séries cristallophyliennes qui ont pris part à l'orogénèse alpine.

Localités

- 48 AR 1: *Granodiorite de la série de Fully*. Cône de déjection de Mazeimbro (terminaison E du massif des Aiguilles-Rouges).
- 90 AR 5: *Migmatite de la série de Fully*. Coude du Rhône, départ de la route militaire remontant vers les forts (terminaison E du massif des Aiguilles-Rouges).
- 73 AR 3: *Migmatite de la série des Aiguilles-Rouges*. Route Van d'en Bas—Van d'en Haut, point 1365 m (au-dessus de Salvan).
- 49 V 2: *Granite de Vallorcine*. Carrière de Miéville (Valais). Terminaison nord des Aiguilles-Rouges.
- 84 AR 4: *Granodiorite du massif de l'Arpille*. Route de Martigny à la Forclaz, dernier lacet avant d'arriver au col.
- 34 MB 1: *Granite du Mont-Blanc*. Aiguille du Midi, Chamonix.
- 53 MB 2: *Granite du Mont-Blanc*. Extrémité E du massif, carrière de Praz-de-Fort.
- 91 MR 2: *Migmatite du Mont-Rose*. Point 2500 m, moraine du glacier du Gorner, rive droite. Provenance: Point 3703, 2 km au N de la Nordend.
- 72 MR 1: *Granite du Mont-Rose*: Sous la cabane du Mont-Rose. Variété porphyrique.
- 35 GP 1: *Granite du Grand-Paradis*. Granite d'anatexie des Scalari.
- 59 Ant 3: *Gneiss granitique de Verampio*. Carrière rive gauche du val d'Antigorio, en face de Verampio.
- 96 Be 1: *Granite de la Bernina*: Eboulis route Julier, versant E.
- 100 Be 2: *Granite de la Bernina*: Eboulis du Piz Lagrev.
- 97 Mg 1: *Gneiss de la nappe de la Margna*. Col de la Maloja.
- 89 Str 1: *Gneiss de la zone de Strona*. Rive du lac Majeur, en face du Ch. Cannero, entre Cannobio et Palanza.
- 45 Ba 3: *Granite de Baveno*. 1 km² au SE de Feriolo, partie NE du massif.
- 42 Ba 2: *Granite de Baveno*. Carrière entre Feriolo et Gravelonna, partie N du massif.

Bibliographie

- BEARTH, P. (1952): Geologie und Petrographie des Monte Rosa. Mat. Carte Géol. suisse, 96.
- BORDET, C. (1961): Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledonne (Alpes françaises). Mém. Carte géol. détaillée de la France. Paris.
- BORDET, P. et BORDET, C. (sous presse, 1962): Livre Mémorial P. Fallot: Belledonne, Grandes Rousses et Mont-Blanc/Aiguilles-Rouges: Quelques données nouvelles sur leurs rapports structuraux.
- BUCHS, A. (sous presse, 1962): Dosage de l'U, du Th et du Pb dans les zircons par la fluorescence X. *Helv. Chim. Acta*.
- GOLDSCHMITT, V. M. (1954): *Geochemistry*, Oxford, Clarendon Press.
- GOTTFRIED, D., JAFFÉ, H. W. et SENFTLE, F. E. (1959): Evaluation of the Pb alpha method for determining ages of igneous rocks. USGS, Bull. 1097-A.
- GRÜNENFELDER, M. (1962): Mineralalter von Gesteinen aus dem Gotthardmassiv. *Bull. suisse Min. Pétr.*, 42/1, p. 6.
- HUTTENLOCHER, H. F. (1947). Über Verschiedenheiten im Verlaufe magmatischer und metamorpher Prozesse erläutert an Beispielen aus dem Aarmassiv. *Mitt. Natf. Ges.*, Berne, N. S. 4, p. 85.
- JÄGER, E. et FAUL, H. (1959): Age measurements on some granites and gneisses from the Alps. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 70, p. 1553—1558.
- JÄGER, E., GEISS, J., NIGGLI, E., STRECKEISEN, A., WENK, E. et WÜTHRICH M. (1961): Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen. *Bull. suisse Min. Pétr.*, 41/2, p. 255.
- KEEVIL, N. B. (1959): The calculation of Geologic Age: *Amer. J. Sci.*, 237, p. 195—214.
- KRUMMENACHER, D. (1959): Le Cristallin de la région de Fully (Valais). *Bull. suisse Min. Pétr.*, 39, p. 153.
- KRUMMENACHER, D. et EVERNDEN, J. F. (1960): Déterminations d'âge isotopique faites sur quelques roches des Alpes par la méthode K/A. *Bull. suisse Min. Pétr.*, 40/2, p. 267.
- KRUMMENACHER, D., EVERNDEN, J. F. et VUAGNAT, M. (1960): Sur l'âge absolu de la péridotite micacée de Finero (zone d'Ivrée). *Arch. Sci.*, Genève, vol. 13/3, p. 369.
- PANGAUD, G., LAMEYRE, J. et MICHEL, R. (1957): Age absolu des migmatites du massif du Grand-Paradis. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 245, p. 331.

Manuscrit reçu le 15 juin 1962.