

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

Band: 61 (1981)

Heft: 1

Artikel: Géochronologie des galets andésitiques du Conglomérat des Grès du
val d'Illicz du Synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France)

Autor: Fontignie, Denis

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47131>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

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

Géochronologie des galets andésitiques du Conglomérat des Grès du val d'Illiez du Synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France)

par Denis Fontignie*

Abstract

The «grès de Taveyanne» and «grès du val d'Illiez» are both greywackes with volcanic fragments, belonging to the Helvetic flysch. Their stratigraphic age is Eocene-Oligocene. Throughout the Alpine chain they have a remarkably constant petrographic composition which is characterized by an abundance of diabasic and andesitic fragments.

The origin, mode of formation and age of this volcanic debris is still controversial. In this paper results of a $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological study on andesitic pebbles from the conglomerate of the grès du val d'Illiez in the Thônes syncline are presented. In addition to the normal methods a preheating technique has been used and the data interpreted by a three dimensional plot.

The age of the andesites is typically mid-oligocene but it is difficult to determine an exact date owing to the presence of variable amounts of excess argon. The total-fusion $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ apparent age is 27.0 ± 2.6 Ma which is the same as the single plateau obtained by the step-heating technique. This date must therefore be the age of the one major event in the history of the andesites.

We interpret this age, which is too young compared to the stratigraphic age, as a result of overprinting of unstable phases in the rock during a burial metamorphism event which occurred soon after sedimentation. This resetting may have been produced essentially by a chemical metamorphism. As such unstable phases could not exist for any length of time, it is assumed that the eruption of the andesites occurred at about the same time as flysch sedimentation.

Résumé

Les grès de Taveyanne et du val d'Illiez constituent des grauwackes à éléments volcaniques du flysch helvétique. Leur âge stratigraphique est Eocène-Oligocène. Leur composition pétrographique est remarquablement constante tout au long de l'Arc alpin et se caractérise par la grande abondance d'éléments volcaniques de faciès diabasiques et andésitiques.

L'origine, le mode de formation et l'âge de ces débris volcaniques sont encore controversés. Nous présentons dans ce travail les résultats géochronologiques obtenus par les variantes $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur des galets andésitiques du conglomérat des grès du val d'Illiez du synclinal de Thônes. Outre les techniques et méthodes habituelles, nous avons également fait appel à une technique de préchauffage et à une méthode de résolution tridimensionnelle.

* Département de Minéralogie, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers - 1211 Genève 4.

L'âge des andésites est typiquement mi-Oligocène, mais sa valeur exacte est difficile à préciser en raison de l'importance et de la variabilité des surpressions d'argon. L'âge probable, estimé par la variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, fusion totale, est de $27,0 \pm 2,6$ Ma. Cet âge semble indiquer la présence d'un unique évènement majeur dans l'histoire des andésites puisqu'il correspond également à l'âge du plateau unique obtenu en step-heating.

Nous interprétons cet âge trop jeune par l'initialisation des phases instables de la roche lors du léger métamorphisme d'enfouissement qui a succédé rapidement à la sédimentation, cette initialisation étant produite par un métamorphisme essentiellement chimique. Les phases instables auxquelles nous faisons appel ne pouvant subsister longtemps, nous admettons que les andésites sont contemporaines ou presque contemporaines de la sédimentation.

1. Introduction

La zone helvétique ou dauphinoise s'étend tout au long de l'Arc alpin sur plusieurs centaines de kilomètres. Elle comprend notamment les formations détritiques tertiaires, riches en éléments volcaniques, connues en Suisse et en Haute-Savoie sous les noms de «grès de Taveyanne» et «grès du val d'Illiez».

Deux séries de roches volcaniques, les andésites et les diabases, les caractérisent. L'origine, le mode de formation et l'âge de ces matériaux volcaniques n'ont pas reçu, jusqu'à présent, de solution définitive satisfaisante (SAWATZKI 1975).

C'est au problème de l'âge que nous nous sommes attachés. Ainsi, avons-nous déterminé les âges K-Ar d'une série de galets du conglomérat des grès du val d'Illiez du synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). Cette région est favorable à une étude géochronologique car le métamorphisme subi est resté faible. De plus elle est relativement bien connue depuis les études stratigraphiques et tectoniques de ROSSET et al. (1976) et depuis que SAWATZKI (1975) en a étudié la géologie et la minéralogie.

Ce sont les résultats géochronologiques obtenus sur les galets andésitiques qui font l'objet de cette communication.

2. Esquisse géologique du synclinal de Thônes

Le synclinal de Thônes est limité à l'ouest et au nord-ouest par le flysch autochtone du massif des Bauges et des Bornes, à l'est et au sud-est par le flysch autochtone de la chaîne des Aravis-Charvin. On y trouve des formations détritiques tertiaires plus ou moins riches en éléments volcaniques et, bien que SAWATZKI (1975) ait montré qu'il s'agit de séries évolutives continues, on y distingue:

- les grès de Taveyanne, riches en éléments volcaniques à faciès andésitiques.
- les grès du val d'Illiez, plus pauvres en éléments volcaniques de faciès andésitiques et diabasiques;
- les grès du flysch ultrahelvétique, dépourvus d'éléments volcaniques.

Les grès du val d'Illiez sont autochtones, les grès de Taveyanne sont autochtones et parautochtones tandis que les grès du flysch ultrahelvétique sont charriés sur les formations précédentes (ROSSET et al., 1976).

Ces séries ont connu un métamorphisme faible d'enfouissement qui se situe dans le faciès à zéolites, à laumontite et à laumontite avec des reliques de heulandite-clinoptilolite (SAWATZKI, 1975).

