

# Âge Paléozoïque inférieur (U–Pb sur zircon) de métagranophyres de la nappe du Grand-Saint-Bernard (*zona interna*, vallée d'Aoste, Italie)

Jean-Michel Bertrand<sup>a\*</sup>, François Guillot<sup>b</sup>, Jacques Leterrier<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de géodynamique des chaînes alpines, LGCA, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex, France

<sup>b</sup>Laboratoire de sédimentologie et géodynamique, université des sciences et techniques de Lille, 59655 Villeneuve-d'Ascq cedex, France

<sup>c</sup>Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, BP 20, 54501 Vandœuvre-les-Nancy cedex, France

Reçu le 2 novembre 1999 ; accepté le 21 février 2000

Présenté par Jean Dercourt

**Abstract – Early Paleozoic U–Pb age of zircons from metagranophyres of the Grand-Saint-Bernard Nappe (*zona interna*, Aosta Valley, Italy).** The U–Pb age of a metagranophyre from the Val de Rhêmes (Briançonnais basement of the Aosta valley) of  $511 \pm 9$  Ma suggests that the micaschists which dominate the pre-alpine basement of the Grand-Saint-Bernard Nappe are, in part, of Early Paleozoic age. The Briançonnais domain is characterized by a Cambrian to Ordovician alkaline to subalkaline (monzonitic) magmatism, similar in age to orthogneisses known in other parts of the Variscan belt and generally interpreted as related to an extensional event. © 2000 Académie des Sciences / Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Internal Alps / Briançonnais domain / zircon / U–Pb / Lower Paleozoic**

**Résumé –** Deux échantillons de métagranophyre du val de Rhêmes (socle briançonnais de la vallée d'Aoste) ont été datés par la méthode U–Pb sur zircon à  $511 \pm 9$  Ma. Cet âge suggère que les micaschistes qui constituent une part importante du socle anté-alpin de la nappe du Grand-Saint-Bernard appartiennent, en partie, au Paléozoïque inférieur. Le domaine Briançonnais est caractérisé par un magmatisme d'âge Cambro-Ordovicien, alcalin à subalcalin, d'âge voisin de celui des orthogneiss connus dans d'autres parties de la chaîne Varisque et interprétés comme représentant un épisode d'extension. © 2000 Académie des Sciences / Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Alpes internes / Briançonnais / zircon / U–Pb / Paléozoïque inférieur**

## Abridged version

Since the first discovery of an Early Paleozoic age in a reworked Alpine basement of the Briançonnais domain of the western French Alps (Mont Pourri area [21]), several recent studies have confirmed the importance of such an old magmatism within the dominantly metasedimentary formations forming this domain [3, 7, 8, 21]. These basement units were previously attributed to a Permian–Carboniferous formation metamorphosed during the Alpine orogeny [10, 13, 16]. The aim of this study was to check if similar rock types (metagranophyres) from the Grand-Saint-Bernard Nappe in the Valle di Rhêmes area (Italy) belonged to the same event [17].

The analysed metagranophyres were sampled near the Finestre Pass (Montagna del Torrente, *figure 1*) and form large lenses embedded within graphitic black schists overlying a major tectonic discontinuity [10, 12]. The tectonic pile observed in the Valle di Rhêmes is dipping west and comprises from bottom to top: the Piemontese Gran Paradiso basement; the 'Schistes Lustrés' of oceanic Ligurian-Piemontese origin; the Entrelor shear zone, which is a major tectonic discontinuity [9] dated at ca. 34 Ma [14]; the schists and metabasites of the Mont Fallère unit [17]; and the undated Ruitor basement which is often considered as belonging to the low-grade 'Zone houillère briançonnaise'. The Mont Fallère unit comprises lenses of metagranophyres up to several hundred metres in size,

\* Correspondance et tirés à part : Jean-Michel.Bertrand@univ-savoie.fr

similar to those dated in the Mont Pourri area, and a large body of metagranodiorite (Cogne plutonic unit [1]) recently dated at  $356 \pm 4$  Ma (SHRIMP [21]). However, chemical data and tentative stratigraphical reconstructions in the comparable Mont Pourri area suggests that the granophyres may represent a basement older than the surrounding black schists [4, 18, 20].

