

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 67 (1958-1961)
Heft: 303

Artikel: L'âge du massif de Traversella (Piémont, Italie) par la méthode des "dommages dus à la radioactivité"
Autor: Chessex, Ronald / Vuagnat, Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-275110>

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: 03.07.2025

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

L'âge du massif de Traversella (Piémont, Italie) par la méthode des „dommages dus à la radioactivité“

PAR

RONALD CHESSEX ET MARC VUAGNAT

I. INTRODUCTION.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'un projet de géochronométrie dirigé par MM. les Professeurs M. GYSIN et M. VUAGNAT. Ces recherches ont été subventionnées par la Commission atomique du Fonds national suisse pour la recherche scientifique.

Les déterminations d'âge absolu ont été faites durant l'hiver 1958-1959 à l'Université de Princeton (New Jersey, USA), sous la direction du Professeur H. D. HOLLAND, qui a lui-même mis au point cette méthode.

Nous gardons une grande dette de reconnaissance envers H. D. HOLLAND pour son accueil chaleureux, son aide et l'intérêt constant qu'il a porté à nos recherches.

L'Université de Rutgers, à New Brunswick (New Jersey), a mis son laboratoire de séparation des minéraux à notre disposition. Nous remercions M. LODDING, Directeur de ce laboratoire, pour son obligeance et ses conseils.

Ce sont MM. P. MERCIER et F. DE MONTMOLLIN, de l'Université de Lausanne, qui ont procédé à la récolte des échantillons sur le terrain.

II. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.

Le massif dioritique de Traversella est situé dans la province de Turin (Italie du N), à la limite S des Alpes piémontaises, à environ 11 km au NW de la ville d'Ivrée. Il forme le versant E de la vallée de Chiusello, entre les villages de Traversella au N et Vico au S. Sa longueur est de 4,5 km, sa largeur maxima de 2 km et sa superficie d'environ 8 km². Son elongation est NW-SE.

Aux environs de Gias del Gallo, au N du pluton, il y a plusieurs petits stocks de diorite quartzique, de même composition que la masse principale, et qui en sont probablement des apophyses.

III. APERÇU GÉOLOGIQUE.

Le massif de Traversella fait partie d'un cortège de batholites jalonnant le bord S des Alpes. Les principaux plutons de la partie W des Alpes du S, qui forment la province périadriatique de P. NIGGLI (1922), sont, de l'E à l'W : Adamello, Bergell, Baveno, Biella et Traversella.

Du point de vue tectonique, ce dernier est localisé dans la zone de Sesia-Lanzo, ou zone des racines de la nappe de la Dent Blanche, qui, à cet endroit, a une largeur d'environ 20 km. Les principales roches constituant cette zone sont des micaschistes et des gneiss d'âge antéalpin. On y trouve également, en quantités subordonnées, des lentilles et masses d'éclogites, de schistes à glaucophane et de roches calcaires.

La direction des roches encaissantes est E-W à NE-SW, avec des déviations locales de direction et pendage au voisinage de l'intrusion, qui coupe donc obliquement la direction des roches encaissantes. En bordure du massif, la direction des roches métamorphiques épouse celle de l'intrusion. Le plongement des schistes se fait généralement en direction de la roche ignée.

IV. AGE GÉOLOGIQUE DE L'INTRUSION.

Il n'existe pas de preuve directe et irréfutable de l'âge géologique du massif, car on n'observe pas de contact avec des formations plus jeunes que les roches métamorphiques non datées, mais très probablement antétriasiques.

Toutefois, l'âge alpin de la diorite de Traversella n'a jamais été mis en doute. NOVARESE (1933) pense que l'activité ignée est légèrement postérieure à l'Oligocène moyen, moment du déferlement des nappes penniques vers le N. Ses arguments sont les suivants :

- a) La roche éruptive coupe obliquement les roches encaissantes.
- b) Absence de mylonitisation et cataclase alpines.
- c) Consanguinité évidente avec des intrusions certainement alpines ou post-alpines.

