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

Band: 44 (1964)

Heft: 1

Artikel: Nouvelles déterminations d'âges "plomb total" sur des zircons alpins : 2e Série

Autor: Chessex, Ronald / Delaloye, Michel / Krummenacher, Daniel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-34324

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nouvelles déterminations d'âges „plomb total" sur des zircons alpins

2e Série

Par *Ronald Chessex* (Lausanne), *Michel Delaloye*, *Daniel Krummenacher* et *Marc Vuagnat* (Genève)

Résumé

Les auteurs présentent et discutent 37 déterminations d'âge „Pb total" effectuées par fluorescence X sur des zircons de roches alpines.

Dans les massifs cristallins externes, il semble possible de mettre en évidence deux générations de granites: la plus ancienne, d'âge dinantien (phase sudète), comprendrait les granites des massifs de Belledonne et des Aiguilles Rouges; les granites du Mont Blanc et du Pelvoux sont plus jeunes, éventuellement d'âge permien (phase saalienne).

Des âges précambriens ont été trouvés pour le cristallin des nappes du Grand St. Bernard et de la Silvretta. Toutes les autres roches des nappes penniques et austro-alpines qui ont fait l'objet de déterminations sont hercyniennes.

Trois déterminations ont été effectuées sur des roches du massif de Predazzo (Alpes du Sud), qui mettent en évidence sa complexité. Enfin, l'âge trouvé pour un porphyre permien de la région de Bolzano (679 Ma.[1]) confirme le fait que ces roches peuvent être constituées par du matériel beaucoup plus ancien.

Abstract

We present here the results of 37 age determinations on zircons of alpine rocks by a total lead method, using X-ray fluorescence.

In hercynian massifs, the granites of Belledonne and Aiguilles Rouges are older than those of Mont Blanc and Pelvoux. We found some precambrian ages in cores of Grand St. Bernard (middle pennine) and Silvretta (high austro-alpine) nappes. The intrusion of Predazzo granite (southern Alps), which is considered as an alpine one, is probably very complex, as put in evidence by our results. The permian porphyry of Bolzano (679 m. y.) is likely to contain part of very old material.

---

[1]) 1 Ma. = 1 million d'années.

Tableau des résultats

Zircon No	Type de roche	Unité géologique	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Activité (α/mg.h)	Pb (ppm)	Age (Ma.)
137 Aa 1	Migmatite à pinite	Massif de l'Aar (série de Lauterbrunnen-Innertkirchen)	513	77	0,15	195	44	557
141 Aa 2	Endomigmatite	Massif de l'Aar (série d'Erstfeld-Lötschental)	627	89	0,14	237	42	443
101 Bd 2	Granite de Saint-Colomban-les-Villards	Massif de Belledonne (série verte)	2548	1152	0,45	1033	180	423
128 Bd 5	Granite de Saint-Colomban-les-Villards	Massif de Belledonne (série verte)	1425	1747	1,23	673	150	525
126 Bd 4	Galet de gneiss granitique dans conglomérat métamorphique	Massif du Vieux Chaillol	440	89	0,20	169	44	633
138 GR 3	Orthophyre	Houiller du massif des Grandes Rousses	659	330	0,50	270	52	470
107 GR 1	„Syénite de Lauvitel"	Massif des Grandes Rousses	2157	2189	1,01	980	125	308
108 GR 2	Lentille surmicacée dans la syénite de Lauvitel	Massif des Grandes Rousses	1955	2573	1,32	939	106	271
139 P 4	Granite	Massiv du Pelvoux	3759	1249	0,33	1484	176	296
105 P 1	Granite	Massif du Combeynot	3600	837	0,23	1390	115	210
130 P 2	Gneiss migmatitique	Massif du Combeynot	1002	96	0,10	375	63	421
129 R 1	Gneiss œillé	Massif de Rocheray	3226	730	0,23	1243	157	317
109 Ha 1	Granite	Habkern, Wildflysch ultrahelvétique	753	477	0,63	316	56	431
110 Ha 2	Diorite	Habkern, Wildflysch ultrahelvétique	573	347	0,61	240	31	318
125 Mo 1	Grès molassique	Chattien (Oligocène sup.), Plateau suisse	728	208	0,29	284	66	567
122 Ant 4	Gneiss œillé	Nappe d'Antigorio, Pennique inférieur	1982	431	0,22	762	68	226
124 Tb 1	Gneiss œillé	Nappe de Tambo, Pennique moyen	1408	243	0,17	536	69	324