3. Nature des échantillons analysés

Seize galets andésitiques tirés du conglomérat des grès du val d'Illiez ont été étudiés. Le nom «andésite» est employé ici par commodité, mais il s'applique en réalité à des roches présentant la structure andésitique et qui sont, comme l'ont montré MARTINI (1968) et SAWATZKI (1975), des andésites basaltiques ou des leucobasaltes. Les analyses ont été réalisées suivant la variante $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ (technique classique et préchauffage) ainsi que par la variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (fusion totale et step-heating).

La liste des échantillons analysés, leur description sommaire, leur localisation ainsi que le type d'analyses qu'ils ont subies sont rassemblées au tableau I.

4. Description des affleurements

Les galets andésitiques analysés proviennent du conglomérat des grès du val d'Illiez des Lombardes et de la Vacherie¹.

Ce conglomérat est constitué de galets, parfois de grande taille, mais qui, en général mesurent de 2 à 15 cm. Ils sont normalement bien arrondis. Leur nature est très variée puisque l'on rencontre des roches sédimentaires, métamorphiques, granitiques et extrusives.

SAWATZKI (1975) a reconnu des types sédimentaires identiques à ceux décrits dans les grès du val d'Illiez de la Suisse (VUAGNAT, 1952). Les galets granitiques,

¹ Les coordonnées et les altitudes de ces affleurements sur la carte topographique de la France au 1/20000 (quadrillage kilométrique de la projection Lambert) sont:

La Vacherie, Thônes 911280/107850,689 m.

Les Lombardes, La Clusaz 916260/110370,978 m.

Numéro		Provenance	Structure	Types d'analyse					Chimie
				40 Ar / 40 K			40 Ar / 39 Ar		
40 Ar / 40 K	40 Ar / 39 Ar			R cst	autre	chauf.	fusion	s - h	
KA-1179	AA3-25	Les Lombardes	Pilotaxique fine	*	*	*	*	*	*
KA-1180		"	"						
KA-1181	AA3-02	Les Lombardes	Pilotaxique grossière	*	*	*	*	*	*
KA-1182	AA3-10	La Vacherie	Pilotaxique fine	*	*	*	*	*	*
KA-1183		Les Lombardes	Pilotaxique grossière	*	*	*	*	*	*
KA-1184	AA3-20	La Vacherie	Pilotaxique grossière	*	*	*	*	*	*
KA-1185	AA3-11	Les Lombardes	Pilotaxique fine	*	*	*	*	*	*
KA-1186		Les Lombardes		*	*	*	*	*	*
KA-1187		Les Lombardes	Pilotaxique grossière	*	*	*	*	*	*
KA-1188		Les Lombardes	Tendance trachitique		*				*
KA-1374	AA3-40	Les Lombardes			*		*	*	*
	AA3-37	Les Lombardes			*		*	*	*
	AA1-13	Les Lombardes	Pilotaxique fine				*	*	*
	AA1-16	Les Lombardes	Pilotaxique fine				*	*	*
	AA1-19	La Vacherie			*		*	*	*
	AA1-20	Les Lombardes			*		*	*	*

Tableau I Principales caractéristiques des échantillons analysés.

Numéro	KA-1179	KA-1181	KA-1183	KA-1184	KA-1186	KA-1188	KA-1394
Si O ₂	55.39	58.45	50.08	52.71	54.72	47.57	47.46
Al ₂ O ₃	17.91	18.94	20.02	19.62	18.80	20.93	19.84
Ti O ₂	0.60	0.64	0.85	0.74	0.77	0.93	0.91
Fe O ^{tot}	5.10	4.51	6.43	4.65	5.29	5.86	6.52
Ca O	3.37	3.13	2.29	4.96	1.14	6.27	8.03
Mg O	5.88	4.84	6.78	6.42	5.82	5.68	6.35
Na ₂ O	4.16	4.16	4.55	3.65	5.61	4.36	3.79
K ₂ O	1.73	1.93	2.15	1.21	2.04	1.48	1.83
Mn O	0.13	0.03	0.22	0.03	0.23	0.24	0.07
P ₂ O ₅	0.31	0.27	0.41	0.21	0.38	0.44	0.25
H ₂ O	3.98	3.43	5.10	0.65	4.09	5.62	4.30
CO ₂	0.58	0.00	0.00	3.92	0.00	0.00	0.00
Total	99.14	100.33	98.88	98.77	98.89	99.38	99.35

Tableau II Analyses chimiques par fluorescence X de 7 andésites étudiées.

gabbroïques et diabasiques correspondent, selon lui, aux types cristallins liés au flysch des Gets décrits par BERTRAND (1970).

Les galets andésitiques ne sont rencontrés, quant à eux, que dans les conglomérats des grès du val d'Illiez.

5. Description des échantillons analysés

Macroscopiquement, les galets andésitiques analysés ont une taille comprise entre 2 et 8 cm et leur couleur varie du gris au gris-verdâtre.

Microscopiquement, ces roches sont constituées de plagioclases, de pyroxènes et de hornblende. La structure est pilotaxique fine à grossière. Les phénocristaux de plagioclase sont albitisés à des degrés divers à l'intérieur d'un même galet. Les minéraux ferromagnésiens sont généralement chloritisés.

Sept andésites ont été analysées par fluorescence X. Les résultats de ces analyses chimiques sont rassemblés au tableau II.