Mentionnons cependant que le granite de Baveno, nettement distinct chimiquement des roches des autres massifs (plus acide), et situé dans une zone plus méridionale (zone de Strona), n'est pas post-alpin, comme certains le supposaient, puisque des déterminations d'âge absolu par les méthodes K/A et Rb/Sr ont livré des âges respectifs d'environ 270 et 290 millions d'années (JAEGER et FAUL, 1959).

Cet exemple suffit à nous démontrer l'utilité de la géochronométrie en tant que complément aux études géologiques et pétrographiques classiques.

V. PÉTROGRAPHIE.

La composition chimique de la roche formant la plus grande partie du massif de Traversella se situe entre celles d'une diorite et d'une monzonite quartziques. Les échantillons TV 2 et TV 3, appelés respectivement diorite de Traversella et diorite de Vico, ont en fait une telle composition. L'échantillon TV 1, ou syénite de Traversella, est une monzonite quartzique.

On distingue aussi un type dépourvu de quartz, mais sa distribution est fort limitée. Il y a également quelques affleurements de roches hypabyssales : porphyrites à hornblende et biotite, minettes.

Les minéraux principaux des roches étudiées sont :

Plagioclase. — Il est riche en macles qui se superposent souvent au zonage et ont tendance à l'effacer. La composition des cristaux zonés peut varier entre le labrador, au centre, et l'albite, en bordure. La composition moyenne est environ $Ab_{65}An_{35}$ (andésine). Les individus sont souvent idiomorphes, donnant à la roche une texture hypidiomorphe grenue typique.

Feldspath alcalin. — L'orthose, qui est le seul feldspath alcalin, est parfois faiblement perthitique. Elle est nettement postérieure au plagioclase qu'elle corrode. D'ailleurs, tous les minéraux, sauf le quartz, peuvent être englobés dans de grandes plages d'orthose xénomorphe.

Quartz. — Ce minéral, toujours xénomorphe, est le dernier à avoir cristallisé. Il remplit les interstices et envahit les autres minéraux. Ses extinctions sont généralement franches.

Biotite et hornblende verte. — Ces deux minéraux coexistent toujours en proportions relativement égales. Un fait intéressant à noter est que la biotite semble généralement être antérieure à l'amphibole, ce qui est contraire à l'ordre de cristallisation habituel de ces minéraux dans les roches ignées. Ceci pourrait être dû, selon KENNEDY (1931), au fait que le magma était relativement riche en matières volatiles.

Les principaux minéraux accessoires sont la magnétite, le sphène, l'apatite et le zircon, ce dernier nettement moins abondant que les précédents.

Ces roches sont fraîches, mais montrent néanmoins un début de chloritisation de la biotite et de la hornblende et une séricitisation peu avancée du plagioclase.

VI. EXAMEN DES ZIRCONS.

La détermination de l'âge absolu de la roche se faisant au moyen du minéral zircon ($ZrSiO_4$), il est nécessaire d'étudier ce minéral

afin d'en déterminer les principaux caractères optiques et morphologiques. Cet examen, sous la loupe binoculaire et le microscope polarisant, nous permet également de contrôler l'homogénéité du concentré. D'autre part, des conclusions concernant l'origine de la roche pourront être tirées dans certains cas.

Les zircons concentrés à partir des trois roches étudiées forment un ensemble très homogène. La proportion de cristaux idiomorphes est nettement prédominante. Les individus à grand allongement (rapport longueur/largeur plus grand que 3) ont toujours un habitus simple. Le développement de faces complexes est plus marqué dans les cristaux trapus (rapport longueur/largeur plus petit que 2). Plus de 50 % des cristaux ont un allongement compris entre 2 et 3.

Il n'y a pas, ou très peu, de zircons montrant des excroissances ou des enveloppes entourant un noyau de zircon roulé préexistant, caractères qui sont fréquents dans les roches résultant du métamorphisme et de la granitisation de sédiments.

Plus de la moitié des grains sont jaune très clair et assez limpides. Il y a aussi une fraction importante de cristaux tout à fait incolores. Quelques-uns sont bruns à brun rouge. Tous ces cristaux sont riches en inclusions de différente nature. Une grande partie des inclusions solides sont petites et opaques et sont probablement une des causes de la radioactivité relativement élevée de ces zircons.

