

RONALD CHESSEX, MICHEL DELALOYE et MARC VUAGNAT

## SUR L'ÂGE DE QUELQUES ZIRCONS DES ALPES DU SUD ET DE L'APENNIN

Les quelques résultats que nous présentons dans cette note paraîtront sans doute assez disparates. Ils ont comme lien commun de tous découler de l'étude géochimique et géochronométrique de zircons et de concerner des roches récoltées en Italie. Leur nombre est sans aucun doute insuffisant pour permettre de tirer des conclusions certaines; leur valeur est plutôt dans les questions qu'ils soulèvent, pouvant ainsi servir de base à des hypothèses de travail.

Deux méthodes géochronologiques ont été utilisées. La première est celle du plomb total qui consiste à déterminer l'uranium, le thorium et le plomb contenus dans un concentré de zircons et à établir l'âge de ce minéral en se servant d'une formule appropriée. L'inconvénient majeur de cette technique, qui ne repose pas sur des dosages d'isotopes, provient du fait qu'il est impossible de connaître la quantité de plomb originel, non radiogénique, contenue dans le zircon étudié. Dans le cas des zircons, cette quantité ne dépasse que rarement 10%, toutefois, il est évident que l'âge plomb total sera un âge apparent plus élevé que l'âge réel. Le dosage de Pb, U et Th a été effectué par fluorescence X selon une technique simple décrite ailleurs (BUCHS A., CHESSEX R., KRUMMENACHER D. et VUAGNAT M., 1962). La fluorescence X a l'avantage d'être une méthode analytique rapide donnant des résultats bien reproductibles, toutefois sa sensibilité est inférieure à celle de l'analyse spectrographique optique. Les zircons qui contiennent très peu de plomb soit parce qu'ils sont peu radioactifs, soit parce qu'ils sont très jeunes ne donnent pas de résultats satisfaisants; il en est de même si la quantité du concentré de zircon est insuffisante (moins de 100 mg).

La seconde méthode à laquelle nous avons fait appel est celle des dégâts d'irradiation. On sait que les particules alpha provenant de la désintégration des atomes d'U et de Th contenus, en traces, dans le zircon causent des changements durables dans la structure de ce der-

nier minéral, qui dans les cas extrêmes aboutissent à un état métamicté. L'augmentation de la constante  $c_0$  du réseau est une mesure assez sûre du degré des dégâts. L'importance de ces derniers dépend et de la teneur en U et en Th et du temps d'irradiation c.-à-d. de l'âge du minéral. Une relation assez simple s'appuyant sur une courbe d'étalonnage, obtenue à partir de zircons datés d'une autre manière, permet de déterminer l'âge du zircon lorsqu'on a mesuré très exactement sa constance  $c_0$  (par diffractométrie X) et sa teneur en U et en Th (par fluorescence X) (CHESSEX, R., 1964). Théoriquement, l'âge ainsi obtenu devrait être exact, pratiquement, il n'en est malheureusement pas ainsi car les dégâts infligés à la structure du zircon se cicatrisent assez aisément lors d'un réchauffement, dû, par exemple, à une phase de métamorphisme. De ce fait, on obtient le plus souvent des âges apparents beaucoup trop jeunes; ce n'est que pour certaines intrusions postorogéniques alpines ou apennines, comme celles de Biella, de Traversella ou du Monte Capanne, que les résultats obtenus par la méthode des dégâts d'irradiation concordent avec ceux résultant d'autres techniques. Malgré ce grave inconvénient, il est souvent possible de tirer un certain parti de ces âges rajeunis en les interprétant avec prudence.

Les résultats présentés ici concernent trois groupes de roches: vulcanites acides du Haut Adige et de l'Apennin, granites exotiques de l'Apennin, ségrégations leucocrates liées aux roches vertes apennines.