6. Données techniques

6.1 MÉTHODES ANALYTIQUES

a) Dosage du potassium. Il est effectué par spectrophotométrie de flamme sur un photomètre Eel à filtres monochromatiques. Le dosage du sodium est préalablement effectué afin de corriger l'interférence entre ces deux éléments. Chaque échantillon a été dosé deux fois.

b) Dosage de l'argon. DELALOYE et WAGNER (1974) ont décrit l'appareillage utilisé. L'argon est extrait des échantillons par fusion, puis analysé quantitativement par dilution isotopique au moyen d'un spectromètre de masse AEI-MS 10 équipé d'un aimant de 4100 gauss. Le traceur utilisé est celui de Schumacher de Berne; sa pureté est supérieure à 99,99%.

Afin de réduire l'importance de certaines erreurs, notamment de décalage d'échelle, les résultats sont calculés à partir d'au moins 5 prises distinctes du même gaz (FONTIGNIE, 1980b).

c) Variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les échantillons analysés par cette variante correspondent à 2 irradiations, la première a été menée par M. Delaloye dont nous repreneons ici les résultats (résultats non publiés). Les deux irradiations ont été réalisées dans le réacteur Herald du AWRE d'Aldermaston (Grande-Bretagne). Les doses intégrées de neutrons rapides sont d'environ $2,7 \times 10^{19} \text{ n.cm}^{-2}$ (première irradiation) et $4,1 \times 10^{18} \text{ n.cm}^{-2}$ (seconde irradiation).

Les températures de chauffage du creuset lors des analyses en step-heating ont été préalablement définies à l'aide d'un pyromètre optique.

6.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

a) Les constantes de désintégration et les facteurs de conversion utilisés sont ceux recommandés par la Sous-Commission de Géochronologie de l'IUGS (STEIGER et JÄGER, 1977). Les coefficients de transformation en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont ceux proposés par DALRYMPLE et LANPHERE (1971).

b) Les résultats globaux en $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ sont reportés sur le diagramme classique portant, en ordonnée, le rapport $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$, et en abscisse, le rapport $^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$. Dans un tel diagramme, pour autant que les effets du blanc soient négligeables ou corrigés, les points représentatifs des échantillons de même âge et de même contamination (cogénétiques) s'alignent sur une droite. La pente de cette droite est une fonction simple de l'âge et son ordonnée à l'origine correspond au rapport global de contamination. L'équation de la droite est calculée par la méthode des «moindres distances» (FONTIGNIE, 1977).

L'estimation des caractéristiques du blanc est délicate à effectuer et les effets de celui-ci sont d'autant plus difficiles et importants à corriger que la proportion de ^{40}Ar radiogénique est faible. Même si les caractéristiques précises du blanc sont inconnues, en suivant certains modes opératoires et pour autant que le blanc demeure constant pour les différentes analyses considérées, il est possible de déterminer l'âge et/ou le rapport de contamination exacts (FONTIGNIE, 1980 a). Ainsi, si les poids de matière analysée sont choisis de façon à introduire dans la rampe, pour la série d'échantillons cogénétiques étudiés, les mêmes quantités de potassium (analyses à «R constant»), l'âge calculé à partir de la droite de régression sera inexact alors que son ordonnée à l'origine correspondra au rapport de contamination recherché.

c) les résultats obtenus sur des échantillons analysés dans des conditions identiques de blanc sont calculés à partir d'un diagramme tridimensionnel défini par les axes:

$$x = \frac{^{36}\text{Ar}}{^{38}\text{Ar}} ; y = C \cdot ^{40}\text{Ar} \text{ et } z = \frac{^{40}\text{Ar}}{^{38}\text{Ar}}$$

où ^{40}Ar , ^{38}Ar et ^{36}Ar sont les quantités d'isotopes d'argon, ^{40}K la quantité de ^{40}K présente dans la prise analysée et C, un facteur d'échelle.

Les points représentatifs des échantillons de même âge, de même contamination et analysés dans des conditions identiques, se placent dans un plan dont les paramètres sont des fonctions de l'âge et du rapport global de contamination (e^{40}_{36}) (FONTIGNIE, 1980 a).

Cette méthode de résolution présente le double avantage d'être indépendante du blanc et de ne pas exiger la connaissance exacte des rapports isotopiques du traceur. L'homogénéité du groupe est testée à partir du diagramme portant, en ordonnée, les valeurs de z observées et, en abscisse, les valeurs correspondantes calculées. Dans le cas d'une série cogénétique, les points représentatifs des échantillons analysés s'alignent sur une droite passant par l'origine et de pente égale à 1. Les écarts relatifs entre les paramètres calculés et les paramètres théoriques constituent un test satisfaisant de l'homogénéité de la série.

d) Pour la variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, nous avons adopté une méthode de résolution qui consiste à calculer directement les grandeurs proportionnelles aux quantités de ^{40}Ar radiogénique (R), de ^{40}K (K), de Ca (Ca) et de ^{40}Ar atmosphérique (A) (FONTIGNIE, 1980 a).

Le caractère cogénétique d'une série, son âge, ainsi que la mise en évidence d'une éventuelle suppression sont définis et calculés à l'aide d'un diagramme portant, en ordonnée, la valeur calculée de R et, en abscisse, la valeur *K égale au rapport $\frac{K}{R_m}$ où R_m est égal au rapport $\frac{R}{K}$ du moniteur correspondant à l'échantillon étudié.