114 GB 4	Grès conglomératique (sér. conglomératique de Tion)	Permo-Carbonifère, nappe du Grand Saint Bernard, Pennique moyen	716	235	0,33	282	51	446
157 GB 11	Grès conglomératique (sér. conglomératique de Tion)	Permo-Carbonifère, nappe du Grand Saint Bernard, Pennique moyen	827	306	0,37	330	46	347
111 GB 1	„Gneiss de Tion", faciès quartzo-feldspath.	Permo-Carbonifère ou „Schistes de Casanna"? Nappe du Gd. St. Bernard	662	262	0,40	265	50	467
140 GB 6	„Gneiss de Tion", faciès granitique	Permo-Carbonifère ou „Schistes de Casanna"? Nappe du Gd. St. Bernard	877	350	0,40	351	48	340
135 GB 5	Séricitoschiste albitique	„Schistes de Casanna sup.", Nappe du Gd. St. Bernard	554	197	0,36	220	75	806
156 GB 10	„Conglomérat de Niouc"	„Schistes de Casanna sup.", Nappe du Gd. St. Bernard	670	146	0,22	258	68	641
143 GB 7	Gneiss œillé	„Schistes de Casanna", Nappe du Gd. St. Bernard	481	68	0,14	182	32	439
145 GB 8	Gneiss œillé de „type Randa"	Nappe du Gd. St. Bernard (noyau anticlinal)	1396	201	0,14	528	70	337
155 GB 9	Gneiss œillé de „type Randa"	Nappe du Gd. St. Bernard (noyau anticlinal)	1229	195	0,16	467	65	350
147 GP 2	Gneiss granitique	Massif du Grand Paradis	1294	165	0,13	488	58	301
133 T 1	„Tasnagranit"	Nappe de la Tasna, Pennique sup. ou Austro-alpin inf.?	902	426	0,47	367	51	343
144 DB 1	„Gneiss d'Arolla"	Nappe de la Dent Blanche, Austro-alpin inférieur	1849	454	0,25	716	73	258
152 DB 2	Granite à hornblende	Nappe de la Dent Blanche, Austro-alpin inférieur	860	299	0,35	341	44	330
134 Si 2	Paragneiss à biotite	Nappe de la Silvretta, Austro-alpin supérieur	843	185	0,22	324	89	667
142 Si 3	Gneiss œillé	Nappe de la Silvretta, Austro-alpin supérieur	1233	164	0,13	465	97	517
167 SL 5	Paragneiss à mica blanc	Zone de Sesia-Lanzio	795	239	0,30	312	45	360
117 Pz 1	Granite à tourmaline	Massif de Predazzo, Alpes du Sud	3510	1650	0,47	1428	147	204
158 Pz 3	Granite à tourmaline	Massif de Predazzo, Alpes du Sud	3835	2349	0,61	1608	—	inf. à 40
154 Pz 2	Monzonite	Massif de Predazzo, Alpes du Sud	777	588	0,76	335	38	275
115 Bo 1	Porphyre quartzifère	Permien. Bouclier de Bolzano, Alpes du Sud	571	505	0,88	253	73	679

INTRODUCTION

Nous présentons ici 37 nouveaux résultats obtenus par la méthode du „Pb total" sur des zircons de roches sédimentaires, métamorphiques et ignées de la chaîne des Alpes.

En ce qui concerne le principe de la méthode utilisée, nous renvoyons le lecteur à l'article de A. Buchs et coll. (1962). Nous rappelons seulement que les déterminations d'U, Th et Pb ont été effectuées par fluorescence X, technique rapide mais qui ne permet pas, actuellement, de descendre en-dessous de 10 à 20 ppm de Pb. Il est par contre possible de calculer le rapport Th/U, ce qui permet d'augmenter la précision des résultats.

Nous remercions la Commission pour la science atomique de nous avoir permis, par son aide matérielle, de mener à bien ce programme de recherches.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

I. Massifs cristallins externes

Massif de l'Aar

Les premières déterminations d'âge que nous avons effectuées dans ce massif intéressent les zones de Lauterbrunnen-Innertkirchen et d'Erstfeld-Lötschental, formant la partie septentrionale du massif de l'Aar. En 1959, D. Krummenacher a émis l'hypothèse que la série des Aiguilles-Rouges, dans le massif du même nom, était l'équivalent de celle d'Erstfeld-Lötschental, la série de Fully ayant comme équivalent celle de Lauterbrunnen-Innertkirchen.

Nous pouvons déjà affirmer que les deux déterminations effectuées n'infirment pas le bien-fondé de cette hypothèse. En effet, l'âge „Pb total" de la migmatite stratoïde de la zone d'Erstfeld (443 Ma.) est voisin de celui trouvé sur une roche du même type de la zone des Aiguilles-Rouges (410 Ma.). La migmatite à pinite de la zone d'Innertkirchen semble plus ancienne, bien que son âge (557 Ma.) n'atteigne pas celui de la migmatite de Fully (770 Ma.).

Massif de Belledonne

Nous avons effectué quelques déterminations sur les roches des massifs hercyniens de Savoie et Dauphiné, situés sur territoire fran-

çais. Nous rappelons que leur disposition, d'W en E, c'est à dire des zones externes aux internes, est la suivante:

a) Le massif de Belledonne, qui forme une longue bande d'orientation SSW-NNE, est la prolongation directe du massif des Aiguilles-Rouges dont il n'est séparé que par quelques km. Du point de vue structural, on divise ce massif en deux rameaux, externe et interne, qui doivent leur existence à une mince bande synclinale de terrains mésozoïques.

b) Le massif des Grandes Rousses, de même orientation générale, mais de dimension beaucoup plus réduite que son voisin occidental.

c) Le massif du Pelvoux, où Haut-Massif. C'est le seul, comme le fait remarquer P. Bellair (1948), à mériter vraiment ce nom de massif, les deux autres, qui n'en sont d'ailleurs que des appendices, étant plutôt des chaînes. Il convient de rattacher au massif du Pelvoux celui du Combeynot, situé à son extrémité orientale. La liaison du petit massif de Rocheray, dans le bassin de l'Arc, avec celui du Pelvoux, est généralement admise.

C. Bordet (1961) décrit dans la massif de Belledonne deux séries d'ectinites superposées stratigraphiquement et plissées isoclinalement: la série verte, qui est la plus ancienne, est séparée de la série satinée par un conglomérat de base. Ces deux séries sont partiellement migmatisées et granitisées.