The two analysed samples are metagranophyres showing a strong linear structure, but micropegmatitic textures are preserved in spite of a penetrative schistosity [4] displayed by crystallization of Alpine albite porphyroblasts and phengites (dated at ca. 34 Ma in the nearby Entrelor shear zone; [14]). Chemical data, available on request, show an alkaline affinity on the R1–R2 diagram [22], similar to that of the Arpont and Thyon metagranites [3, 7]. Zircons are small ( $< 100 \mu\text{m}$ ), inclusion-rich stubby prisms and correspond to high temperature, alkaline types in the Pupin classification [27]. SEM images show an incipient metamict evolution associated with quartz micro-inclusions but no obvious cores have been observed (*figure 2*). U and Pb isotopic ratios were measured on homogeneous non-magnetic fractions of 30 to 50 grains handpicked according to their morphology, following the procedure described in a previous paper [3]. Lead blanks varied from 39 to 48 pg during the study. Seven fractions of the two samples (including an abraded fraction) define a discordia with an upper intercept age of  $511 \pm 9$  Ma at  $2\sigma$  confidence level ( $MSWD = 0.16$ ) interpreted as representing the emplacement age (*figure 3*). If compared with the  $507 \pm 9$  Ma age previously published from a granophyre of the Vanoise area [19], both ages are within the error margin.

This result confirms that the Finestre granophyres belong to the same Cambrian to Ordovician (450–520 Ma) alkaline magmatism that occurs in the Briançonnais basement units [3, 7, 19, 21]. These basement units were previously differentiated on the basis of their lithologies and of the intensity of Alpine reworking [2, 10, 17]. Very little geochronological data supports the existence of Variscan events [8, 21, 25], but recent studies have shown that ages in the 450–520 Ma range are widespread. Such ages are also known in the Helvetic domain as well as in the southern Alps and Austro-Alpine domain suggesting from the variety of settings that they may represent a complete orogenic cycle of Ordovician age [29]. Ages of this range correspond to either plutonism, metamorphism or anatexis [5, 15, 28] or even to ophiolite assemblages [24]. Similar ages exist also in the Piemontese domain [6] and in the Sapey gneiss Unit, which is a likely equivalent to the Ruitor basement [21]. According to Pin and Marini ([26] and references therein) an extensional event is responsible for many of the ca. 500 Ma-old alkaline orthogneisses known in the Variscan belt. Up to now, except if a southern Caledonian belt is confirmed, the only difference between the Briançonnais basement units and their unworked French Massif Central counterparts is the scarcity of Variscan magmatic and metamorphic ages determined so far in the Briançonnais. The Briançonnais may thus represent an allochthonous terrain, originating from the southern, external, Variscan belt which was displaced northward along the Penninic Front, during the early stages of the Alpine orogenic cycle [31].

## 1. Introduction

Les socles du domaine briançonnais des Alpes occidentales et centrales (nappe du Grand-Saint-Bernard en Suisse et en Italie) sont depuis quelques années l'objet d'études géochronologiques par la méthode U–Pb sur zircon. Un premier résultat, obtenu sur un granophyre de Vanoise septentrionale (mont Pourri), à  $507 \pm 9$  Ma [19], avait surpris, car ces formations étaient classiquement attribuées au Permo-Carbonifère métamorphisé pendant l'orogénèse alpine [10, 13, 16]. Des datations plus récentes ont confirmé l'importance du magmatisme d'âge Paléozoïque inférieur dans ces socles [3, 7, 8, 21]. L'objectif de ce travail est la datation d'un faciès magmatique, semblable à celui du mont Pourri, provenant d'une unité de micaschistes graphiteux et de gneiss albitiques du val de Rhêmes (Sud de la vallée d'Aoste) considérée comme équivalente des formations de la Vanoise nord [10]. Au nord du val d'Aoste, cette unité se poursuit par l'unité du mont Fallère (nappe du mont Fort), d'après Gouffon et Burri [17].

**Cadre géologique.** Les granophyres analysés proviennent d'une lentille de taille kilométrique (*figure 1*), située

à proximité du col de Finestre (Montagna del Torrente), comprise entre des micaschistes gris albitiques et un niveau de cargneules soulignant une discontinuité tectonique majeure [10, 12]. La déformation et la recristallisation intenses, dont l'âge alpin est bien établi depuis les travaux de Caby [10] et de Gouffon [16], ont effacé toute trace de la nature originelle du contact entre métagranophyre et micaschistes. Parmi les unités de socle anté-Permien de Haute Tarentaise et du val d'Aoste, seul le Ruitor et ses équivalents en Italie et en Suisse ont été étudiés en détail et montrent des paragenèses métamorphiques anté-alpines reliques [2, 16].