Les échantillons appartenant à une série cogénétique s'alignent sur une droi-

Numéro	K %	Age (Ma)	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ $\times 10^2$	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$ $\times 10^4$	$^{40}\text{Ar}^*/\text{g}$ $\times 10^{-10}$	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{Ar}$ %	X $\times 10^1$	Y $\times 10^5$	Z $\times 10^4$
1 KA-1179	1.387	41.9 ± 15.4	8.244 ± 3.683	21.461 ± 11.025	1.020 ± .358	63.9 ± 16.0	.204	3.421	2.762
2 KA-1179	1.387	38.2 6.4	9.623 1.556	29.742 6.810	.928 .140	69.1 5.0	.403	.484	4.590
3 KA-1179	1.387	36.1 4.0	11.329 .528	39.478 4.506	.878 .081	73.9 1.2	2.144	1.914	2.161
4 KA-1180	.285	47.9 6.4	5.797 .241	10.080 1.091	.240 .028	49.0 2.1	.401	1.402	.810
5 KA-1181	1.635	28.4 5.9	9.136 2.209	37.186 11.458	.811 .154	67.4 7.8	.401	3.864	3.467
6 KA-1181	1.635	26.8 2.9	11.738 .663	55.958 6.935	.766 .068	74.8 1.4	1.503	.951	1.108
7 KA-1182	.812	38.5 5.7	6.485 .449	15.618 2.119	.548 .071	54.2 3.2	.201	.459	2.933
8 KA-1182	.812	38.4 7.5	7.800 1.276	21.467 4.940	.547 .097	62.0 6.2	.403	.667	.515
9 KA-1183	.790	34.8 13.5	6.485 2.299	17.282 7.289	.482 .179	54.2 16.1	.202	.419	2.674
10 KA-1183	.790	36.0 10.6	9.199 3.927	29.559 14.590	.498 .138	67.7 13.7	.404	.487	4.418
11 KA-1184	1.036	31.4 5.1	8.497 .854	30.088 5.064	.570 .082	65.0 3.5	.400	.475	3.974
12 KA-1185	1.737	25.5 3.7	8.145 .798	34.795 5.747	.773 .098	63.5 3.5	.406	.418	3.346
13 KA-1185	1.737	25.8 2.9	13.374 .935	69.121 9.520	.781 .072	77.8 1.5	1.309	6.727	.890
14 KA-1186	1.596	30.8 4.9	9.515 1.483	36.315 8.087	.860 .120	68.7 4.8	.403	3.974	3.712
15 KA-1187	1.594	28.8 5.1	7.403 .871	26.342 4.859	.803 .129	59.9 4.7	.407	.550	4.023
16 KA-1188	1.091	70.6 12.1	4.258 .152	3.112 .321	1.363 .211	30.6 2.5	.402	4.528	1.926
17 KA-1188	1.091	28.4 3.4	7.782 .336	29.009 3.230	.542 .055	62.0 1.6	1.669	2.027	1.573
18 KA-1394	1.204	32.0 4.3	9.352 .658	34.086 4.716	.674 .079	68.3 2.2	.967	1.004	.933

Tableau III Résultats des analyses en $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$.

te dont la pente est une fonction de l'âge et l'ordonnée à l'origine, une fonction de la contamination.

e) Nous avons également utilisé une technique de préchauffage qui consiste à analyser plusieurs prises aliquotes du même échantillon (FONTIGNIE, 1980a). Celles-ci sont préalablement chauffées sous vide à différentes températures modérées. Lors des différents chauffages, on peut supposer que la substance perd l'argon qui est le moins lié à sa structure, c'est-à-dire l'argon de contamination.

Nous avons testé avec succès cette technique prometteuse puisqu'elle permet théoriquement de calculer l'âge juste d'un échantillon, mais les difficultés expérimentales, notamment de parfaite reproductibilité des conditions analytiques, la compliquent très sérieusement et la précision des résultats est souvent faible (FONTIGNIE, 1980a).

7. Résultats

Nous allons examiner successivement les résultats obtenus par les deux variantes.

a) Variante $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$.

Dix-huit analyses de roche totale ont été menées par cette variante sur les seize échantillons étudiés. Les résultats obtenus sont rassemblés au tableau III et présentés sur le diagramme $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}-^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$ de la figure 1.

Parmi ces analyses, dix ont permis de faire appel au traitement à «R constant», méthode fournissant le rapport e^{40} juste. La valeur calculée par moindre distance est égale à:

$$e_{36}^{40} = 390 \pm 18$$

Il y a donc une suppression d'argon significative dans les galets andésitiques étudiés.

La méthode de calcul tridimensionnelle, appliquée à l'ensemble des analyses de cette série, donne les résultats suivants:

$$\begin{aligned} \text{âge} &= 25,6 \pm 1,9 \text{ Ma} \\ e_{36}^{40} &= 356 \pm 16 \end{aligned}$$

Cette méthode permet de calculer un âge et un rapport de contamination justes d'une série d'analyses d'échantillons cogénétiques pour autant que le blanc soit demeuré constant.

