

Géochimie (Géochronologie)

Âge $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, Carbonifère inférieur, du magmatisme basique filonien du synclinal paléozoïque de Tin Serririne, Sud-Est du Hoggar (Algérie)

Hamou Djellit ^a, Hervé Bellon ^b, Aziouz Ouabadi ^c, Mohamed E.M. Derder ^a,
Bernard Henry ^{d,*}, Boualem Bayou ^a, Allaoua Khaldi ^e, Kamal Baziz ^f,
Mounir K. Merahi ^a

^a CRAAG, BP 63, 16340 Bouzaréah, Alger, Algérie

^b IUEM, Unité mixte de recherche 6538, université de Bretagne occidentale, 6, av. Victor-Le-Gorgeu, C.S. 93837, 29238 Brest cedex 3, France

^c FSTGAT/USTHB, BP 32, El-Alia Bab Ezzouar, 16111 Alger, Algérie

^d Paléomagnétisme, IPGP et CNRS, 4, av. de Neptune, 94107 Saint-Maur-des-Fossés cedex, France

^e Département de géologie, université de Jijel, 18000 Jijel, Algérie

^f Université Abderrahmane-Mira, Béjaïa, Algérie

Reçu le 29 décembre 2005 ; accepté après révision le 1^{er} avril 2006

Disponible sur Internet le 12 juin 2006

Présenté par Vincent Courtillot

Résumé

Les séries primaires des Tassilis Oua-n-Ahaggar (Sud-Est du Hoggar) exposent, dans le synclinal de Tin Serririne, des passées magmatiques basiques alcalines. Le léger métamorphisme de contact qui affecte la couche les recouvrant et des études d'anisotropie de susceptibilité magnétique de ces dolérites ont permis de préciser que ces dernières correspondaient à des sills et à des dykes. Les datations $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ d'un échantillon sur roche totale et sur feldspaths séparés et de deux autres échantillons sur roche totale se recoupent à $347,6 \pm 16,2$ Ma (pour 2σ), indiquant de ce fait un âge qui correspond au Carbonifère inférieur (Tournaisien). La prise en compte de l'âge de ce magmatisme et des données stratigraphiques et structurales sur ce secteur suggèrent une mise en place de ces magmas au cours d'une distension liée au rejeu d'accidents tardi-panafricains. **Pour citer cet article : H. Djellit et al., C. R. Geoscience 338 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Lower Carboniferous $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ dating of intrusive basic magmatism of the Paleozoic syncline of Tin Serririne, south-eastern Hoggar (Algeria). Palaeozoic formations of the Tassilis Oua-n-Ahaggar (southeastern Hoggar) include magmatic rocks in the Tin Serririne syncline. Slight contact metamorphism of the overlying bed and studies of anisotropy of magnetic susceptibility of these rocks show that the latter correspond to sills and NW–SE or north–south dykes. $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ dating of separated feldspars and whole rock for one sample and of whole rock for two other samples give a mean age of 347.6 ± 16.2 Ma (at the 2σ level), thus corresponding to a Lower Carboniferous (Tournaisian) age. Taking into account both the age of this magmatism and the stratigraphic

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : henry@ipgp.jussieu.fr (B. Henry).

and structural data for this region suggests that dolerites were emplaced within distensive zones that are related to the reactivation of Panafrican faults. **To cite this article:** H. Djellit et al., C. R. Geoscience 338 (2006).

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Magmatisme ; Datation isotopique K–Ar ; Carbonifère ; Hoggar

Keywords : Magmatism; K–Ar isotopic dating; Carboniferous; Hoggar

Abridged English version

The Tin Serririne–Tin Mersoï basin is located south-east of the Hoggar shield in Algeria and Niger (Fig. 1A). It is constituted by Palaeozoic series that overlay the Hoggar basement. At least near the In Guezzam area, the lower part of this series is composed by magmatic and sedimentary complexes of Cambrian age, but slightly metamorphized [9]. The other Palaeozoic sedimentary formations include series from Ordovician to Carboniferous age in Algeria and to Permian in Niger (Fig. 2).

In Algeria, the Tin Serririne region corresponds to northwards extension of the Tin Mersoï basin, which has in Niger a broad extent. The Tin Serririne structure is a simple asymmetrical syncline of north–south axis having an almost flat bottom except close to the faults network on its western border ('In Guezzam' promontory [9]), where high plunge (dip reaching 60°) can be observed (Fig. 1C). The eastern part of the basin is cut by an important north–south Late Panafrican lineament, the 7°30' accident (Fig. 1C) [4,13,18].