VII. SÉPARATION ET CONCENTRATION DES ZIRCONS.

Comme, dans les roches ignées, le zircon se présente en grains ne dépassant généralement pas quelques centaines de microns, sa séparation et sa concentration posent certains problèmes.

Ces opérations ont été effectuées par les méthodes classiques. L'expérience a prouvé que l'obtention d'1 ou 2 grammes de zircon, à partir de roches éruptives de composition dioritique à granitique, nécessitait le broyage d'environ 5 à 25 kg de roche. Leur teneur en Zr est généralement comprise entre 0,01 et 0,1 %.

Les fragments, ne dépassant pas quelques cm de diamètre, sont tout d'abord passés dans un concasseur à mâchoires, puis dans un broyeur à rouleaux ou à disques. Le matériel, après chaque broyage, est passé à travers un tamis vibrant. Seule la fraction comprise entre 100 mesh (0,15 mm) et 250 mesh (0,060 mm), dans laquelle se trouve la plus grande partie des zircons, est conservée. Ce sable est ensuite conduit sur une table à secousses qui livre un concentré impur de minéraux lourds.

Après élimination de la magnétite au moyen d'un aimant, ce concentré est traité par une liqueur lourde (tétrabrométhane, densité = 2,96 ou bromoforme, densité = 2,87). La séparation entre

minéraux lourds et minéraux légers est un peu plus nette avec le premier de ces liquides, mais plus lente, car la viscosité du tétra-brométhane est plus élevée que celle du bromoforme.

Un séparateur électromagnétique est ensuite utilisé pour éliminer tous les minéraux dont la susceptibilité magnétique est plus élevée que celle du zircon. S'il reste de l'apatite ou de la pyrite, un traitement par un acide sera nécessaire.

Pour terminer, un contrôle sous le binoculaire indiquera, s'il y a lieu, de répéter certaines opérations qui permettront d'éliminer les impuretés restantes.

VIII. LA MÉTHODE.

Les radiations émises par les noyaux radioactifs ont le pouvoir d'endommager les structures de certains minéraux qui les contiennent, provoquant ainsi des changements de propriétés physiques. L'étude quantitative de ces altérations est à la base de diverses méthodes de détermination d'âge que l'on peut subdiviser en deux groupes principaux :

- a) Celles reposant sur le phénomène de l'ionisation (déplacements d'électrons) causée par les rayonnements alpha, beta et gamma d'origine radioactive. Dans ce groupe entrent les méthodes des halos pléochroïques et de la thermoluminescence.
- b) Celles basées sur les changements de propriétés physiques dus aux déplacements d'atomes, sous l'effet des particules alpha et des noyaux de recul associés, pouvant conduire finalement à la formation de l'état métamictite dans le minéral. La méthode employée dans cette étude entre dans cette catégorie.

Le terme métamictite a été introduit par le minéralogiste norvégien BROEGGER, en 1893, afin de distinguer des substances primitivement cristallines, mais ayant été ultérieurement transformées, sans changement de la forme du cristal, en matériel amorphe. Cette destruction progressive de la structure s'accompagne de variations des principales propriétés physiques : densité, dureté, réfringence et biréfringence.

L'évaluation du degré de métamictisation peut se faire par la détermination des variations de certaines de ces propriétés. Les recherches effectuées à ce jour ont prouvé que c'était l'examen de la substance par les rayons X qui était le procédé le plus sensible et précis pour suivre les progrès de la destruction de la structure. C'est de ce procédé qu'il a été fait usage pour l'analyse des zircons de Traversella.

Ce sont HOLLAND et KULP (1950) qui, les premiers, ont suggéré que la mesure de la grandeur du dommage de la structure, sous l'action des particules alpha émises par les atomes d'U et de Th conte-

nus dans le minéral, pourrait être à la base d'une méthode de détermination d'âge absolu.

HURLEY et FAIRBAIRN (1953) firent des mesures, au moyen des rayons X, en vue d'établir une relation liant le taux d'irradiation à la désorganisation de la structure du zircon, mesurée par le déplacement de la réflexion (112).