Les écarts des valeurs calculées de la pente et de l'ordonnée à l'origine aux valeurs théoriques correspondantes dans le test de l'homogénéité de la série sont respectivement de:

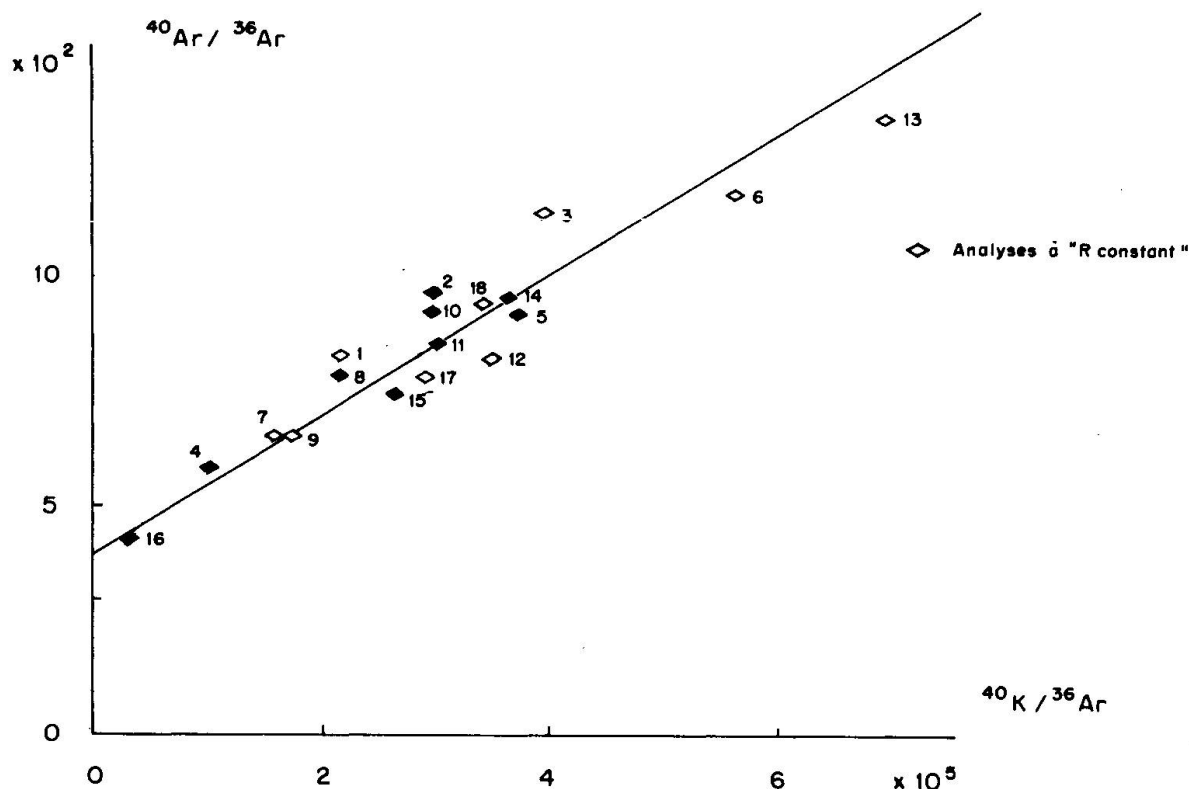


Fig. 1 Diagramme $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$ des échantillons analysés. La droite dessinée correspond à la droite de régression des analyses à «R constant».

$$t_1 = 2,77$$

$$t_2 = 0,97$$

Si l'ordonnée à l'origine de la droite de test ne diffère pas significativement de 0, par contre, la pente diffère significativement de 1. On ne peut donc pas admettre le caractère cogénétique de la série.

Deux échantillons de cette série ont également été étudiés par la méthode de préchauffage introduite en 6.2.d. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Echantillon	Nombre d'analyses	e^{40}	Age (Ma)
KA-1179	4	532 ± 79	$30,1 \pm 1,9$
KA-1181	8	346 ± 20	$23,0 \pm 1,7$

Les valeurs élevées des rapports e^{40}_{36} confirment la présence d'une surpression d'argon dans ces deux échantillons. Bien que le rapport e^{40}_{36} obtenu pour l'échantillon KA-1179 soit entaché d'une erreur importante et qu'il soit établi

Numéro	* K x 10 ⁴	R x 10 ⁴	Age (Ma)
1 AA1-13	19.063 ± 0.179	1.379 ± 0.263	23.2 ± 6.1
2 AA1-16	17.597 0.155	1.154 0.196	21.1 5.1
3 AA1-19	53.692 0.308	4.434 0.207	26.5 1.4
4 AA1-20	25.216 0.161	1.647 0.149	21.0 2.0
5 AA3- 2	88.176 2.019	9.878 0.345	36.3 2.0
6 "	96.879 0.713	8.776 0.075	29.0 0.5
7 AA3-10	35.311 0.425	4.285 0.144	38.8 1.8
8 "	62.948 1.212	5.760 0.099	39.7 1.6
9 AA3-11	31.963 0.408	3.974 0.109	29.3 1.1
10 AA3-20	42.942 1.066	4.298 0.261	32.0 2.7
11 AA3-25	14.162 0.114	2.177 0.079	49.0 2.1
12 AA3-37	5.167 0.107	1.186 0.159	72.6 11.0
13 AA3-40	82.186 0.675	6.811 0.121	26.6 0.7

Tableau IV Résultats des analyses en ⁴⁰Ar/³⁹Ar (fusion totale)

sur la base d'un nombre limité d'analyses, il diffère très significativement du rapport correspondant calculé pour KA-1181.

L'importance des contaminations diffère donc à l'intérieur de la série des galets andésitiques provoquant ainsi son inhomogénéité.

b) Variante ⁴⁰Ar/³⁹Ar

Treize analyses par fusion totale d'échantillon ont été réalisées par cette variante. Les résultats obtenus sont rassemblés au tableau IV et présentés au diagramme R-*K de la figure 2. Ces analyses correspondent à deux irradiations et comme les conditions expérimentales observées lors de celles-ci n'étaient pas identiques, les analyses doivent être étudiées indépendamment.