Lessard [17] mentioned the existence of intrusive rocks west of the 'In Guezzam' promontory; he attributed their emplacement age to Hercynian times. Recent investigations permit to reveal the existence of magmatic rocks of same type, in the Tin Serririne syncline (In Azzaoua area – Fig. 1B). Emplacement of such rocks within a cratonic area requires a distensive context that interests major faults. Such basic magmatic rocks are unknown within the Saharan craton during the Palaeozoic, except in the Aïr, in the eastern Hoggar and within the 'pourprées' series [5]. The aim of this study is the isotopic dating of this magmatism, in order to specify this extension period. Thin sections, microprobe and rock-magnetism [8] studies show that these rocks present a doleritic texture and that the main ferrimagnetic minerals are magnetite and Ti-rich iron oxides. Minerals are preserved from any pronounced secondary alteration.

The studied dolerites are outcropping within the horizontal Lower Devonian formation, which corresponds mainly to successive sedimentary cycles (Fig. 1B) of coarse-to-fine sandstone. Level overlying them is baked

and affected by hydrothermal phenomenon, showing that these dolerites were intruded within the sedimentary formations.

The contacts between dolerites and host-rocks cannot be observed, due to very bad outcrop conditions. To determine the geometry of the magmatic bodies, a magnetic fabric study was performed. According to the sites, anisotropy of magnetic susceptibility data point out three different orientations of the magnetic foliation (Fig. 3): subhorizontal magnetic foliation corresponding to emplacement as sill in the tabular horizontal sedimentary Lower Devonian formations; subvertical NW–SE magnetic foliation resulting from intrusion as NW–SE dyke (most of the faults visible in the studied area are precisely NW–SE trending); subvertical north–south magnetic foliation corresponding to emplacement as north–south dyke. The north–south direction is that of the main Panafrican faults, in particular that of the 7°30' fault located a few kilometres east of the doleritic outcrops. The doleritic intrusion is then probably related to a sinistral transtensive movement along the 7°30' accident.

For these dolerites, no geological arguments allow us to constrain the emplacement age, which could be Lower Devonian or more recent. Fresh large samples from three sites were used for their dating by the $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ method. We have chosen to control for one sample the measured age on whole rock fraction (grain size between 300 and 150 μm) by that of feldspars easily isolated by a Frantz-type magnetic separator from 100- to 80- μm fraction. The obtained results agree with a 347.6 ± 16.2 Ma age at the 2σ level (Table 1), corresponding to the Lower Carboniferous (Tournaisian) [10,21].

This Carboniferous age of the dolerites of Tin Serririne syncline constitutes a new important datum. This dated magmatic episode is more recent than those of the Aïr [7,15,16,20]. It agrees with the existence of a distensive phase at this period, probably related to a fault reactivation of Late Pan-African accidents [4,13,18]. In at least one part of Tin Serririne syncline, this age correspond to that of the end of a stratigraphic gap period, marked by the deposition of a conglomeratic level. It is therefore likely that doleritic intrusion and Lower

Carboniferous conglomerate are related to the same tectonic episode.

1. Introduction et contexte géologique

Le bassin de Tin Serririne est une digitation qui prolonge vers le nord, en territoire algérien, le bassin nigérien de Tim Mersoï (Fig. 1A), qui s'étend sur de vastes étendues au sud-est du Hoggar. Ce synclinal, d'axe nord-sud, s'adosse à un grand linéament de socle, qui le borde à l'ouest. Il présente ainsi une structure dissymétrique simple (Fig. 1C). Son flanc oriental, plat et à faible pendage, contraste avec son flanc occidental très étroit et fortement redressé avec son flanc occidental très étroit et fortement redressé au niveau d'un faisceau de failles anastomosées, de direction proche de nord-sud (failles du promontoire d'In Guezam). Il montre, au-

dessus du socle métamorphique de haut degré et/ou de la série molassique pourprée cambrienne qui le surmonte à l'ouest [9], un ensemble paléozoïque allant, en Algérie, de l'Ordovicien au Carbonifère inférieur. Cet ensemble comprend quatre termes (Fig. 2) :

- l'Ordovicien est composé de bas en haut de grès conglomératiques à dragées de quartz, suivis par des grès micro-conglomératiques, puis de grès à stratifications obliques passant à des grès à Tigilites et, enfin, au sommet de dépôts glaciaires ;
- le Silurien est représenté par des argiles feuilletées recelant des miches carbonatées riches en Graptolites et en Orthocères, surmontées par des niveaux silteux à fines passées gréseuses, renfermant plutôt des lamellibranches et pauvres en Graptolites. Cette