Nous avons daté deux échantillons du granite de St. Colomban-les-Villards (423 et 525 Ma.), mis en place dans le cœur d'un anticlinal de la série verte du rameau interne. Il s'agit d'un granite à biotite, souvent porphyroïde, fréquemment écrasé et transformé en protogine. C. Bordet en fait un granite d'anatexie dont la formation aurait immédiatement suivi la grande phase de métamorphisme régional intéressant les sédiments compris actuellement dans la série verte. Métamorphisme et granitisation dateraient de la phase orogénique hercynienne majeure, ou phase sudète, de la fin du Dinantien. Dans la partie N de Belledonne, le Stéphanien repose en discordance sur le granite d'Outray, autre granite de la série verte. Pour C. Bordet, il n'y a vraisemblablement pas, dans le massif de Belledonne, de granites autres que ceux du Dinantien, exception faite de ceux que l'on peut trouver en galets dans les roches métamorphiques, mais qui n'affleurent nulle part. Un de ces galets de gneiss granitique, appartenant à la série du Vieux Chaillol (extrémité méridionale des massifs dauphinois), a justement été daté par la méthode du „Pb total" et nous a donné un âge de 633 Ma., attestant ainsi la présence de Précambrien sup. ou de Paléozoïque ancien dans ces massifs.

Les âges „Pb total" obtenus pour les zircons du granite de St. Colomban-les-Villards (423 et 525 Ma.) sont proches de ceux des granites de Vallorcine, massif des Aiguilles-Rouges (460 Ma.), de Baveno (398 et 463 Ma.) et du Habkern (431 Ma.) considérés comme hercyniens. En fait, les âges que nous avons trouvés pourraient faire croire qu'il s'agit de granites calédoniens plutôt qu'hercyniens. Toutefois, nous ne le pensons pas, pour les raisons suivantes:

a) Les âges Rb-Sr et K-A des biotites de ces granites sont tous compris entre 220 et 300 Ma. (Permien-Westphalien sup.).

b) La méthode du „Pb total" donne souvent des âges apparents trop élevés. Nous avons trouvé, par exemple, que des roches volcaniques interstratifiées dans le Permien et le Carbonifère (porphyre de l'Esterel, orthophyre des Grandes Rousses, etc.) donnaient des âges compris entre 470 et 680 Ma.).

Les causes principales de ces discordances sont les suivantes:

a) Présence dans le zircon de plomb commun. Ce problème a déjà été discuté dans notre précédente publication (A. Buchs et coll., 1962).

b) Présence de zircon relictique dans les roches datées. Il ne faut en effet pas perdre de vue que le zircon est un minéral très stable, capable de survivre à plusieurs cycles orogéniques. Même des roches considérées comme franchement magmatiques sont susceptibles de contenir des zircons plus anciens que les minéraux essentiels comme la biotite, par exemple, qui donne presque toujours des âges apparents moins élevés que les zircons.

c) Lessivage d'U et Th; éventuellement adjonction de Pb dans les zircons.

Dans ces différentes causes réside certainement la raison des âges „Pb total" trop élevés d'une partie de nos zircons.

Massif des Grandes Rousses

L'orthophyre de la Croix de Fer, interstratifié dans les sédiments houillers qui se trouvent en synclinaux pincés dans le cristallin, devrait donner un âge voisin de 300 Ma. Cependant, pour une ou plusieurs des raisons invoquées ci-dessus, l'âge trouvé (470 Ma.) est nettement trop élevé.

Un problème intéressant est celui posé par la „syénite de Lauvitel[2])", dont l'origine est controversée.

---

[2]) Du nom du lac où cette syénite est particulièrement bien représentée.

P. TERMIER y voyait un produit de différenciation du granite de Rochail dans lequel se trouve la syénite. Pour P. BELLAIR, il s'agirait plutôt d'enclaves de roches basiques mal digérées. Dans ce dernier cas, la syénite serait donc antérieure au granite. Nous attendrons pour nous prononcer d'avoir daté le granite de Rochail. Remarquons simplement que les 2 valeurs que nous avons trouvées (271 et 308 Ma.) sont plus proches de celles obtenues dans le Mont-Blanc et le Pelvoux que dans les Aiguilles-Rouges et Belledonne.

Massif du Pelvoux, du Combeynot et de Rocheray

Les 4 résultats obtenus dans ces massifs forment un ensemble assez cohérent. Le gneiss du massif du Combeynot a un âge sensiblement plus élevé (421 Ma.) que ceux des 3 autres roches mais voisin de ceux des gneiss de la série des Aiguilles-Rouges (410 Ma.) et de la série d'Erstfeld (443 Ma.). Le métamorphisme régional qui a marqué de son empreinte toutes ces roches doit vraisemblablement être rattaché à la phase sudète de l'orogenèse hercynienne.

Les âges „Pb total" obtenus pour les zircons des granites du Pelvoux (296 Ma.), du Combeynot (210 Ma.) et du gneiss œillé de Rocheray (317 Ma.) sont intéressants à comparer aux idées qui ont été exprimées à propos de l'âge des granites des massifs cristallins externes.

Pour P. BELLAIR (1948), le granite du Pelvoux est constitué par un vieux matériel, ultime aboutissement d'une évolution qui s'est étendue sur un minimum de trois cycles orogéniques repérables: celui du granite du Pelvoux; celui du granite ancien d'anatexie et des gneiss; celui enfin qui n'apparaît que sous la forme de galets de gneiss dans les formations métamorphiques. Cet auteur pense que, bien que le granite soit d'un âge relativement récent, postérieur aux premiers mouvements heryciens, il est néanmoins antérieur à la phase du plissement des synclinaux houillers, c'est-à-dire anté-Westphalien supérieur. Cependant, on n'a jamais trouvé de galets du granite du Pelvoux dans les sédiments carbonifères. On peut évidemment expliquer ce fait en admettant que l'érosion n'avait pas encore atteint le niveau du granite. Cette observation a toutefois une certaine importance car, de même, on n'a jamais trouvé de galets de granite du Mont-Blanc dans le Carbonifère alors que l'on y trouve des éléments du granite de Vallorcine (P. SUBLET, 1962).