HOLLAND et GOTTFRIED (1955), en étudiant une collection de zircons de Ceylan, d'âge connu (550 millions d'années; valeur obtenue par les méthodes isotopiques Pb^{206}/U^{238} , Pb^{207}/U^{235} , Pb^{207}/Pb^{206} et Pb^{208}/Th^{232} sur les mêmes zircons), trouvèrent que la variation de c_0 (hauteur de la maille élémentaire, coïncidant avec l'axe quaternaire du cristal), était proportionnelle à la dose d'irradiation (mesurée en désintégrations alpha par mg) subie par le minéral depuis sa cristallisation. Cette relation, linéaire, n'est valable que si cette dose ne dépasse pas une valeur d'environ 350×10^{13} alpha/mg (fig. 1).

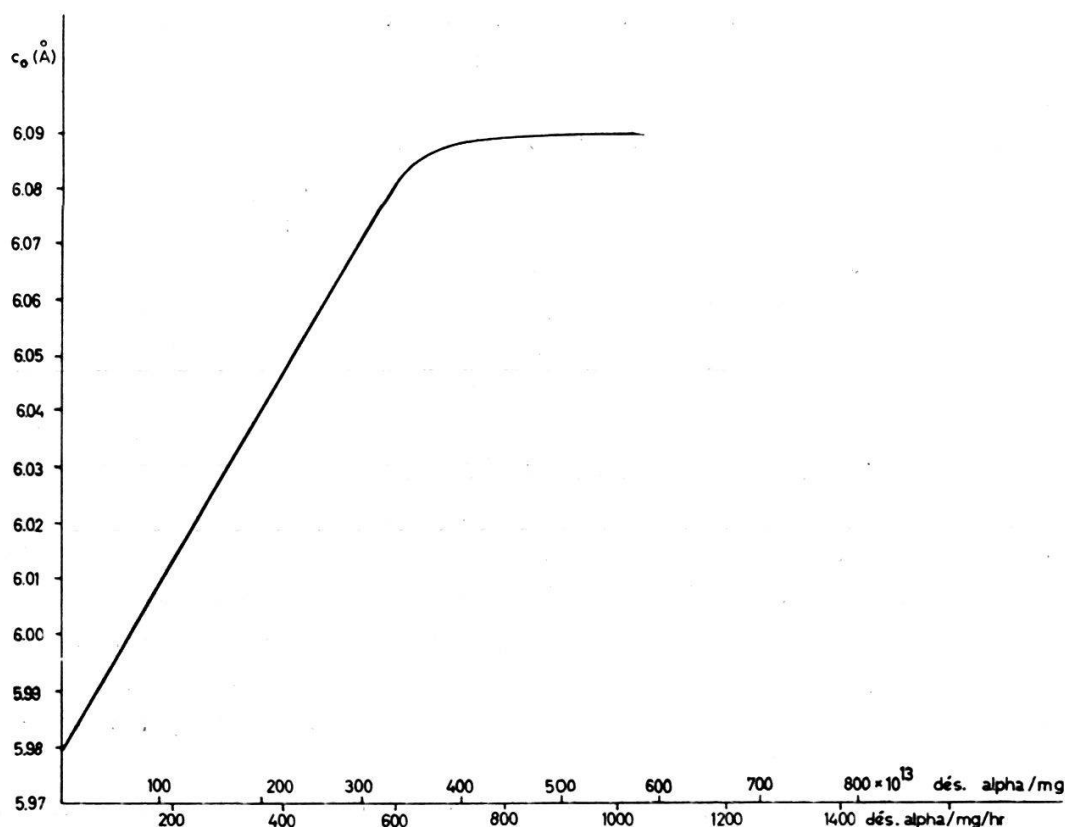


FIG. 1. — Relation liant c_0 au taux d'irradiation (en désintégrations alpha/mg) et à l'activité spécifique alpha (en désintégrations alpha/mg/heure) pour les zircons de Ceylan âgés de 550 millions d'années.

Au delà de cette limite, le pourcentage des atomes ayant quitté leur position réticulaire normale doit dépasser la valeur de 10 %. Un cristal de zircon n'est vraiment métamicté (diffractogramme X analogue à celui de matière amorphe) que si plus de 20 % des atomes ont été déplacés (PELLAS, 1954).

L'âge d'un zircon inconnu est donné par la relation $t = \frac{D}{d} \times c$

où

t = âge du zircon, en millions d'années.