Les points représentatifs des 4 échantillons de la première irradiation s'alignent sur une droite dans le diagramme R-*K et leur corrélation est bonne ($r = 0,9968$). L'âge correspondant à la pente de cette droite est:

$$29,0 \pm 1,6 \text{ Ma}$$

Huit analyses correspondant à 6 échantillons de roche totale et à un concentré de minéraux ferromagnésiens ont été menées lors d'une irradiation suivante.

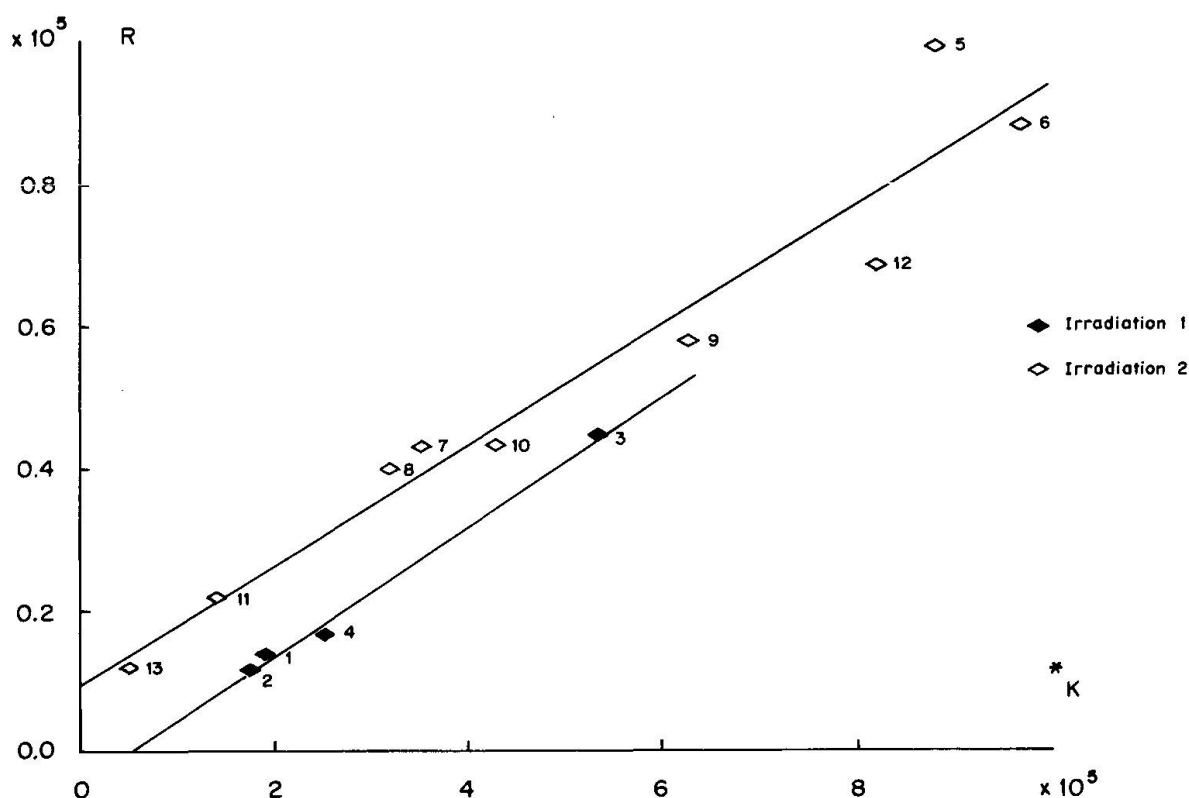


Fig. 2 Diagramme R-K des échantillons analysés. Les droites dessinées correspondent aux droites sw de régression calculées pour chacune des irradiations.

Les points représentatifs de ces analyses s'alignent suivant une droite dont la pente permet de calculer un âge de:

$$27,0 \pm 2,6 \text{ Ma}$$

et leur corrélation est bonne ($r = 0,9968$). L'ordonnée à l'origine ne diffère pas significativement de 0, l'écart relatif de celui-ci étant égal à 1,92. La variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ne parvient donc pas à mettre en évidence la surpression d'argon observée sur $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$.

Le point correspondant à l'analyse du concentré de ferromagnésiens (AA3-25) ne se singularise pas de l'ensemble des points. On peut donc penser que les caractéristiques du système K-Ar des ferromagnésiens, mises en évidence par la variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, sont identiques aux caractéristiques correspondantes des roches totales.

Les âges obtenus par cette variante ne diffèrent pas significativement de l'âge obtenu par la variante $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$.

Quatre roches totales ont également été étudiées par la technique du step-heating. Les allures des divers spectres, rassemblés à la figure 3, sont identiques: on retrouve pour les différents échantillons, un large plateau bien individualisé