Comme les âges obtenus par la méthode du „Pb total" pour les granites du Pelvoux, du Combeynot et du Mont-Blanc sont nettement

moins élevés que ceux des granites de Belledonne et de Vallorcine (massif des Aiguilles-Rouges), nous pouvons raisonnablement supposer que les premiers se sont mis en place après les seconds, éventuellement lors de la phase saalienne (Permien) de l'orogenèse hercynienne. En même temps, il est intéressant de noter que la radioactivité des zircons des granites les plus récents est nettement plus élevée (1059—1484 α/mg. h) que celle des zircons des granites plus anciens (511—1033 α/mg. h). Les zircons des migmatites, gneiss granitiques et granodiorites précambriens des séries de Fully (Aiguilles-Rouges) et du Vieux Chaillol ont une radioactivité encore beaucoup plus faible (169—234 α/mg. h).

Au cas où les granites du Pelvoux et du Mont-Blanc seraient quand-même anté-Westphalien sup., il faudrait admettre qu'il y a eu un certain „rajeunissement" des âges dû aux effets de l'orogenèse alpine, particulièrement intenses dans les massifs hercyniens les plus internes. Un tel rajeunissement semble d'ailleurs bien avoir affecté les zircons du granite de Combeynot dont l'âge „Pb total" (210 Ma.) semble trop faible.

II. Blocs exotiques de Habkern (Wildflysch ultrahelvétique)

On trouve, dans la région de Habkern (Oberland bernois), des roches éruptives en blocs exotiques dans le Wildflysch de l'Ultrahelvétique. Ces lentilles et blocs proviennent probablement de la destruction de falaises dont les détritus tombaient dans la mer ultrahelvétique. Les sédiments ultrahelvétiques formant des nappes venues du Sud, il faut probablement chercher la provenance de l'ancien massif de Habkern, qui n'est plus visible actuellement, entre ceux de l'Aar-Gotthard et de Baveno.

La particularité la plus frappante des roches de Habkern est leur remarquable état de fraîcheur qui prouve qu'elles ont, à peu près complètement, échappé aux effets nocifs du métamorphisme alpin. C'est la raison pour laquelle le granite de Habkern a pu être daté avec succès par la méthode des „halos pléochroïques" (P. Pasteels, 1960) qui a donné un âge voisin du 300 Ma., tandis que la biotite donnait un âge Rb/Sr de 267 Ma. (E. Jäger, 1962).

Les deux résultats que nous avons obtenus: 431 Ma. pour le granite et 318 Ma. pour la diorite, de même que la faible radioactivité de ces roches, nous font pencher pour un âge hercynien ancien plutôt que tardif. Toutefois, les résultats sont trop discordants pour clore la discussion.

III. Molasse du Plateau suisse

Nous avons effectué une détermination d'âge sur les zircons d'un grès de la molasse chattienne (Oligocène sup.). L'âge trouvé, 567 Ma., est beaucoup plus élevé que celui du dépôt du sédiment qui remonte à quelque 25 à 30 Ma.

Les zircons des grès permo-carbonifères de la nappe du Grand St-Bernard par exemple, dont le dépôt remonte à 300 Ma. environ, donnent des âges plus jeunes (347 et 446 Ma.), peut-être parce que les reliefs érodés à cette époque étaient formés de roches moins anciennes, peut-être également à cause de phénomènes de recristallisation ayant affecté le Permo-Carbonifère durant l'orogenèse alpine.

Il faudrait, pour discuter utilement cet âge des zircons de la molasse, savoir de quelles unités géologiques provenaient les apports détritiques. Toutefois, il semble bien que des roches très anciennes, ou contenant de très vieux zircons, devaient être érodées à l'Oligocène.

Cette valeur de 567 Ma. nous montre avec quelle prudence il faut interpréter les âges obtenus pour des roches métamorphiques métasédimentaires susceptibles de contenir une grande proportion de zircons détritiques. Les âges trouvés pourront, dans certains cas, être nettement plus anciens que ceux de la sédimentation et, à plus forte raison, antérieurs au métamorphisme de ces roches.

IV. Domaines pennique et austro-alpin

Nappe d'Antigorio (Pennique inférieur)

L'âge trouvé pour un gneiss œillé de cette nappe (226 Ma.) est du même ordre de grandeur, mais bien qu'un peu plus faible que celui obtenu sur le granite de Verampio (270 Ma.). Il est possible que les zircons de ces roches, qui forment le cœur des éléments penniques les plus profonds, aient cristallisé durant la phase saalienne (Permien) de l'orogenèse hercynienne. Cependant, il ne faut pas oublier que la recristallisation alpine a été très poussée dans les nappes penniques inférieures. Ainsi, les micas de ces roches donnent des âges Rb/Sr inférieurs à 20 Ma. (E. JÄGER, 1962) de même que les zircons datés par la méthode des „radiation damage". Il est donc fort possible, sinon probable que, sous l'effet du métamorphisme alpin, les âges „Pb total" aient subi un certain abaissement.

Nappe de Tambo (Pennique moyen)

Cette nappe est l'équivalent grisonnais de celle du Grand St-Bernard en Valais. Les gneiss œillés (orthogneiss) du noyau cristallin de cette dernière nappe, appelés „gneiss de Randa" peuvent donc être considérés comme les équivalents de ceux de la nappe de Tambo.

En fait, le résultat que nous avons obtenu sur un gneiss œillé de la nappe de Tambo (324 Ma.) est voisin de ceux obtenus sur les „gneiss de Randa" (337 et 350 Ma.). Pourtant le moment n'est pas encore venu d'affirmer que ces gneiss sont plus anciens que ceux des nappes penniques inférieures, qui nous ont donné des âges un peu plus récents. Cette différence pourrait simplement tenir au fait que le métamorphisme alpin a été plus intense dans les nappes les plus profondes. D'autres déterminations nous aideront certainement à résoudre ce problème.