D = taux d'irradiation, en désintégrations alpha/mg. Cette valeur est déterminée au moyen de la relation établie par HOLLAND et GOTTFRIED (fig. 1).

d = activité spécifique alpha du zircon, mesurée en désintégrations alpha/mg/million d'années. Cette valeur est donc une mesure de la radioactivité de l'échantillon.

c = facteur dépendant de D/d et de Th/U .

Pour que la méthode soit valable, il est nécessaire que les conditions suivantes soient réalisées :

- a) La transition du zircon de l'état cristallin à l'état métamictique n'est fonction que de la dose d'irradiation causée par la désintégration des éléments radioactifs contenus dans le minéral depuis sa cristallisation.
- b) La valeur c_0 du zircon étudié doit être la même, à l'origine, que celle du zircon type, non endommagé ($c_0 = 5,9797 A$), provenant de Ceylan.
- c) La relation liant le taux d'irradiation au dommage causé à la structure du zircon d'âge inconnu doit être identique à celle établie par HOLLAND et GOTTFRIED au moyen des zircons de Ceylan.
- d) Après la cristallisation, il ne doit y avoir eu aucun changement de nature physique ou chimique, excepté ceux en relation avec la désintégration radioactive de l'U et du Th contenus dans le zircon. Des âges inexacts proviennent souvent du fait que cette dernière condition n'est pas réalisée.

IX. MESURE DE c_0 .

Nous avons mentionné que la mesure de la variation de c_0 au moyen des rayons X était utilisée pour déterminer le degré de désorganisation de la structure cristalline du zircon. Naturellement, la méthode ne s'applique qu'aux zircons qui ne sont pas encore métamictes et pour lesquels la position des lignes de diffraction peut être déterminée avec une exactitude suffisante. Le procédé utilisé dans cette étude a été décrit en détail par HOLLAND et autres (1955).

Les cristaux sont réduits en poudre fine, de même que du silicium servant d'étalon interne. Les deux poudres (environ 5 mg de Si et 10 mg de zircon) sont mises en suspension dans de l'alcool méthylique qu'on laisse évaporer dans une cellule de sédimentation.

Puis on détermine la position des pics correspondant aux réflexions (200) et (112) du zircon et (111) du Si, cette dernière réflexion ayant pour valeur $2\theta = 28,447^\circ$.

Chaque mesure est répétée 5 à 8 fois, suivant la qualité des pics mesurés. La moyenne des différences obtenues sur deux préparations de matériel identique est généralement inférieure à 0,003°, et c_0 peut être déterminé à $\pm 0,0005$ Å près.

X. MESURE DE L'ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE ALPHA.

C'est au moyen d'un compteur à scintillations que l'activité spécifique alpha des zircons a été déterminée. Nous avons utilisé le même assemblage que celui décrit par KULP, HOLLAND et VOLCHOK (1952).

Cet assemblage se compose tout d'abord d'une sonde comprenant un tube photomultiplicateur, sur la surface sensitive duquel on applique un *phosphor* (ZnS activé à l'Ag) produisant les scintillations lumineuses. Le tube, dont la fonction est de convertir l'énergie radiante en un courant électrique et de l'amplifier, est relié à une échelle, ou démultiplicateur électronique, qui permet de n'enregistrer mécaniquement qu'une fraction des impulsions électriques qui lui sont transmises par le tube.

Une prise d'une centaine de mg de poudre de zircon, formant une source épaisse (équivalant à une épaisseur infinie) est introduite dans un récipient de diamètre déterminé (environ 1 cm), qui est alors placé à quelques mm du *phosphor*. Une surface très régulière de la poudre est obtenue par sédimentation dans de l'alcool méthylique.

Les échantillons sont placés sous le tube photomultiplicateur pendant une durée de 10 à 20 heures environ, cette durée dépendant de l'activité du minéral et de l'erreur probable tolérable (1 à 2 %). Le mouvement propre (*background*) est contrôlé entre chaque mesure.

L'activité spécifique, exprimée en désintégrations alpha/mg/heure, s'obtient par comparaison avec des étalons de même nature (ZrSiO_4), placés dans des conditions identiques et dont on connaît exactement les teneurs en U et Th.