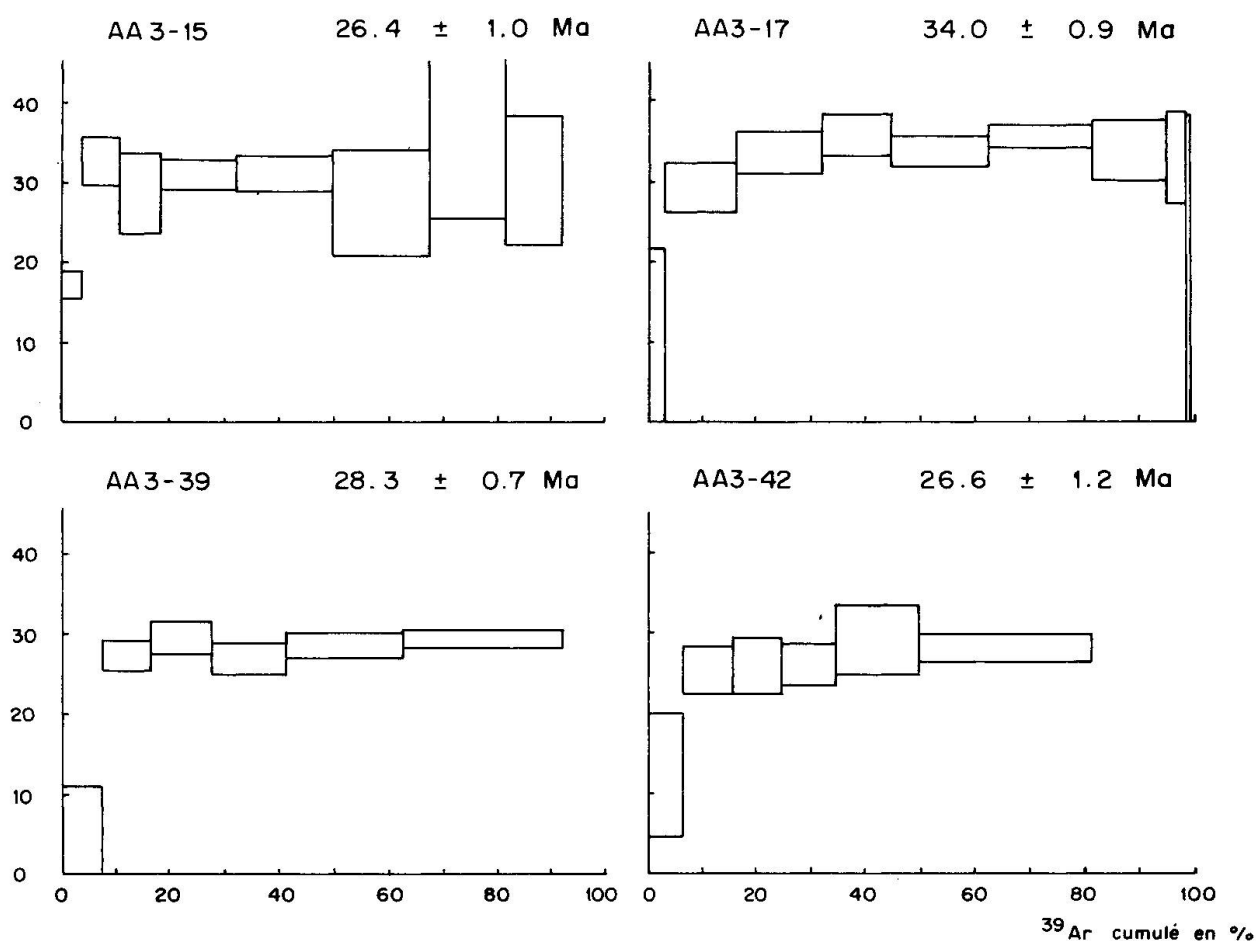


Fig. 3 Spectre des âges en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en fonction du pourcentage cumulé de ^{39}Ar dégagé pour les 4 andésites étudiées par cette technique.

qui semble indiquer la présence d'un unique événement majeur dans l'histoire des galets andésitiques.

L'âge de cet événement est en bon accord avec les âges obtenus par fusion totale puisqu'ils sont compris, à l'exception de AA3-17, entre 27 et 30 Ma. L'âge du plateau de l'analyse AA3-17 est anormalement grand. Cependant, comme cette analyse correspond à l'échantillon KA-1184 et comme les résultats obtenus en $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ et en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ fusion totale pour cet échantillon ne se singularisent pas, nous pensons que cette anomalie est accidentelle et donc non significative.

8. Conclusions

Bien que peu différents, les âges obtenus par la variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, fusion totale,

29,0 ± 1,6 Ma (4 analyses)
et 27,0 ± 2,6 Ma (8 analyses)

semblent plus grands que l'âge calculé par la méthode tridimensionnelle en $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$,

25,6 ± 1,9 Ma

mais cette méthode a mis en évidence une légère inhomogénéité de la série. Comme l'ont montré les analyses par préchauffage de deux échantillons, l'inhomogénéité provient vraisemblablement de différences dans l'importance de la contamination. L'âge calculé par la méthode tridimensionnelle n'est donc pas juste. Les âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ calculés à partir d'un programme R-*K, moins sensible aux problèmes de contamination, sont donc probablement plus proches de l'âge recherché.

En l'absence de données supplémentaires, nous admettons donc comme âge probable, l'âge obtenu par fusion totale en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$:

27,0 ± 2,6 Ma

En se référant à l'échelle des temps géologiques proposée par ODIN (1978), cet âge est typiquement mi-Oligocène.

Cette conclusion est peu compatible avec l'âge stratigraphique admis pour le flysch qui est compris entre l'Eocène supérieur et l'Oligocène inférieur soit, environ entre 34,5 et 36,5 Ma. La différence entre l'âge radiométrique des andésites et l'âge stratigraphique du flysch est trop importante pour trouver sa complète interprétation dans les raisons suivantes:

- imprécision et manque de justesse de nos résultats;
- manque de justesse de l'échelle numérique des temps géologiques (POMEROL, 1978);
- mauvaise attribution de l'âge du flysch rendue possible par la rareté et le fréquent remaniement des fossiles.

L'âge radiométrique que nous avons admis semble trop jeune. Les andésites ont donc été rajeunies ou initialisées.