Le premier groupe est représenté par des échantillons de laves ou d'ignimbrites rhyolitiques à rhyodacitiques tableaux I et II. Trois de ces échantillons proviennent du « bouclier » volcanique permien de Bolzano (Haut-Adige): Zr 115, Zr 346 et Zr 343, ce dernier étant certainement une ignimbrite. On remarquera une assez forte teneur en U + Th (plus de 1000 ppm), mais ce qui est particulièrement intéressant est le fait que dans deux cas l'âge plomb total n'est pas permien mais beaucoup plus élevé (Précambrien supérieur ou limite Précambrien-Cambrien), seul l'échantillon Zr 346 donne un âge permien normal (265 m.a.). Si maintenant nous passons aux âges « dégâts d'irradiation », nous constatons qu'ils sont tous fortement rajeunis, mais que les deux zircons qui ont donné des âges Pb total élevés sont aussi beaucoup plus fortement endommagés que le zircon Zr 346. Il y a là sans doute plus qu'une simple coïncidence.

Les deux autres échantillons de ce groupe proviennent de la province volcanique plio-quadernaire de Toscane. On remarquera que les

deux roches ont une teneur remarquablement élevée en U + Th, dépassant 2500 ppm pour la vulcanite de Roccatederighi, ainsi qu'un rapport Th/U bas. Le fait le plus intéressant à relever est, à nouveau, l'âge plomb total élevé des zircons de l'ignimbrite de San Vincenzo: 245 m.a. soit la fin du Paléozoïque. Le concentré contient du reste une importante quantité de cristaux brun-violacé, couleur souvent révélatrice d'un âge paléozoïque ou plus ancien. La quantité malheureusement trop faible du concentré ne nous a pas permis une détermination par « dégâts d'irradiation ».

L'échantillon de Roccatederighi, en revanche, ne contient pas assez de plomb pour que cet élément apparaisse en fluorescence X; étant donné la forte radioactivité de ces zircons cela laisse supposer qu'ils sont « jeunes » c. - à - d. contemporains de la mise en place de la lave. Cette conclusion est confirmée par l'âge « dégâts d'irradiation » de 6 m. a. qui indiquerait que ces vulcanites sont plus ou moins contemporaines des intrusions granitiques toscanes. Il faut cependant être bien conscient que cet âge de 6 m. a. n'est qu'approximatif du fait même de la méthode utilisée.

Ces déterminations démontrent que les zircons de certaines vulcanites acides à caractère ignimbritique peuvent avoir un âge plomb total beaucoup plus ancien que celui de leur mise en place. Ce fait pourrait-il être dû à une teneur anormalement élevée en plomb commun? Nous ne pensons pas que cela soit le cas, en effet il faudrait admettre alors que ces zircons auraient incorporé, au moment de leur cristallisation, des quantités extraordinairement élevées de plomb ce qui serait en contradiction avec ce que l'on sait de la géochimie de ce minéral. D'autre part, nous avons vu que les zircons ayant un âge plomb total plus élevé donnaient aussi un âge « dégâts d'irradiation » plus ancien, or les deux méthodes sont si différentes dans leur principe qu'il n'y aurait pas de raison pour qu'une quantité anormalement élevée en plomb commun entraîne des dégâts plus intenses. Enfin, nous avons relevé la teinte brun-violacé des zircons de l'ignimbrite de San Vincenzo, teinte généralement associée à des zircons plus vieux que le Mésozoïque; dans cet ordre d'idée, il est à relever que les zircons de la vulcanite de Roccatederighi sont beaucoup plus clairs.

Il nous semble donc qu'on peut admettre, tout au moins comme hypothèse de travail, que certaines roches volcaniques acides de caractère ignimbritique renferment des zircons beaucoup plus vieux que

la lave elle-même. Ces zircons doivent, sans doute, être hérités d'un socle ancien, rigide, de nature granito-gneissique dont la refusion serait à l'origine de la genèse des vulcanites acides. Dans le cas de la province du Haut Adige, ce socle aurait contenu des zircons de la fin du Précambrien, soit qu'il se soit formé à cette époque, soit qu'il ait été constitué de paragneiss paléozoïques contenant des zircons plus anciens d'origine sédimentaire. Dans le cas de la Toscane, il se serait agit d'un socle hercynien d'âge paléozoïque supérieur. Remarquons qu'ici nous rejoignons les idées de A. RITTMANN et G. MARINELLI pour qui les vulcanites acides plio-quadernaires de l'Apennin ne représenteraient pas l'aboutissement d'une différenciation magmatique classique mais une refusion anatectique d'un soubassement (MARINELLI, 1967).