Nappe du Grand Staint-Bernard (Pennique moyen)

Le cœur de cette nappe, c'est-à-dire ses éléments les plus profonds, apparaissent sous forme de gneiss œillés („gneiss de Randa"). Ces roches sont particulièrement bien représentées dans la partie orientale de la nappe (vallées de Saas et de Saint-Nicolas) du fait de la culmination axiale tessinoise.

Les zircons de deux échantillons de ces gneiss, qui passent pour des orthogneiss, nous ont donné des âges de 337 et 350 Ma. (Carbonifère inf.).

Ainsi, il apparaît que les roches cristallines des noyaux anticlinaux des nappes penniques inférieures et moyennes que nous avons datées sont toutes hercyniennes et qu'elles ont été assez profondément transformées par le métamorphisme alpin.

Une grande partie du cristallin de la nappe du Grand St-Bernard est constitué par des roches métamorphiques métasédimentaires localement riches en dérivés éruptifs et communément appelées „schistes de Casanna". Cet ensemble forme ce qu'E. Argand (1934) appelle l'enveloppe intranucléaire, le cœur de la nappe étant représenté par les „gneiss œillés de Randa".

On a beaucoup parlé, et médit, de ce terme de „schistes de Casanna", introduit dans la littérature alpine par Theobald en 1866 pour désigner une partie du cristallin de la nappe de Campo, qui fait partie de l'austro-alpin moyen. Par la suite, il a été étendu à d'autres formations de nappes penniques et austro-alpines. C'est donc un terme local, sans signification stratigraphique ou pétrographique. Rien ne permet d'affirmer, par

exemple, que les vrais „schistes de Casanna" de la nappe de Campo soient les équivalents de ceux de la nappe du Grand St-Bernard.

Deux tendances nettement contraires s'affrontent à propos de l'âge du dépôt et du métamorphisme des „schistes de Casanna". Pour H. P. CORNELIUS (1935) d'abord, suivi de R. STAUB (1948) et N. OULIANOFF (1954, 1957) en particulier, il s'agit d'une formation très ancienne, très certainement d'âge anté-Cambrien. Il y aurait donc une grande lacune entre les „schistes de Casanna" et le Carbonifère.

Toutefois, cette opinion n'est pas partagée par tous les géologues, tant s'en faut; nombreux sont en effet ceux qui pensent que ces roches sont beaucoup plus jeunes, en grande partie carbonifères et permiennes. Pour E. ARGAND qui, le premier, s'occupa de ce problème, il y a passage graduel des schistes aux quartzites du Trias inférieur. C'est également l'opinion de J. J. CALAME (1954) et de C. E. WEGMANN (1923) à qui nous devons la subdivision des „schistes de Casanna" en un complexe inférieur, riche en roches vertes, tandis que le complexe supérieur n'en contient presque pas. Pour ce dernier auteur les „Casanna inf." seraient d'âge carbonifère et antérieur, les „Casanna sup." allant du Carbonifère au Trias inférieur. J. M. VALLET (1950) pense également que la plus grande partie des „Casanna" est d'âge permo-carbonifère bien qu'il soit naturellement impossible d'assigner un âge précis à la base, invisible, de cette formation. J. P. SCHAER (1960), ainsi que F. ELLENBERGER (1958) qui a étudié en détail la zone briançonnaise en Vanoise, doutent même de l'existence de matériel anté-carbonifère dans ces formations métamorphiques.

Il faut reconnaître que ce problème est particulièrement difficile, et nous renonçons à faire état de quelques déterminations d'âge pour proposer une solution définitive.

Les roches de la formation des „schistes de Casanna" que nous avons datées sont toutes d'origine sédimentaire. Leurs populations de zircons sont donc certainement hétérogènes. A côté des zircons recristallisés durant le ou les cycles de métamorphisme, il y a ceux d'origine détritique qui ont donc un âge plus élevé que celui du dépôt des sédiments. Cette dernière catégorie de zircons est, d'après nos observations, prédominante.

Nous avons daté les zircons de trois roches des „schistes de Casanna", de deux grès permo-carbonifères et de deux échantillons de gneiss de la région de Tion (val d'Hérémence) qui, pour C. E. WEGMANN et J. P. SCHAER appartiennent aux „schistes de Casanna" alors que J. M. VALLET en fait des arkoses permo-carbonifères.

Les zircons des grès de la série permo-carbonifère de Tion-Dent de Nendaz donnent des âges de 347 et 446 Ma. Cette série étant considérée d'âge carbonifère, la sédimentation doit remonter à 300 Ma. environ. Les résultats „Pb total" obtenus ne sont donc pas beaucoup plus élevés, surtout si on les compare à la valeur de 567 Ma. des zircons de la molasse oligocène sup. dont le dépôt date d'il y a 25 à 30 Ma.

Bien que nous ayons obtenu deux âges très élevés sur les zircons des „schistes de Casanna supérieurs" (641 et 806 Ma.), nous ne pensons pas qu'il y ait là raison d'affirmer que la sédimentation et le métamorphisme soient précambriens, et cela pour les raisons suivantes:

a) En plus des deux „gneiss de Randa" d'âge hercynien, un échantillon de gneiss œillé de la formation des „schistes de Casanna" nous a donné un résultat de 439 Ma., donc passablement moins élevé que ceux obtenus pour les deux autres échantillons de „schistes de Casanna". On pourrait éventuellement admettre que l'âge de ce gneiss œillé a été abaissé par les effets dus au métamorphisme alpin qui ont été plus intenses dans la région où cette roche a été récoltée[3]), dans la partie méridionale de la nappe, que dans la région frontale, septentrionale, d'où proviennent le conglomérat et le schiste albitique des „schistes de Casanna sup.".