La pile tectonique observée en val de Rhêmes n'a pas été étudiée en détail depuis les travaux de Caby [10]. À pendage général vers l'ouest, elle comporte, de l'est vers l'ouest et de bas en haut : (1) le socle piémontais du Grand Paradis ; (2) des calcschistes (schistes lustrés piémontais d'âge Mésozoïque) limités vers le haut par la grande zone de cisaillement d'Entrelor [9] datée à 34 Ma (Rb–Sr sur phengite [14]) ; (3) les micaschistes et les gneiss à passées prasinitiques de l'unité Vanoise nord-mont Fallère, subdivisée en deux sous-unités par un contact tectonique jalonné par des lentilles de sédi-

**Figure 1.** Carte géologique schématique de la région du val de Rhêmes. La coupe schématique est inspirée de Caby (in [12]) : ZV = zone valaisanne ; ZHB = zone houillère briançonnaise ; GP = Grand Paradis. Légende du cartouche : 1) domaines Helvétique, Valaisan et Sub-Briançonnais ; 2) zone houillère briançonnaise ; 3) socles briançonnais et couvertures mésozoïques ; 4) métagranitoïdes briançonnais ; 5) schistes lustrés piémontais = *Bundnerschiefer* ; 6) front Briançonnais. MP = mont Pourri, GSB = col du Grand-Saint-Bernard, CO = Cogne.

**Figure 1.** Sketch map of the Val de Rhêmes area. The sketch cross-section is from Caby (in [12]): ZV = Valais zone; ZHB = Briançonnais Carboniferous zone; GP = Gran Paradiso. Insert caption: 1) Helvetic, Valaisan and Sub-briançonnais domains; 2) 'Zone houillère briançonnaise'; 3) Briançonnais basement units and Mesozoic cover; 4) metagranitoids of the Briançonnais domain; 5) Piemontese 'Schistes lustrés' = 'Bundnerschiefer'; 6) Briançonnais Tectonic Front. MP = Mont Pourri; GSB = Grand-Saint-Bernard Pass; CO = Cogne.

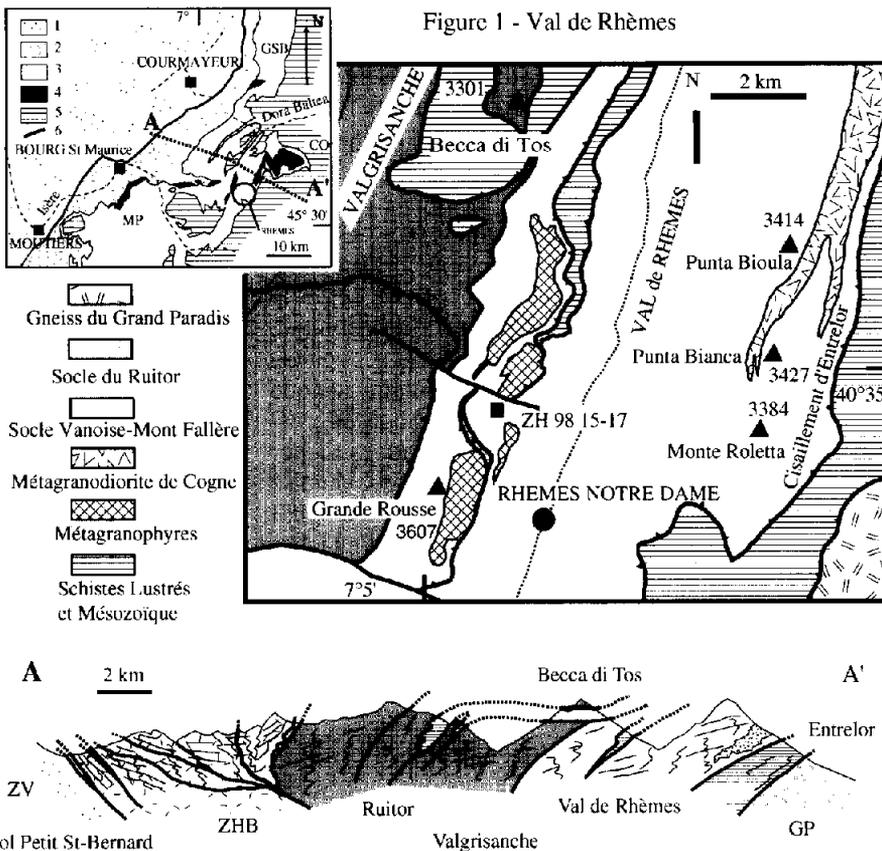


Figure 1 - Val de Rhêmes

ments mésozoïques très déformés (pincée synclinale du val de Rhêmes de Caby [10]) — la sous-unité orientale (inférieure) contient, au sein de micaschistes gris, l'ensemble métagranodioritique de Cogne [1], daté à 360 Ma [21] et à cachet calco-alcalin ; la sous-unité supérieure, à l'ouest, contient plusieurs lentilles kilométriques de métagranophyres, emballées dans des micaschistes graphitiques gris ; les données chimiques et les caractères stratigraphiques établis sur des roches comparables de Vanoise nord [4, 18, 20] suggèrent que les granophyres pourraient représenter, soit le socle relatif des micaschistes, soit les restes d'un ensemble subvolcanique globalement contemporain de la sédimentation — ; (4) au-delà de la crête qui sépare val de Rhêmes et Valgrisanche, les unités de socle du Ruitor, à assemblages minéraux anté-alpins préservés [2], et des lambeaux de couverture permo-triasique surmontent les micaschistes du val de Rhêmes ; l'ensemble Ruitor-val de Rhêmes est surmonté en contact anormal par les Schistes lustrés mésozoïques du Becca di Tos, eux-mêmes couronnés par une klippe de gneiss du Ruitor.