La majorité des zircons contient entre 100 et 5000 ppm (parties par million, en poids) d'U, 50 et 4000 ppm de Th, le rapport Th/U étant généralement compris entre 0,2 et 1. Mentionnons que l'étalon utilisé contient 450 ppm d'U et 400 ppm de Th, ce qui correspond à une activité spécifique de 204 alpha/mg/h.

Nous savons que les granites ont des teneurs variant le plus souvent entre les valeurs suivantes : Th = 10-15 ppm, U = 3-4 ppm, Th/U = 3-4. Il y a donc un net enrichissement en éléments radioac-

tifs dans le zircon, comme dans d'autres minéraux accessoires des roches ignées (sphène, allanite, apatite, monazite, xénotime). Ces minéraux accessoires contiennent généralement plus de 50 % de l'U et du Th contenus dans la roche, tandis que leur proportion pondérale ne dépasse pas 1 %.

Des activités spécifiques alpha de l'ordre de celles des zircons (quelques dizaines à quelques milliers d'alpha/mg/h) sont facilement mesurables au moyen d'un compteur à scintillations.

Nous avons remarqué, comme FAIRBAIRN et HURLEY (1957), que les zircons les plus magnétiques d'un concentré avaient toujours des activités spécifiques alpha plus élevées que ceux restant dans la fraction non magnétique. On note aussi des différences d'activité suivant les dimensions des cristaux, c'est-à-dire qu'il y a généralement une tendance à l'accroissement de la radioactivité avec la diminution du grain. On remarque aussi souvent une légère diminution de la radioactivité par traitement du zircon par un acide (HCl, HNO₃, eau régale), probablement due à l'élimination d'impuretés radioactives (minéraux secondaires d'U, par exemple) accolées ou en enduit sur les grains.

IX. CAUSES D'ERREUR.

Avant d'examiner les résultats obtenus, jetons encore un coup d'œil sur quelques-unes des principales causes d'erreur inhérentes à la méthode.

Nous n'insisterons pas sur les erreurs d'ordre expérimental. Naturellement, il faut que les teneurs en U et Th des zircons étalons soient connues avec exactitude. Il faut également pouvoir estimer la grandeur du dommage avec une grande précision, spécialement lorsque cette valeur est faible.

On conçoit facilement que la méthode ne sera applicable qu'aux roches cristallines livrant des concentrés homogènes de zircon. En effet, l'âge de zircons d'une roche métamorphique résultant de la transformation d'une roche contenant déjà des zircons, ne sera généralement pas celui de l'époque du métamorphisme. Il y aura un mélange de plusieurs variétés de zircon, ce qui faussera naturellement les résultats.

Souvent, la méthode donne des âges qui sont en dessous de la réalité, spécialement dans le cas de roches ayant subi, postérieurement à leur cristallisation, des effets de métamorphisme qui se traduisent, entre autres, par le réchauffement des roches. Or, si des minéraux en voie de métamictisation sont chauffés à une température suffisante, ils recouvrent progressivement leur structure cristalline primitive, c'est-à-dire que les atomes déplacés ayant reçu une certaine quantité d'énergie, retourneront dans leur position nor-

male. Dans ce phénomène réside certainement la principale cause d'erreur fondamentale, et c'est pourquoi on trouve souvent, dans les massifs cristallins ayant subi les effets de plusieurs orogénèses (massifs du Mont-Blanc et de l'Aar, par exemple), des âges trop jeunes.

Des expériences ont prouvé que les températures atteintes pendant les périodes de métamorphisme, généralement comprises entre 250° et 750° C, étaient suffisantes pour qu'il y ait eu un effacement notable du dommage causé à la structure.

Naturellement, ce n'est que si cet effacement a été complet que l'âge déterminé sera celui de la dernière période de réchauffement ayant affecté la roche. Or, les températures susmentionnées ne sont fort probablement pas suffisantes pour causer une cicatrisation complète du dommage.