Cependant, les trois résultats obtenus sur les gneiss œillés de Randa et des „schistes de Casanna" nous font penser que la sédimentation et le métamorphisme des „schistes de Casanna" peuvent aussi bien appartenir au cycle hercynien.

b) Si des grès de la molasse oligocène contiennent des zircons d'âge paléozoïque inf. en moyenne, on ne voit pas pourquoi des roches permiennes ou carbonifères ne contiendraient pas de zircons précambriens. On pourrait supposer, si l'on admet que les „schistes de Casanna sup." sont permiens, que la différence d'âge entre les zircons de ces dernières roches et ceux des grès carbonifères de la série de Tion-Dent de Nendaz, est due au fait que l'érosion aurait atteint un niveau plus profond au Permien qu'au Carbonifère. Dans ce cas, il serait normal que les roches les plus jeunes contiennent les zircons les plus vieux.

c) Les roches volcaniques acides que nous avons datées donnent des âges „Pb total" beaucoup plus élevés que ceux de l'activité éruptive. Ainsi, par exemple, les porphyres permiens de Bolzano (679 Ma.) et de l'Esterel (578 Ma.) contiennent des zircons d'âge précambrien. Or, les „schistes de Casanna sup." sont formés en grande partie, semble-t-il, par du matériel d'origine volcanique acide (J. P. Schaer, 1960).

[3]) Au col du Grand St. Bernard, dans la prolongation méridionale de la série du Métailler, formée de „schistes de Casanna inférieurs".

Tous les faits que nous venons de citer donnent une idée de la prudence avec laquelle les résultats obtenus doivent être interprétés. Tout au plus pouvons-nous dire que l'âge très élevé obtenu pour les „schistes de Casanna sup." (806 Ma.) laisse supposer l'existence d'un socle ancien dans ce domaine, sans que l'on puisse affirmer pour autant que le dépôt des „schistes de Casanna" remonte au Précambrien. Au contraire, d'autres faits, mentionnés ci-dessus, nous incitent à penser que ces roches sont plus jeunes, probablement liées à l'orogenèse hercynienne.

Sur le problème de l'âge des „schistes de Casanna" vient se greffer celui des roches de la région de Tion dont l'origine et la position tectonique sont controversées. Pour C. E. WEGMANN, il s'agit d'orthogneiss faisant partie des „schistes de Casanna inf." de même que pour J. P. SCHAER qui en fait des granito-gneiss. Pour J. M. VALLET, ce sont des arkoses du Permo-Carbonifère. Cette formation, en effet, sépare la série conglomératique de Tion (Permo-Carbonifère), au N, de la série de Siviez (schistes de Casanna inf.) au S.

Comme les zircons de ces gneiss nous ont donné des âges voisins (340 et 467 Ma.) de ceux obtenus sur les zircons du Permo-Carbonifère (347 et 446 Ma.), des „gneiss œillés de Randa" et des „schistes de Casanna" (337, 350 et 439 Ma.), il ne semble guère possible d'utiliser la géochronométrie pour résoudre ce problème. Disons seulement que ces roches paraissent liées au cycle hercynien.

Massif du Grand Paradis (Pennique supérieur)

L'âge trouvé sur le gneiss granitique des Scalari (301 Ma.), qui est un granite d'anatexie, confirme que la granitisation qui a affecté le massif du Grand Paradis est liée à l'orogenèse hercynienne. Rappelons que deux âges „Pb total" de 340 et 350 Ma. ont déjà été trouvés dans ce massif.

Nappe de la Tasna (Pennique supérieur ou Austro-alpin inférieur)

Le granite de la Tasna est certainement hercynien (343 Ma.). De type pétrographique voisin du granite de la Bernina (260 et 295 Ma.), il semble cependant un peu plus vieux que ce dernier bien que la différence d'âge ne puisse être considérée comme vraiment significative, le nombre des déterminations étant trop restreint.

Notons également que la radioactivité des zircons du granite de la Tasna (367 α/mg. h) est presque deux fois moins élevée que celle de ceux du granite de la Bernina (637 α/mg. h).

Nappe de la Dent-Blanche (Austro-alpin inférieur)

Rappelons tout d'abord que l'on divise le noyau cristallin de cette nappe en deux séries qui sont, de bas en haut: la série de Valpelline, constituée en majeure partie par des roches métasédimentaires; la série d'Arolla où dominent les termes d'origine ignée. Les deux types pétrographiques les plus représentatifs de cette dernière série sont un granite à hornblende et le fameux „gneiss d'Arolla", terme par lequel on désigne l'ensemble des gneiss à mica vert et à pistacite. Ces roches passent, en majeure partie, pour des orthogneiss.

La différence assez grande entre l'âge „Pb total" des zircons du granite à hornblende de cette série d'Arolla (330 Ma.) et ceux d'un échantillon typique de „gneiss d'Arolla" (258 Ma.) est peut-être due aux phénomènes qui ont causé la gneissification de ces derniers.

E. Argand (1934), se basant sur la présence de Carbonifère feldspathisé, de niveau non précisé, dans la nappe de la Dent-Blanche, pense que la mise en place des roches granito-dioritiques remonte au Westphalien sup. Contentons-nous de dire que ces roches sont d'âge hercynien. On ne peut exclure, à notre avis, l'hypothèse d'une activité éruptive un peu plus récente (Carbonifère sup. ou même Permien) ou, éventuellement, plus ancienne (Carbonifère inf.), la feldspathisation n'étant pas obligatoirement liée au granite à hornblende.

Il n'est pas possible, sur la base des résultats acquis, d'établir un parallèle entre les cristallins des nappes de la Dent-Blanche et de la Margna. Cette dernière est d'ailleurs considérée actuellement comme un élément pennique supérieur. Rappelons qu'un gneiss de la série de la Maloja de cette nappe de la Margna, de type voisin de certains „gneiss d'Arolla", nous avait donné un âge „Pb total" de 637 Ma.