textures granophyriques sont, cependant, parfaitement préservées. On observe ainsi des plagioclases ceinturés de feldspath potassique et de micropegmatite. L'échantillon ZH 98 17 est plus sombre, très folié ; la déformation et la recristallisation alpine sont plus intenses, mais il subsiste des clastes de micropegmatite. La foliation mesurée sur l'affleurement à N15–45°W (linéation minérale à N55–40°W) est soulignée par des rubans de quartz, de la phengite et de la biotite verte. La sérécité diffuse et chargée de matière organique observée dans les schistes noirs du mont Pourri cède donc ici la place à des phengites bien cristallisées, en même temps que se développent des porphyroblastes d'albite alpine, à inclusions graphitiques. L'âge alpin de la déformation et celui du métamorphisme sont évidents, par comparaison avec les structures et les assemblages minéraux observés dans les formations mésozoïques (Schistes lustrés, Mésozoïque du synclinal du val de Rhêmes – Caby [10]). Dans le cas des métagranophyres, l'état de préservation des structures micropegmatitiques suggère que ces roches n'ont subi que le métamorphisme alpin.

## 2. Pétrographie et caractéristiques des zircons analysés

L'échantillon ZH 98 15 est un gneiss de couleur vert clair, de grain moyen, à forte structure linéaire, où les

Les données chimiques, non développées dans cette note (données analytiques disponibles sur demande), indiquent une composition de granite très évolué ( $\text{SiO}_2 > 75\%$ ), pauvre en Al, Mg et Ca, riche en alcalins ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 8\%$ ). Sur un diagramme R1/R2 [22], les échantillons du col de Finestre, tout comme ceux de l'Arpont [3] et de Thyon [7], d'âge voisin, sont localisés dans le

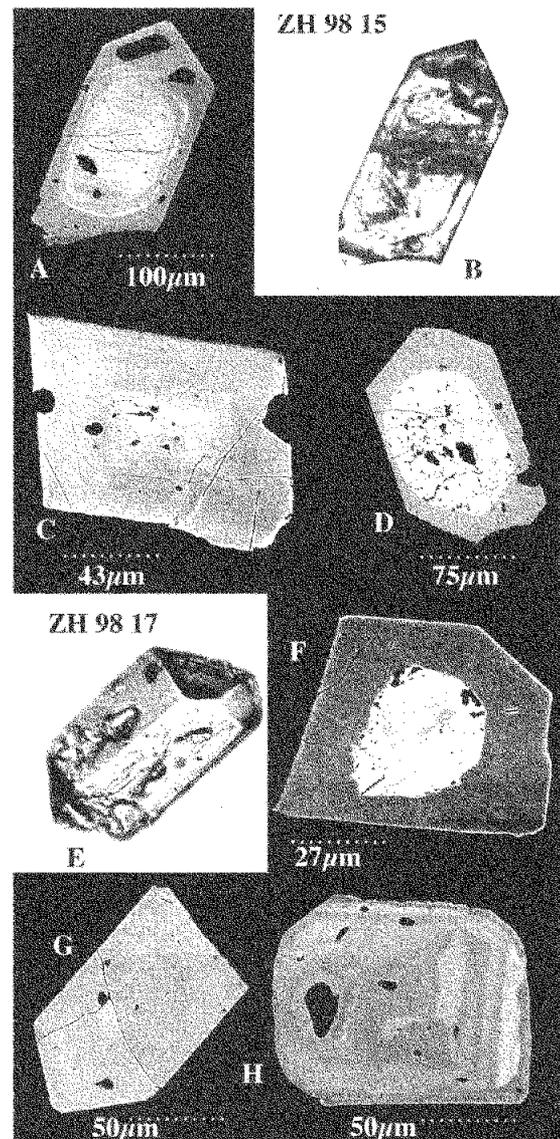
domaine des granites alcalins. Tous présentent un faible caractère peralumineux. Les spectres de Terres rares normalisés aux chondrites confirment le caractère alcalin à monzonitique ferrifère de tous ces échantillons.