L'hypothèse d'une ouverture thermique des systèmes K-Ar doit être rejetée car l'augmentation de température provoquée par le métamorphisme² qu'ont subi les andésites après leur dépôt a été trop faible. En effet, SAWATZKI (1975) situe la limite inférieure de température vers 100°C (présence de laumontite), mais l'absence de prehnite indique que la température n'a pas dépassé 200°C.

² L'emploi que nous faisons du terme «métamorphisme» est abusif puisque les conditions subies par les grès se rattachent, suivant les définitions données par certains auteurs, à la diagenèse. Cependant, par commodité nous maintiendrons l'usage de ce terme.

Toutefois, selon MARTINI (1968), le métamorphisme ne correspondrait pas seulement à des réajustements de phases minéralogiques, dus simplement à des modifications de pression et de température, mais s'accompagnerait également d'importants échanges ionique, responsables notamment de l'albitisation des plagioclases. Le métamorphisme aurait donc pu ouvrir les systèmes K-Ar selon des mécanismes chimiques.

Or, les diabases provenant des mêmes affleurements n'ont pas été initialisées au même moment puisque leur âge est Paléocène (FONTIGNIE, 1977 et 1980a). Donc, si les systèmes K-Ar ont été ouverts par le métamorphisme, les ouvertures sont partielles ou ne concernent que certaines phases de roches, les parties crypto-cristallines, par exemple. On peut en effet penser que la réorganisation atomique de ces phases instables, accompagnée de l'initialisation de leurs systèmes K-Ar, peut se produire sans provoquer d'effet sur les phases stables.

Comme le pensent de nombreux auteurs en se basant sur les modèles de la tectonique des plaques, l'enfouissement et le métamorphisme qu'il a provoqué ont suivi de peu la sédimentation et comme les analyses en step-heating et l'analyse d'un concentré de minéraux ferromagnésiens ne mettent en évidence qu'un seul événement majeur dans l'histoire des andésites, nous sommes conduits à admettre que la formation des andésites est contemporaine ou presque contemporaine de la sédimentation.

Nous admettons donc le schéma suivant: après leur formation, les andésites ont été érodées, sédimentées et très rapidement enfouies, soit par subduction du domaine helvétique, soit par le passage d'unités préalpines. Le métamorphisme produit par l'enfouissement a provoqué l'initialisation des phases instables de la roche. Les roches plus anciennes, sédimentées en même temps (les diabases par exemple) n'ont pas été perturbées par le métamorphisme car leurs phases ont été initialisées et fermées antérieurement (FONTIGNIE, en préparation).

Ce schéma rend compte des résultats géochronométriques obtenus:

- âge trop petit des andésites puisqu'il correspond à l'initialisation par le métamorphisme
- un seul événement majeur mis en évidence car la différence d'âges entre la formation et le métamorphisme est trop faible.
- pas de modification apparente des systèmes K-Ar des autres types pétrographiques car ceux-ci ont été figés antérieurement.

9. Remerciements

Nous tenons à exprimer ici tous nos remerciements au Professeur Michel Delaloye pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée et pour avoir corrigé le présent travail.

L'aide financière du Fonds National suisse de la Recherche scientifique (requête 2.207-079) nous a permis de mener à bien la partie analytique de ce travail.

Bibliographie

- BERTRAND, J. (1970): Etude pétrographique des ophiolites et des granites du flysch des Gets (Haute-Savoie, France). – Arch. Sci. Genève: 23/2, 279–542.
- DALRYMPLE, G.B. & LANPHERE, M.A. (1971): $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ technique of K-Ar dating: a comparison with the conventional technique. – Earth and planet. Sci. Lett.: 12, 300–308.
- DELALOYE, M. & WAGNER, J.J. (1974): Potassium-Argon dating: an automatic equipment with digital output for computer processing. – C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève (n. s.): 9/1–3, 66–73.
- FONTIGNIE, D. (1977): Géochronologie des galets diabasiques des conglomérats du val d'Illicz dans le synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). – C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève: 12, 84–95.
- FONTIGNIE, D. (1980a): Géochronologie potassium-argon: études théoriques et applications à des matériaux de flyschs des Alpes occidentales. Thèse No 1966, Genève, 289 pages.
- FONTIGNIE, D. (1980b): Méthodologie potassium-argon: la technique des soutirages successifs. Bull. Suisse Minéral. Pétrogr. 60/3 (à paraître).
- MARTINI, J. (1968): Etude pétrographique des grès de Taveyenne entre Arve et Giffre (Haute-Savoie, France). Bull. Suisse Minéral. Pétrogr.: 48, 539–654.
- ODIN, G.S. (1978): Isotopic Dates for Paleocene Time Scale. In: Stud. geol. 6 (127–141) – Amer. Assoc. Petroleum Geol.
- POMEROL, C. (1978): Critical Review of Isotopic Dates in relation to Paleocene Stratotypes. In: Stud. Geol. 6 (235–245). Amer. Assoc. Petroleum Geol.
- ROSSET, J., CHAROLLAIS, J., TOURMAKINE, M., MANIVIT, H., CHATEAUNEUF, J.-J. & SCHAUB, H. (1976): Présentation des différentes unités du synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). – Eclogae geol. Helv.: 69/2, 359–402.
- SAWATZKI, G.G. (1975): Etude géologique et minéralogique des flyschs à grauwackes volcaniques du synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). Arch. Sci. Genève: 28/3, 265–368.
- STEIGER, R.H. & JÄGER, E. (1977): Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. – Earth and planet. Sci. Lett. 36, 359–362.
- VUAGNAT, M. (1952): Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du flysch nord-helvétique. Mat. Carte géol. Suisse: 97e livr., N.S., 1–103.

Manuscrit reçu le 28 mars 1981