XII. RÉSULTATS.

Echantillon	Activité (en alpha/mg h)	c_0 (en Å)	Age (en millions d'années)
TV 1 Monzonite quartzique	587	5,9836	26 $\pm$ 3
TV 2 Diorite quartzique	1450	5,9914	31 $\pm$ 4
TV 3 Diorite quartzique	1050	5,9874	29 $\pm$ 4

Les trois âges déterminés sont concordants, ce qui nous permet, pour discuter ces résultats, de partir d'une base solide, ceci d'autant plus que, comme nous le verrons, ils sont confirmés par une autre méthode.

Au premier abord, il peut sembler normal que la roche la plus acide, TV 1, livre l'âge le plus faible. Toutefois, les marges d'erreur expérimentale prouvent qu'il ne faut pas attacher trop d'importance à cette différence, d'autant plus qu'on n'observe pas dans le massif de différenciation marquée. Il est en fait probable que ces trois roches ont le même âge, à environ 1 million d'années près.

Admettant que la méthode donne un âge minimum, l'époque de la cristallisation du massif de Traversella n'est certainement pas plus récente et doit être voisine de 31 millions d'années. Cette valeur est d'ailleurs confirmée par les déterminations effectuées à l'Université de Berkeley (Californie) par notre collaborateur D. KRUMMENACHER sur les biotites des échantillons TV 1 et TV 2 par la méthode A^{40}/K^{40} (KRUMMENACHER et EVERNDEN, 1960). Les âges trouvés sont identiques pour les deux biotites : 31 $\pm$ 1 millions d'années.

Cette confirmation donne la preuve de la validité de la méthode des dommages dus à la radioactivité et prouve également que ces roches n'ont pas subi de réchauffement postérieurement à leur cris-

tallisation. En effet, la méthode A^{40}/K^{40} est aussi sensible, quoique dans une mesure moindre que la méthode physique, aux élévations de température qui permettent à l' A^{40} radiogénique, gazeux, de diffuser dans les structures et, par conséquent, de s'échapper. Il y aura donc dans ce cas, défaut d'A, et les âges trouvés seront également en dessous de la réalité.

Si l'on veut placer le massif de Traversella dans une période géologique déterminée, il faut naturellement être en possession d'une échelle valable des temps absolus. Actuellement, on s'accorde à placer la base de l'Oligocène il y a environ 38 millions d'années et la limite Oligocène-Miocène il y a 26 millions d'années. Il s'ensuit donc que les roches déterminées se sont probablement mises en place au sommet de l'Oligocène moyen, pour autant que l'échelle adoptée soit exacte. On constate que cet âge est très proche de celui supposé par NOVARESE (1933).

Il semble donc bien que l'intrusion soit immédiatement postérieure au paroxysme alpin (déferlement des nappes penniques vers le N) auquel on attribue un âge Oligocène moyen. Comme des mouvements importants se sont continués après l'Oligocène, la dénomination de granites post-alpins appliquée aux massifs de roches éruptives des Alpes du S n'est pas tout à fait exacte. Le massif de Traversella étant toutefois de caractère nettement post-tectonique, il est probable que, dans la zone de Sesia-Lanzo, les mouvements tectoniques importants ont cessé assez tôt.

D'autres déterminations d'âge absolu nous aideront certainement à préciser les relations entre ces différents massifs ainsi que leurs rapports avec les phases orogéniques ou les orogènes anté-alpins.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.

- BROEGGER W. C. 1893. — Amorf : Salmonsens store illustrerede Konversationlexicon, 742-743. (Abstr. in *Z. Krist.* 25, 1896, 427-428).
- FAIRBAIRN H. W. 1955. — Concentration of heavy accessories from large rocks samples. *Amer. Miner.* 40, 458-468.
- et HURLEY P. M. 1957. — Radiation damage in zircon and its relation to ages of Paleozoic igneous rocks in northern New England and adjacent Canada. *Trans. Amer. Geoph. Union* 38, 99-107.
- FRONDEL C. 1953. — Hydroxyl substitution in thorite and zircon. *Amer. Miner.* 38, 1007-1018.
- et COLETTE R. L. 1957. — Hydrothermal synthesis of zircon, thorite and huttonite. *Amer. Miner.* 42, 759-765.
- HOLLAND H. D. 1955. — Age determinations based on radiation damage measurements in zircon. *Techn. Rep. 3 to Office of Naval Research*, Princeton Univ.