Les zircons, identiques pour les deux échantillons analysés, sont toujours de petite taille (< 100 µm), automorphes avec de rares faces courbes, et riches en inclusions, surtout pour les plus gros d'entre eux. Ce sont toujours des prismes trapus, qui confirment l'origine magmatique des roches. La typologie des zircons selon la méthode de Pupin [27] est très constante. Elle confirme, avec les images MEB de sections polies, qu'il s'agit de zircons ayant subi une croissance magmatique typique de faciès alcalins de haute température et non de cristaux hérités. Les zircons des granophyres et autres roches acides intrusives ou volcano-sédimentaires de Vanoise nord [11] ont une morphologie analogue. Au MEB (figure 2), l'altération se traduit par l'apparition de taches blanches, localisées au centre de certains grains et associées à une dentelle métamictique riche en microinclusions de quartz. Les possibles cœurs hérités sont très rares (grain A–B ?, figure 2) ; il n'y a pas de zonation magmatique nette.

### 3. Géochronologie U–Pb

L'analyse isotopique des zircons a été effectuée sur des fractions homogènes (30 à 50 grains) de zircons sélectionnés par tri manuel sous binoculaire, en fonction de leur granulométrie et de leur morphologie. La procédure utilisée a été décrite dans une publication antérieure [3]. Les blancs de plomb obtenus pendant les analyses ont été de 39 et 48 pg. Les rapports mesurés sont corrigés du blanc de plomb analytique, du plomb commun évalué pour chaque fraction d'après le rapport  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  mesuré, de la correction séculaire d'après Stacey et Kramers [30], ainsi que de la discrimination de masse. Les âges U–Pb indiqués sont à 2  $\sigma$  de confiance.

Les sept fractions analysées dont une fraction abrasée (15 C1) sont toutes discordantes, mais bien alignées sur le diagramme Concordia établi en utilisant le programme Isoplot de Ludwig [23]. L'intercept supérieur est à  $511 \pm 9$  Ma (MSWD = 0,16) avec un intercept inférieur voisin de 0 (tableau ; figure 3). Le bon alignement des points permet d'interpréter l'âge obtenu comme étant l'âge de mise en place du granophyre. Les rapports  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  sont assez bas ; ils sont dus à une part importante de plomb commun, d'origine probablement primaire, comme le suggèrent les nombreuses inclusions observées au MEB. Pour comparaison, les fractions de zircon analysées par Guillot et al. [19] pesaient environ 1 mg et avaient été sélectionnées sur la base de leur magnétisme seulement, sans tri manuel. Les points correspondants étaient assez discordants (20 à 40 %), donnant avec le même programme de calcul [23] une erreur sur l'âge de l'ordre de 100 Ma. Pour les zircons du val de Rhêmes, aucun événement postérieur à la mise en place n'a produit de réouverture significative du système U–Pb.



**Figure 2.** Images MEB (électrons rétrodiffusés) et microscopie optique de zircons du métagranophyre de Finestre. Échantillon ZH 98 15 : **A** et **B**, le même grain automorphe montrant un possible cœur hérité ; **C**, grain automorphe non zoné ; **D**, zone centrale métamictique avec exsolution de quartz et enrichissement en U. Échantillon ZH 98 17 : **E**, microphotographie d'un grain automorphe à inclusions (magmatiques ?) ; **F**, grain automorphe, non zoné, à centre altéré (présence de quartz) ; **G**, grain automorphe non zoné ; **H**, grain montrant une zonation diffuse.

**Figure 2.** SEM images (back-scattered electron mode) and optical microscopy of some zircons from the Finestre metagranophyre. Sample ZH 98-15: **A** and **B**, the same euhedral grain showing a possible inherited core; **C**, euhedral, unzoned grain; **D**, metamict central zone showing quartz exsolution and U enrichment. Sample ZH 98 17: **E**, euhedral grain with possible magmatic inclusions; **F**, euhedral, unzoned grain with altered core (quartz inclusions); **G**, euhedral, unzoned grain; **H**, diffuse zoning.

### 4. Discussion et conclusion

La corrélation entre les granophyres du val de Rhêmes et les faciès moins métamorphiques (alpins) de

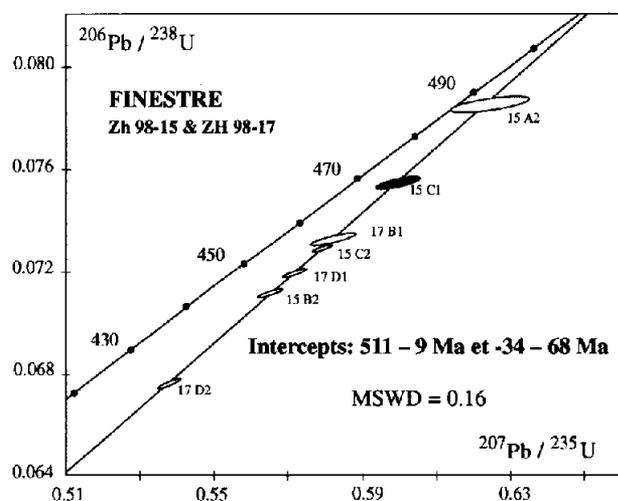
**Tableau.** Les labels des fractions correspondent à la granulométrie : **A** > 150 µm ; **B** = 150–100 µm ; **C** = 100–75 µm ; **D** = 75–45 µm. Abréviations : Nm = non magnétique ; M = magnétique ; auto = automorphe ; tr = trapus, limp = limpides ; incl = riches en inclusions ; fract = microfracturés. Les erreurs à 2 σ sur les rapports, en %, sont indiquées entre parenthèses. Les erreurs sur les âges sont à 2 σ. Le rapport <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb est celui de l’aliquote non « spikée ». Les rapports calculés ont été corrigés du plomb commun (estimé d’après le rapport <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb), du blanc de plomb (39 et 48 pg au cours des analyses), du plomb commun selon Stacey et Kramers [30] et de la discrimination de masse.