Le phénomène que nous décrivons ici ne semble pas être particulier aux ignimbrites italiennes. Rappelons que nous avons trouvé (R. CHESSEX, M. DELALOYE, D. KRUMMENACHER et M. VUAGNAT, 1964, p. 58) pour les zircons de certaines ignimbrites permienes de l'Esterel un âge plomb total de 578 m. a.

La présence de zircons beaucoup plus anciens que les roches qui les contiennent pose naturellement la question du processus de remobilisation. Il faut, en effet, imaginer un processus très rapide n'ayant pas conduit à la refusion complète de tous les minéraux, en particulier de ceux réfractaires comme les zircons. Dans ce dernier cas, il semble même que les dégâts d'irradiation n'aient pas été entièrement effacés lors de l'anatexie; peut-être le mécanisme était-il une sorte de fluidisation? Il est à noter que toutes les vulcanites acides ne possèdent pas des zircons plus anciens que leur mise en place, soit dans la province de Bolzano, soit en Toscane nous avons des zircons dont l'âge est à peu près contemporain du phénomène éruptif. Dans ces cas, le réchauffement a, sans doute, été plus lent ou le séjour dans la chambre magmatique plus long. Il faut peut-être relever ici que la vulcanite de Roccatederighi, dont les zircons sont jeunes, n'est plus considérée comme une vraie ignimbrite mais comme un dôme de lave (BORSI S. et MAZZUOLI, R. 1967) contrairement à celle de San Vincenzo; on peut donc se demander si la préservation des zircons n'est pas liée, d'une manière ou de l'autre, avec le processus de formation des ignimbrites.

Le second groupe de résultats a trait à deux échantillons de granite en lames tectoniques dans la nappe de Ligurie. On sait que de tels lambeaux granitiques sont associés, ici et là, à la formation ophiolitique

des « argille scagliose » de l'Apennin. Ces roches ont été étudiées, dans des monographies classiques, par G. MERLA (1933) du point de vue géologique et par S. BONATTI (1933) du point de vue pétrographique. Les deux échantillons Zr 225 et Zr 226, dont la radioactivité est encore notable tout en étant nettement inférieure à celle des zircons des ignimbrites, ont donné des âges plomb total très voisins (387 et 399 m. a.). Il ne fait donc pas de doute qu'il ne s'agit pas de granites alpins contemporains des ophiolites, mais de roches paléozoïques appartenant très probablement au cycle hercynien. Ces résultats confirment ainsi ceux obtenus il y a quelques années sur des lames du même type par les méthodes rubidium-strontium et potassium-argon (EBERHARDT C., FERRARA G. et TONGIORGI E., 1962). Il est vrai que ces âges, qui s'échelonnent entre 222 et 310 m. a., sont plus jeunes que les nôtres. Cette discordance peut être due à diverses causes. Tout d'abord les lambeaux de granite échantillonnés par les auteurs en question ne sont pas les mêmes que les nôtres encore que la lame de Tresana et le granite du Mte. Frascaro appartiennent au même groupe d'affleurements. Il est donc possible qu'il y ait réellement des différences d'âge d'une masse à l'autre. Puis, il est très probable que, par suite de la présence de plomb commun, nos âges sont un peu trop élevés. Enfin, on peut se demander si, étant donné en particulier la forte altération subie par ces granites, les âges isotopiques obtenus sur les micas ne sont pas un peu plus jeunes que l'âge réel.