Nappe de la Silvretta (Austro-alpin supérieur)

Les deux âges que nous avons obtenus pour les zircons d'un paragneiss (667 Ma.) et d'un orthogneiss (517 Ma.) de la nappe de la Silvretta semblent indiquer que le noyau cristallin de cette unité est assez ancien, éventuellement d'âge précambrien, comme le supposent E. Wenk et A. Streckeisen (1951).

Il n'est guère possible actuellement d'expliquer pourquoi l'âge du gneiss œillé est passablement moins élevé que celui du paragneiss. Cette différence pourrait être due à la présence de zircons détritiques plus vieux dans la roche métasédimentaire ou à des effets sélectifs liés

à l'orogenèse hercynienne. Les micas de gneiss de la Silvretta ont donné des âges Rb/Sr voisins de 300 Ma. (E. JÄGER et coll., 1961), prouvant que des recristallisations ont eu lieu au Carbonifère.

V. Zone de Sesia-Lanzio (zone des racines)

Un paragneiss provenant de la partie externe de la zone de Sesia-Lanzio, supposée être la zone des racines de la nappe de la Dent-Blanche, nous a donné un âge de 360 Ma., c'est-à-dire hercynien.

VI. Alpes du Sud

Massif de Predazzo (Dolomites)

Ce batholite, bien que de petite dimension, est très intéressant car il est formé par un ensemble de roches éruptives de constitution variée mises en place dans l'ordre suivant: porphyres et mélaphyres, monzonite, syénite, roches néphéliniques, granite et, pour terminer, camptonite.

Seule la première de ces manifestations magmatiques peut être attribuée avec certitude au Trias moyen. Pendant longtemps, on a également pensé que les autres venues étaient d'âge ladinien.

Actuellement, toutefois, on admet généralement que toutes les roches ignées postérieures aux mélaphyres ladiniens ont été mises en place durant l'orogenèse alpine, au Tertiaire.

H. LEITMEIER (1941) est d'avis que les roches de Predazzo sont le résultat d'une simple différenciation magmatique. S. VARDABASSO (1945), se basant sur la présence, dans les mélaphyres, d'inclusions de granite rose, pense que la formation du granite de Predazzo résulte d'un phénomène de palingenèse.

Les trois résultats que nous avons obtenus apportent la preuve de la complexité de ce massif; il est difficile d'admettre que l'on ait affaire ici à un ensemble de roches résultant d'une seule différenciation durant le Tertiaire. Les âges „Pb total" semblent plutôt prouver que le batholite de Predazzo est formé en partie de vieux matériel repris postérieurement, durant l'orogenèse alpine, il y a moins de 40 Ma.

Notre opinion est basée sur le fait que les zircons de l'échantillon de granite rose à tourmaline Pz 3 ont une radioactivité très élevée (1608 α/mg. h) et contiennent certainement moins de 30 ppm de Pb; par conséquent ils ne peuvent avoir plus de 40 Ma. Ce granite est donc fort probablement alpin. Toutefois, un autre échantillon de granite

du même type contient des zircons dont l'âge „Pb total" est 204 Ma., c'est-à-dire triasique moyen. Peut-on affirmer, sur la base de ce seul résultat, que la mise en place s'est effectuée à cette époque? Il semble plus plausible d'admettre que cet échantillon contient des zircons faisant partie d'un vieux matériel repris lors de l'orogenèse alpine.

Quant à la monzonite, son âge „Pb total" (275 Ma.) est certainement trop élevé puisqu'elle ne peut être antérieure au Ladinien. On est placé devant l'alternative suivante: ou bien la monzonite est triasique et fait partie du cortège des porphyres et mélaphyres; ou bien elle s'est mise en place au Tertiaire, en même temps que le granite ou un peu avant. Dans ce dernier cas, l'explication de l'âge „Pb total" des zircons serait la même que pour l'échantillon de granite Pz 1.

Terminons en disant qu'il serait très intéressant de poursuivre des recherches géochronométriques dans ce massif dont la genèse pose de captivants problèmes.

Bouclier de Bolzano

La région de Bolzano, dans la vallée de l'Adige, est recouverte d'une épaisse carapace de porphyres d'âge permien. Les zircons d'un échantillon de porphyre rouge quartzifère ont livré un âge „Pb total" de 679 Ma., donc précambrien et non permien. Ce résultat ne doit pas tenir à un excès de Pb commun, mais plutôt à la présence dans cette roche d'une certaine proportion de très vieux matériel du socle, repris lors de la mise en place permienne.

Fait important à retenir: un autre échantillon de porphyre permien, provenant du massif de l'Esterel, dans le S de la France, contient également des zircons précambriens (578 Ma.). Ces résultats sont donc d'une importance pétrogénétique certaine.

PROVENANCE DES ÉCHANTILLONS

137 Aa 1	Route du Susten, versant SW, alt. 1800 m.
141 Aa 2	Route du Susten, versant SW, alt. 2000 m.
101 Bd 2	Pont de la route N 527 sur le Glandon.
128 Bd 5	1 km au N de La Chambre, vallée de l'Arc, dans carrière sur rive droite.
126 Bd 4	200 m en-dessous du sommet du Vieux Chaillol.
138 GR 3	100 m à l'E du col de la Croix de Fer.
107 GR 1	Lac de Lauvitel, rive.
108 GR 2	Lac de Lauvitel, rive.