**Table.** Fraction labels correspond to the grain size: **A** > 150 µm; **B** = 150–100 µm; **C** = 100–75 µm; **D** = 75–45 µm. Abbreviations: Nm = non magnetic; M = magnetic; auto = euhedral; tr = stubby prisms; limp = limpid; inc = inclusion-rich; fract = microcracks. 2 σ errors (%) are indicated in brackets. Age errors are at the 2 σ level. <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb ratios are those of the unspiked aliquots. Ratios were corrected from common lead (estimated from <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb ratios), blanks (39 and 48 pg during this study), from initial common lead using the Stacey and Kramers model [30] common lead and from mass discrimination.

Finestre : ZH 98 15 & 17							
Échantillon	ZH 98-15				ZH 98-17		
Fraction	A2	B2	C1	C2	B1	D1	D2
Magnétisme	M 3,5 A, 2°	M 3,5 A, 2°	Nm 3,5 A, 0°	M 3,5 A, 3°			
Caractéristiques	auto, tr, incl, fract	auto, tr, incl	Ab, auto, tr, limp	auto, tr, limp	auto, tr, incl	auto, tr, limp	auto, tr
Poids (mg)	0,19	0,11	0,01	0,15	0,23	0,11	0,1
Pb* (ppm)	26,6	32,7	93,9	32,3	28,1	17,9	54,7
U (ppm)	313,4	440,2	1123,7	425,9	363,8	232,9	776,5
Blanc de Pb (pg)	39	39	39	39	48	48	48
<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	67	786	417	1503	146	894	1124
<sup>204</sup> Pb (ppb)	423	35	180	18	177	16	4
<sup>206</sup> *Pb/ <sup>238</sup> U	0,07851 (0,32 %)	0,07119 (0,19 %)	0,07543 (0,19 %)	0,07290 (0,15 %)	0,07326 (0,25 %)	0,07192 (0,19 %)	0,06760 (0,18 %)
<sup>207</sup> *Pb/ <sup>235</sup> U	0,62435 (1,4 %)	0,56513 (0,43 %)	0,59926 (0,79 %)	0,57910 (0,31 %)	0,58226 (0,82 %)	0,57148 (0,42 %)	0,53764 (0,36 %)
<sup>207</sup> *Pb/ <sup>206</sup> *Pb	0,05768 (1,19 %)	0,05757 (0,27 %)	0,05761 (0,63 %)	0,05761 (0,17 %)	0,05764 (0,62 %)	0,05763 (0,24 %)	0,05769 (0,19 %)
Coef. corrél. x, y	0,76	0,94	0,79	0,98	0,86	0,97	0,98
Âge <sup>206</sup> Pb*/ <sup>238</sup> U	487 ± 1,5	443 ± 0,8	469 ± 1	454 ± 0,6	455,8 ± 1,1	447,7 ± 0,8	421,7 ± 0,7
<sup>207</sup> Pb*/ <sup>235</sup> U	493 ± 5,5	455 ± 1,6	477 ± 3	464 ± 1,2	465,9 ± 3,1	459 ± 1,5	436,9 ± 1,3
<sup>207</sup> *Pb/ <sup>206</sup> *Pb	518 ± 4	514 ± 6	515 ± 6	515 ± 3	516 ± 14	516 ± 5	518 ± 4

Vanoise nord [20] est donc confirmée par les âges obtenus sur les zircons. Les micaschistes encaissants seraient

donc des dépôts du Paléozoïque inférieur, les granophyres semblant antérieurs à contemporains, alors que l’intrusion de la diorite de Cogne dans les micaschistes de l’unité tectonique voisine date de la fin du Dévonien [21]. De même, les métarhyolites d’Ambin et les métagranites de l’Arpont, en Vanoise sud, et de Thyon, en Valais, qui sont de chimisme analogue et sont associés à des métabasites et à des faciès volcano-sédimentaires et détritiques, ont fourni des âges voisins de 500 [3, 7, 21], qui traduisent un épisode magmatique important à l’échelle des socles anté-alpins.