Il faut remarquer ici que soit dans les Préalpes du Chablais, soit dans les Préalpes romandes on trouve aussi des lames exotiques de granite associées aux roches vertes de l'unité préalpine la plus élevée, celle de la nappe de la Simme. Des déterminations d'âge effectuées par la méthode du plomb total au cours de ces dernières années (BERTRAND J., CHESSEX R., DELALOYE M., LAURENT R. et VUAGNAT M., 1965) sur ces granites permettent aussi de les rattacher au cycle hercynien (âges s'échelonnant entre 255 et 342 m. a.) sauf dans un cas, celui du granite de la Rosière (Hte-Savoie) où nous avons trouvé un âge de 189 m. a. et une radioactivité anormalement forte. Il pourrait s'agir d'une roche qui a subi un rajeunissement pendant l'orogénèse alpine.

Nous pouvons dire que les résultats géochronométriques confirment la grande parenté géologique et pétrographique qui existe entre la nappe de Ligurie et la nappe de la Simme; parenté déjà entrevue par

les anciens auteurs et étudiée en détail très récemment dans un important mémoire (ELTER G., ELTER P., STURANI C. et WEIDMANN M., 1966). Cette association d'ophiolites mésozoïques et de lames ou blocs de cristallin acide paléozoïque, qui se retrouve beaucoup plus à l'est dans la zone des écaillés d'Arosa, pose du reste un problème paléogéographique. Il est en effet logique de supposer que la zone où est monté le magma basique des ophiolites correspondait à un sillon océanique où l'écorce terrestre était très réduite ou même, par endroits, inexistante. Dès lors, on a de la peine à comprendre l'association ophiolites-lames granitiques. Peut-être ces dernières faisaient-elles partie d'un socle ancien séparé de la fosse océanique par une faille majeure et les lambeaux de granite se sont-ils mis en place dans le domaine ophiolitique par suite d'écroulements, de glissements ou de processus tectoniques.

Le dernier groupe d'échantillons est constitué par des roches très curieuses. L'uné Zr 348 est une sorte de syénite albitique à amphibole sodique affleurant sur un espace très restreint sur le flanc occidental du Poggio di Moscona près de Grosseto. Cette roche a fait l'objet de publications récentes; selon MARINELLI (1964), il s'agirait d'une roche associée à des lambeaux d'ophiolite. L'autre roche est une ségrégation leucocrate albitique dans un affleurement de gabbro des environs de Renno dans la vallée du Scoltenna (Prov. de Modène) <sup>(1)</sup>; cette roche fait donc partie de la formation ophiolitique de l'Apennin.

Les zircons extraits de ces deux roches sont caractérisés par leur extrême pauvreté en U et en Th, ils sont 10 à 20 fois moins radioactifs que les zircons des granites sensu lato. Celui de la syénite du Poggio di Moscona avec 75 ppm d'U + Th correspondant à une activité de 18  $\alpha$  / mg.h. est le zircon le moins radioactif que nous connaissons; on notera aussi sa forte teneur en yttrium et son rapport Zr/Hf élevé.

Nous n'avons pas reporté dans le tableau I tous les âges donnés par ces concentrés, car ils nous semblent trop peu sûrs pour être pris en considération. Par la méthode des dégâts d'irradiation, les zircons de la « syénite » du Poggio di Moscona donnent un âge très élevé de 492 m. a. mais ce résultat est sujet à caution à cause de la faible valeur des

---

<sup>(1)</sup> Nous devons à l'amabilité de Dr. S. CAPEDE d'avoir pu récolter cet échantillon.