- HOLLAND H. D. et KULP L. J. 1950. Geologic age from metamict minerals. *Science* 111, 312-320.
- et autres, 1955. — A new method for mounting samples for powder X-Ray spectrometry. *Amer. Miner.* 40, 761-767.
- et GOTTFRIED D. 1955. — The effect of nuclear radiation on the structure of zircon. *Acta Cryst.* 8, 291-300.
- HURLEY P. M. et FAIRBAIRN H. W. 1953. — Radiation damage in zircon : a possible age method. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 64, 659-673.
- JAEGER E. et FAUL H. 1959. — Age measurements on some granite and gneisses from the Alps. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 70, 1553-1558.
- KENNEDY W. Q. 1931. — The igneous rocks, pyrometasomatism and ore deposition at Traversella, Piedmont, Italy. *Bull. suisse Minér. Pétrogr.* 11, 76-139.
- KOUVO O. 1958. — Radioactive age of some finnish precambrian minerals. *Bull. Comm. géol. Finlande* 182.
- KRUMMENACHER D. et EVERNDEN J. F. 1960. — *Bull. suisse Minér. Pétrogr.* 40 (sous presse).
- KULP L. J., HOLLAND H. D. et VOLCHOK H. L. 1952. — Scintillation alpha counting of rocks minerals. *Trans. Amer. Geoph. Union* 33, 101.
- VOLCHOK H. L. et HOLLAND H. D. 1952. — Age from metamict minerals. *Amer. Miner.* 37, 709-718.
- NIGGLI P. 1922. — Der Tavcyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge. *Bull. suisse Minér. Pétrogr.* 2, 169-275.
- NOVARESE V. 1933. — L'età del granito del Lago Maggiore. *Bol. del R. Uff. geol. Italia* 58, 1-32.
- PABST A. 1952. — The metamict state. *Amer. Miner.* 37, 137-157.
- PELLAS P. 1954. — Sur la formation de l'état métamicté dans le zircon. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* 77, 447-460.
- POLDERVAART A. 1956. — Zircon in rocks. 2. Igneous rocks. *Amer. J. Sc.* 254, 521-554.

Manuscrit reçu le 12 octobre 1960.

ERATĂ

Pag.	Rîndul	În loc de :	Se va citi :	Din vina :
Sommaire pag. 3	18	dimenthylique	diméthyllique	Autorului
"	23	chamote	chamotte	"
"	33	sistèm	système	"
65	9 de jos	potențional	potențial	"
89	11 de jos	au ajutorul	cu ajutorul	"
94	22 de jos	exprmiare	exprimare	"
97	9 de sus	amic	mic	"
110	5 de sus	σ_{10-30} kgf/mm	σ_{10-30} kgf/mm ²	"
110	4 de jos	σ_{5-10}	σ_{5-30}	"
111	1 de sus (Tab. 4)	kgf/mm ²	σ_{5-30} kgf/mm ²	"
112	2 de sus (Tab. 5)	kgf/mm ²	σ kgf/mm ²	"
137	9	caractéristique	caractéristiques	"
169	9 de jos	continuu	continu	"
197	2 de jos	$S_{\delta} =$	$S_{\delta} =$	"
199	12 de jos	синтезирования	симметризации	"
233	2 de jos	сомоставления	сопоставления	"
248	13	fleèche	flèche	"
341	14 de sus	acetaldehică	acetaldehidă	"
368	9	ajontant	ajoutant	"
392	19 de sus	A. Schleicher	A. Schleicher	"
394	9	à électrodes	aux électrodes	"
394	8	de électrogravimétrie	d'électrogravimétrie	"
394	7 de jos	Geloso	Geloso	Tipografiei
399	2	système	système	Autorului
"	6	système	système	"
"	7	des bons	de bons	"
"	7	rezultats	résultats	"
"	9	compozition	composition	"

În Tom 4 (18).1959, articolul tov. prof. O. E. Gheorghiu: Asupra unor sisteme de ecuații funcționale matriciale, p. 13 rîndul 11 de sus în loc de „un singur argument“ se va citi „un singur argument real și pozitiv“.

Buletinul științific și tehnic Tom 5 (19) — 1960.