**Figure 3.** Diagramme Concordia. La fraction abrasée (15 C1) est en grisé.

**Figure 3.** Concordia diagram. Shaded ellipse corresponds to an abraded fraction (15 C1).

Les unités de socle du domaine Briançonnais sont variées, tant par leur lithologie que par l’ampleur de leur réactivation alpine. Seuls de rares indices d’événements hercyniens ont été jusqu’à présent mis en évidence : âges <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de 340–360 Ma de phengites d’Ambin [25], âge U–Pb de 330 ± 2 Ma (2 σ) de monazites de métapélites du mont Mort [8], âge U–Pb de 356 ± 4 Ma (SHRIMP — 1 σ) de zircons des métagranodiorites de Cogne [21]. En revanche, les études récentes ont montré l’abondance des âges compris entre 450 Ma et 520 Ma. Schaltegger et Gebauer [29] suggèrent que ces âges, connus aussi bien dans le domaine helvétique que dans l’Austro-Alpin et les Alpes du Sud, correspondent à un cycle orogénique complet d’âge Ordovicien,

puisque les âges obtenus correspondent aussi bien à du matériel intrusif qu'à des âges de métamorphisme et d'anatexis [5, 15, 28] et d'ophiolites [24]. Des âges voisins ont aussi été obtenus en domaine piémontais (ortho-gneiss de Punta Muret, Dora Maira [6]) et dans les gneiss du Sapey, équivalent probable du Ruitor [21].

La plupart des orthogneiss d'âge compris entre 450 et 500 Ma, connus dans la chaîne Varisque en dehors des Alpes, correspondent à du matériel alcalin d'origine extensionnelle (voir références in [26]). C'est peut-être aussi le cas de la plupart des roches d'origine magmati-

que du domaine Briançonnais. Ainsi, en attendant une meilleure caractérisation de l'hypothétique événement orogénique « Sud-Calédonien », l'anté-Alpin briançonnais se différencie surtout du Cristallin externe et du Massif central par la rareté des manifestations plutoniques et métamorphiques varisques. Il correspondrait donc à un domaine externe, méridional, de la chaîne Varisque européenne, déplacé vers le nord, à l'est du front Pennique, au cours d'un stade précoce du cycle orogénique alpin [31].