dégâts réticulaires. Ce n'est pas le fait qu'il soit impossible de mesurer avec précision la constante  $c_0$  qui est à l'origine de l'incertitude mais le fait qu'une très légère déviation initiale des constantes réticulaires par rapport aux valeurs admises entraînerait une grande différence d'âge apparent. Il suffirait que la constante  $c_0$  ait été originellement de 1% plus grande (peut-être par suite de la présence d'éléments en traces) pour que l'âge obtenu soit de moitié moins élevé. On dépasse ainsi certainement, dans l'état actuel des connaissances, les limites de la méthode. Dans le cas des zircons de la ségrégation albitique de Renno, un problème analogue se pose avec la méthode du plomb total. La quantité de Pb est si faible (14 ppm) qu'on est juste à la limite de détection de cet élément en fluorescence X dans les zircons. La valeur trouvée comporte donc une grande marge d'incertitude; en outre, l'erreur due au plomb commun peut devenir très importante pour une si faible quantité de plomb total.

TABLEAU 1.

*Âges obtenus par les méthodes du « Plomb total » (1)  
et des « dégâts d'irradiation » (2).*

			U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb (ppm)	Activité (1) $\alpha/\text{mg.h m.a}$		$C_0$	(2) m.a
Zr 115	Bo 1	Porphyre quartzifère	Bouclier de Bolzano	571	505	0,88	73 253 679		5,9914	178
Zr 346	Bo 3	Porphyre quartzifère	Bouclier de Bolzano	1696	677	0,40	72 680 265		6,0003	117
Zr 343	Bo 2	Ignimbrite	Bouclier de Bolzano	1107	559	0,50	113 454 600		5,9992	165
Zr 344	Ap 9	Ignimbrite	Apennins	2149	397	0,18	— 821 —		5,9809	6
Zr 347	Ap 5	Ignimbrite	Apennins	1302	345	0,26	49 506 245		—	—
Zr 225	Ap 2	Granite	Apennins	852	414	0,49	55 350 387		—	—
Zr 226	Ap 3	Granite	Apennins	617	235	0,38	40 247 399		—	—
Zr 348	Ap 6	« Syénite »	Apennins	40	35	0,87	— 18 —		5,9820	492*
Zr 350	Ap 8	« Albitite »	Apennins	100	63	0,63	14 42 787*			

\* Voir discussion dans le texte.

TABLEAU 2.

*Teneurs en Hf et Y, rapports Zr/Hf.*

			Hf(%)	Zr/Hf	Y(%)	
Zr 115	Bo 1	Porphyre quartzifère	Bouclier de Bolzano	1,26	39	0,17
Zr 346	Bo 3	Porphyre quartzifère	Bouclier de Bolzano	1,24	38	0,27
Zr 343	Bo 2	Ignimbrite	Bouclier de Bolzano	1,16	41	0,20
Zr 344	Ap 9	Ignimbrite	Apennins	1,40	33	0,28
Zr 347	Ap 5	Ignimbrite	Apennins	nd		0,10
Zr 225	Ap 2	Granite	Apennins	0,77	45	0,19
Zr 226	Ap 3	Granite	Apennins	0,73	40	0,09
Zr 348	Ap 6	« Syénite »	Apennins	0,98	47	0,49
Zr 350	Ap 8	« Albitite »	Apennins	nd		nd

*Provenance des échantillons.*

Zr 115	Bo 1	3 km au Nw de Bolzano, bouclier permien de Bolzano (Trentin)
Zr 346	Bo 3	Val di Cembra (au sud de Sover), bouclier permien de Bolzano
Zr 343	Bo 2	Sotto Sasso, bouclier permien de Bolzano
Zr 344	Ap 9	Roccatederighi, Apennin toscan
Zr 347	Ap 5	Sán Vincenzo, Apennin toscan
Zr 225	Ap 2	Tresana, Apennin ligure
Zr 226	Ap 3	Camporgiano, Alpes Apuanes, Apennins
Zr 348	Ap 6	Poggio di Moseona, Apennin toscan (province de Grossetto)
Zr 350	Ap 8	Renno, Apennin de Modène