139 P 4	Les Etages, au bord de la route de la Bérarde.
105 P 1	Eboulis versant S du col du Lautaret.
130 P 2	Col du Lautaret, carrière au SE du col.
129 R 1	Carrière 1 km au N de St. Jean de Maurienne, vallée de l'Arc.
109 Ha 1	Bloc de 13000 m³ du Luegiboden, rive gauche du Lombach, vallée de Habkern.
110 Ha 2	Bloc dans le lit du Lombach, 500 m en amont de la confluence avec le Traubach.
125 Mo 1	Talus NE de l'autoroute, colline de Curtet, 1 km au S de Villars Ste. Croix.
122 Ant 4	Route du Simplon, 3 km au NW de Gondo.
124 Tb 1	500 m en aval de Promontogno, val Bregaglia.
114 GB 4	La Trabonta, Alpe de Tion (Val d'Hérémence), 100 m à l'W du château d'eau.
157 GB 11	Idem, 100 m à l'E du château d'eau.
111 Gb 1	Versant E de l'Etherolla, sous la crête de Tion, alt. 2380 m.
140 GB 6	Crête de Tion, entre les deux cabanes, alt. 2220 m.
135 GB 5	Rive droite (E) du lac de Cleuson, Val de Nendaz, 300 m en amont du barrage.
156 GB 10	Route du Val d'Anniviers, à 10 m du contact des „schistes de Casanna" avec le Trias, alt. 800 m.
143 GB 7	Col du Grand St. Bernard, au bord du lac, rive S.
145 GB 8	Ravin de Bodmen, alt. 1280 m., entre Grächen et St. Nicolas, Vallée de St. Nicolas.
155 GB 9	Ravin de Jungbach, alt. 1420 m, entre Jungen et St. Nicolas, Vallée de St. Nicolas.
147 GP 2	Entrée amont de la gorge des Scalari, vallée de l'Orco.
133 T 1	Route Ftan–Ardez, Basse Engadine.
144 DB 1	Alpe de Ferpècle, rive droite de la Borgne.
152 DB 2	Dans moraine provenant du glacier de la Dent Blanche, versant N de la Dent Blanche.
134 Si 2	500 m à l'W de Lavin, au bord de la route, Basse Engadine.
142 Si 3	1 km au S de Süs, Basse Engadine.
167 SL 5	500 m au SE d'Issogne, rive droite de la Dora Baltea, Val d'Aoste.
117 Pz 1	1 km au N de Predazzo, rive gauche de l'Avisio.
158 Pz 3	1 km à l'E de Predazzo, rive droite de la Travignolo.
154 Pz 2	2 km à l'E de Predazzo, rive droite de la Travignolo.
115 Bo 1	3 km au NW de Bolzano, rive gauche de l'Adige.

BIBLIOGRAPHIE

BSMP = Bulletin suisse de Minéralogie et Pétrographie

ARGAND, E. (1934): La zone pennique. Guide géol. suisse, III, p. 149.

BELLAIR, P. (1948): Pétrographie et tectonique des massifs centraux dauphinois. I. Le Haut Massif. Mém. carte géol. détaillée de la France, Paris.

BORDET, C. (1961): Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledonne. Mém. carte géol. détaillée de la France, Paris.

BUCHS, A., CHESSEX, R., KRUMMENACHER, D., et VUAGNAT, M. (1962): Ages „Pb total" déterminés par fluorescence X sur les zircons de quelques roches des Alpes. BSMP, 42, p. 295.

CALAME, J. J. (1954): Etude géologique de la région de Nendaz (Valais). Thèse Univ. Genève.

CHESSEX, R. (1962): Déterminations d'âge de quelques roches des Alpes du Sud et des Apennins par la méthode des „dommages dus à la radioactivité". BSMP, 42, p. 653.

JÄGER, E., GEISS, J., NIGGLI, E., STRECKEISEN, A., WENK, E. et WÜHTRICH, H. (1961): Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen. BSMP, 41, p. 255.

JÄGER, E. (1962): Rb-Sr Ages determinations on micas and total rocks from the Alps. J. Geoph. Res., 67, p. 5293.

KRUMMENACHER, D. (1959): Le Cristallin de la région de Fully (Valais). BSMP, 39, p. 153.

LEITMEIER, H. (1941): Aus Predazzo. Mineral. u. Petrogr. Mitt. 52, p. 155.

OULIANOFF, N. (1955): Note concernant l'origine et le métamorphisme des „schistes de Casanna" (massif du Métailler dans le val de Nendaz en Valais). Bull. Soc. vaud. Sc. nat., 66, p. 77.

— (1957): La zone du Carbonifère entre Isérables et Bramois (Vallée du Rhône). Eclogae geol. Helv., 50, p. 482.

PASTEELS, P. (1960): L'âge des halos pléochroïques du granite d'Habkern et de quelques roches du massif de l'Aar. BSMP, 40, p. 261.

SCHAER, J. P. (1960): Géologie de la partie septentrionale de l'éventail de Bagnes. Thèse Univ. Neuchâtel.

STAUB, R. (1948): Aktuelle Fragen im alpinen Grundgebirge. BSMP, 28, p. 422.

SUBLET, P. (1962): Etude géologique du synclinal carbonifère de Collonges-Dorénaz (Valais). Eclogae geol. Helv., 55, p. 23.

VALLET, J. M. (1950): Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du val d'Hérens et du val d'Hérémence. BSMP, 30, p. 322.

VARDABASSO, S. (1945): Lo stato attuale delle nostre conoscenze sulla provincia petrografica di Predazzo. Atti Istit. Veneto Sc., Lett. ed Arti, CIV, 2.

WEGMANN, E. (1923): Zur Geologie der St. Bernharddecke im Val d'Hérens (Wallis). Thèse Univ. Neuchâtel.

WENK, E. et STRECKEISEN, A. (1951): Bericht über die geologisch-petrographische Exkursion ins östliche Graubünden. BSMP, 31, p. 330.

WÜTHRICH, H. (1963): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen aus dem Aaremassiv. Eclogae geol. Helv., 56, p. 103.

Manuscript reçu le 20 septembre 1963.