**Remerciements.** Cette note constitue la contribution n° 87 au programme GeoFrance3D-Alpes (CNRS/Insu-BRGM-MENSR).

## Références

- [1] Amstutz A., Notice pour une carte géologique de la vallée de Cogne et de quelques autres espaces au sud d'Aoste, Archives des Sciences, Société de physique et d'histoire naturelle de Genève 15 (1962) 1–104.
- [2] Baudin T., Étude géologique du massif du Ruitor (Alpes franco-italiennes) : évolution structurale d'un socle briançonnais, thèse, université de Grenoble, France, 1987, 259 p.
- [3] Bertrand J.-M., Leterrier J., Granitoïdes d'âge Paléozoïque inférieur dans le socle de Vanoise méridionale : géochronologie U–Pb du métagranite de l'Arpont (Alpes de Savoie, France), C. R. Acad. Sci. Paris, série IIa 325 (1998) 839–844.
- [4] Beucler M., Les granophyres du mont Pourri, position lithostratigraphique et pétrologie, Diplôme géologie-minéralogie, université de Lausanne, Suisse, 1995, 132 p.
- [5] Bussy F., Von Raumer J.F., U–Pb dating of Paleozoic events in the Mont Blanc crystalline massif, Western Alps, Terra abstracts 5 (Suppl. 1) (1993) 382–383.
- [6] Bussy F., Cadoppi P., U Pb zircon dating of granitoids from the Dora–Maira massif (western Italian Alps), Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 76 (1996) 217–233.
- [7] Bussy F., Derron M.H., Jacquod J., Sartori M., Thélin P., The 500 Ma-old Thyon metagranite: a new A-type granite occurrence in the Penninic realm (Western Alps, Wallis, Switzerland), Eur. J. Mineral. 8 (1996) 565–575.
- [8] Bussy F., Sartori M., Thélin P., U–Pb zircon dating in the middle Penninic basement of the Western Alps (Valais, Switzerland), Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 76 (1996) 81–84.
- [9] Butler R.W.H., Freeman S., Can crustal extension be distinguished from thrusting in the internal parts of mountain belts? A case history of the Entrelor shear zone, Western Alps, J. Struct. Geol. 18 (1996) 909–924.
- [10] Caby R., Contribution à l'étude structurale des Alpes occidentales : subdivisions stratigraphiques et structure de la zone du Grand-Saint-Bernard dans la partie sud du val d'Aoste (Italie), Travaux Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Grenoble, France 44 (1968) 95–111.
- [11] Cosma L., Géologie et magmatisme paléozoïque en Vanoise septentrionale (La Sauvire, Plan Richard). Implications géodynamiques, Diplôme géologie-minéralogie, université de Lausanne, Suisse, 1999, 117 p.
- [12] Debelmas J., Caby R. (+ coll. : Antoine P., Elter G., Elter P., Govi M., Fabre J., Baudin T., Marion R., Jaillard E., Mercier D., Guillot F.), feuille Sainte-Foy–Tarentaise, Carte géologique de la France (1:50 000), BRGM, Orléans, 1991, 728, notice 43 p.
- [13] Ellenberger F., Étude géologique du pays de Vanoise, Mémoire Carte géol. France, 1958, 561 p.
- [14] Freeman S.R., Inger S., Butler R.W.H., Cliff R.A., Dating deformation using Rb–Sr in white mica: greenschist facies deformation from the Entrelor shear zone, Italian Alps, Tectonics 16 (1997) 57–76.
- [15] Gebauer D., Von Quadt A., Compston W., Williams L.S., Grünfelder M., Archean zircons in a retrograded Caledonian eclogite of the Gotthard Massif (Central Alps, Switzerland), Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 76 (1988) 485–490.
- [16] Gouffon Y., Géologie de la nappe du Grand-Saint-Bernard entre la Doire Baitée et la frontière suisse (Vallée d'Aoste, Italie), Mémoires de Géologie, Lausanne, 12, 1993, 147 p.
- [17] Gouffon Y., Burri M., Les nappes des Pontis, de Siviez–Mischabel et du mont Fort dans les vallées de Hagnes, d'Entremont (Valais, Suisse) et d'Aoste (Italie), Eclogae Geol. Helv. 90 (1997) 29–41.
- [18] Guillot F., Géologie de l'Antépennin de Vanoise septentrionale (zone briançonnaise interne, Alpes occidentales, Savoie, France), thèse, université de Lille, France, 1987, 280 p.
- [19] Guillot F., Liégeois J.-P., Fabre J., Des granophyres du Cambrien terminal dans le mont Pourri (Vanoise, zone briançonnaise) : première datation U–Pb sur zircon d'un socle des zones internes des Alpes françaises, C. R. Acad. Sci. Paris, série II 313 (1991) 239–244.
- [20] Guillot F., Desmons J., Ploquin A., Lithostratigraphy and geochemical composition of the Mont Pourri volcanic basement, Middle Penninic W–Alpine zone, France, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 73 (1993) 319–334.
- [21] Guillot F., Bertrand J.-M., Pidgeon R.T., Leterrier J., Gattiglio M., Géochronologie U–Pb SHRIMP et IDTIMS de zircons des zones internes des Alpes occidentales, 17<sup>e</sup> Réunion des sciences de la Terre, Brest, France, 1998, résumés, p. 124.
- [22] La Roche H. de, Leterrier J., Grandclaude P., Marchal M., A classification of volcanic and plutonic rocks using R1–R2 diagram and major element analysis — its relationships with current nomenclature, Chem. Geol. 29 (1980) 183–210.
- [23] Ludwig K.R., User's manual for Isoplot/Ex version 2. 10, Berkeley Geochronology Center, Spec. Publ., 1a, 1999, 49 p.
- [24] Ménot R.-P., Peucat J.-J., Scarenzi D., Piboule M., 496 Ma age of plagiogranites in the Chamrousse ophiolite complex (external crystalline massifs in the French Alps): evidence of a Lower Paleozoic oceanization, Earth Planet. Sci. Lett. 39 (1988) 98–708.
- [25] Monié P., Preservation of Hercynian <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ages through high-pressure low-temperature Alpine metamorphism in the western Alps, Eur. J. Mineral. 2 (1990) 343–361.
- [26] Pin C., Marini F., Early Ordovician continental break-up in Variscan Europe: Nd–Sr isotope and trace element evidence for bimodal igneous associations of the southern Massif Central, France, Lithos 29 (1993) 177–196.
- [27] Pupin J.-P., Zircon and granite petrology, Contrib. Mineral. Petrol. 73 (1980) 207–220.
- [28] Schaltegger U., The evolution of the polymetamorphic basement in the Central Alps unravelled by precise U–Pb zircon dating, Contrib. Mineral. Petrol. 113 (1993) 466–478.
- [29] Schaltegger U., Gebauer D., Pre-alpine geochronology of the Central, Western and Southern Alps, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 79 (1999) 79–87.
- [30] Stacey J.S., Kramers J.D., Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model, Earth Planet. Sci. Lett. 26 (1975) 207–221.
- [31] Stampfli G.M., The Intra–Alpine terrane: a Paleotethyan remnant of the Alpine Variscides, Eclogae Geol. Helv. 89 (1996) 13–42.