Avant de terminer nous désirons attirer l'attention du lecteur sur la similitude existant entre les zircons des deux échantillons dont il vient d'être question et ceux provenant de la « syénite » albitique de la Replatte du Gondran (Massif du Montgenèvre, Hautes-Alpes). Cette roche, une vraie albitite, se présente comme une inclusion géante dans



une lame de serpentine faisant partie du massif ophiolitique du Montgenèvre. Les zircons sont aussi très peu radioactifs ( $118 \alpha / \text{mg.h}$ ) et ont donné des âges « dégâts d'irradiation » mésozoïques (CHESSEX R., DELALOYE M., KRUMMENACHER D. et VUAGNAT M., 1964 a). Ici encore, il semble s'agir d'une sorte de ségrégation leucocrate dérivant d'un magma basique ou même ultrabasique.

En résumé, il nous semble que les résultats présentés dans cette note sont peut-être plus intéressants par les problèmes géologiques qu'ils soulèvent que par leur aspect purement géochronologique: origine anatectique et mécanisme de « refusion » très rapide des ignimbrites, parenté toujours plus marquée entre la formation ophiolitique des Apennins et celle de la nappe la plus élevée des Préalpes, association difficile à expliquer entre granites anciens et roches vertes, existence de ségrégations leucocrates sodiques au sein des ophiolites, ségrégations contenant des zircons dont les caractères géochimiques sont très particuliers.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BERTRAND J., CHESSEX R., DELALOYE M., LAURENT R. et VUAGNAT M. (1965) - *Détermination d'âges « plomb total » sur des zircons de la chaîne alpine* (3ème série). Bull. suisse minéral. pétrogr. 45, 317-326.
- BONATTI S. (1933) - *Studio petrografico dei graniti della formazione ofiolitica appenninica*. Boll. r. Uff. geol. Ital., 58/7, 64 p.
- BORSI S. e MAZZUOLI R. (1967) - *Le vulcaniti di Roccastrada*. Rend. Soc. Mineralog. Italiana, 23, 489.
- BUCHS A., CHESSEX R., KRUMMENACHER D. et VUAGNAT M. (1962) - *Âges « plomb total » déterminés par fluorescence X sur les zircons de quelques roches des Alpes*. Bull. suisse minéral. pétrogr. 42, 295-305.
- CHESSEX R. (1964) - *Déterminations d'âge sur les zircons de roches des Alpes et des Apennins par la méthode des « radiation damage »*. Bull. suisse minéral. pétrogr. 44, 27-42.
- CHESSEX R., DELALOYE M., KRUMMENACHER D. et VUAGNAT M. (1964) - *Nouvelles déterminations d'âges « plomb total » sur des zircons alpins* (2ème série). Bull. suisse minéral. pétrogr. 44, 43-60.
- CHESSEX R., DELALOYE M., KRUMMENACHER D. et VUAGNAT M. (1964 a) - *Sur l'âge de la syénite du Montgenèvre (Hautes-Alpes, France)*. Arch. Sc. Genève, 17, 342-346.
- EBERHARDT O., FERRARA G. et TONGIORGI E. (1962) - *Détermination de l'âge des granites allochtones de l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. géol. France, (7ème sér.), 4, 606-607.

- ELTER G. et P., STURANI C. et WEIDMANN M. (1966) - *Sur la prolongation du domaine ligure de l'Apennin dans le Montferrat et les Alpes et sur l'origine de la nappe de la Simme s.l. des Préalpes romandes et chablaisiennes*. Arch. Sc. Genève, 19, 279-374.
- MARINELLI G. (1964) - *Sulla supposta sienite alcalina sodica dei dintorni di Grosseto in Toscana*. Rend. Soc. Min. Ital. 20, 179-192.
- MARINELLI G. (1967) - *Genèse des magmas du volcanisme plio-quaternaire des Apennins*. Geol. Rundschau, 57, 127-141.
- MERLA G. (1933) - *I graniti della formazione ofiolitica appenninica*. Boll. r. Uff. geol. Ital. 58/6, 115 p.

Les résultats présentés dans cette note ont été obtenus grâce à l'aide du Fonds National suisse de la recherche scientifique.