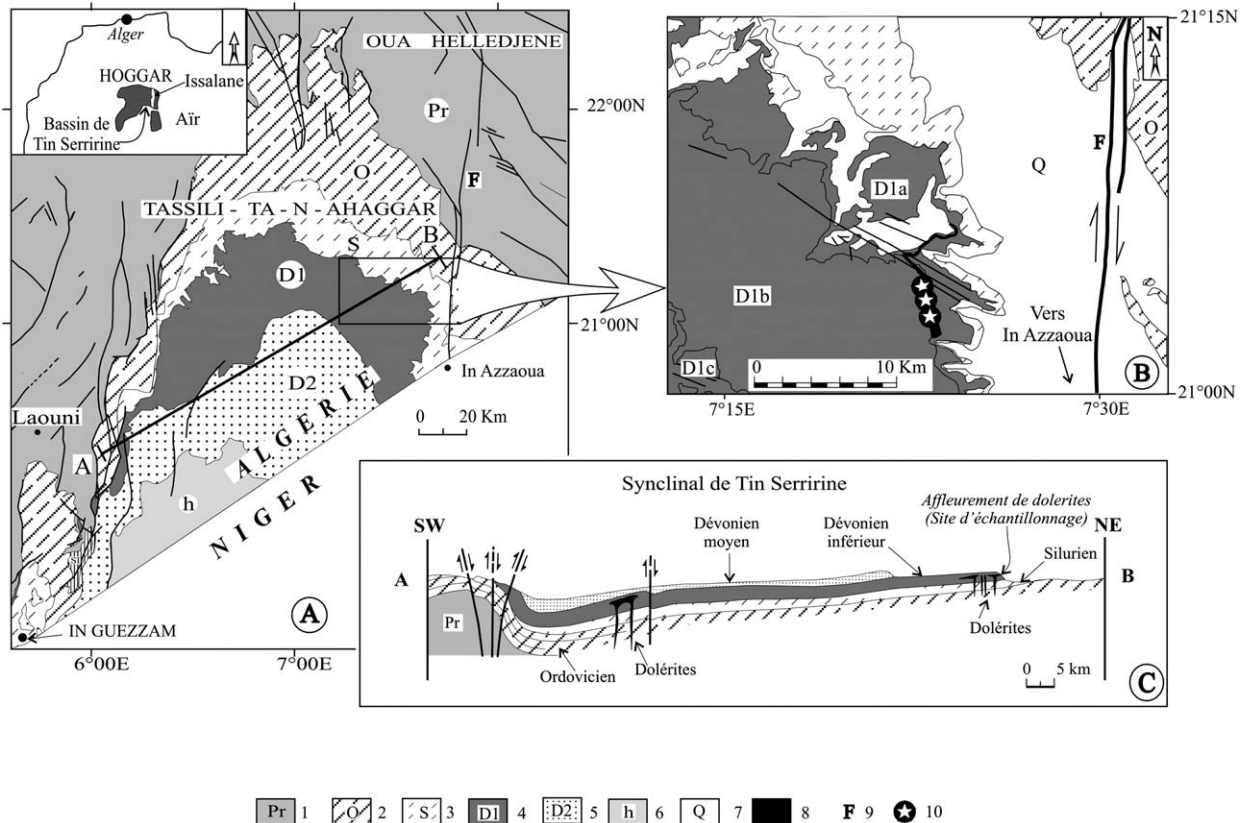


Fig. 1. (A) Esquisse géologique du synclinal de Tin Serririne (écorché anté-quaternaire). (B) Carte géologique de la région étudiée avec la localisation des sites de prélèvement. (C) Coupe A–B (Fig. 1A) à travers le synclinal de Tin Serririne (sans échelle verticale). 1, Protérozoïque (Pr) ; 2, Ordovicien (O) ; 3, Silurien (S) ; 4, Dévonien inférieur et moyen (D1) – cycles sédimentaires (D1a, D1b et D1c) – ; 5, Dévonien supérieur (D2) ; 6, Carbonifère (h) ; 7, Quaternaire (Q) ; 8, zone d'affleurement (carte B) des corps doléritiques (coupe C) ; 9, accident du 7°30' (F) ; 10, sites d'échantillonnage pour la datation isotopique.

Fig. 1. (A) Geological sketch of the Tin Serririne syncline (Pre-Quaternary cutaway). (B) Geological map of the study area with location of the sampling site. (C) Section A–B (Fig. 1A) across the Tin Serririne syncline (without vertical scale). 1, Proterozoic (Pr) ; 2, Ordovician (O) ; 3, Silurian (S) ; 4, Lower and Middle Devonian (D1) – sedimentary cycles (D1a, D1b and D1c) – ; 5, Upper Devonian (D2) ; 6, Carboniferous (h) ; 7, Quaternary (Q) ; 8, outcrop area (map B) of the doleritic bodies (section C) ; 9, 7°30' fault (F) ; 10, sampling sites for isotopic dating.

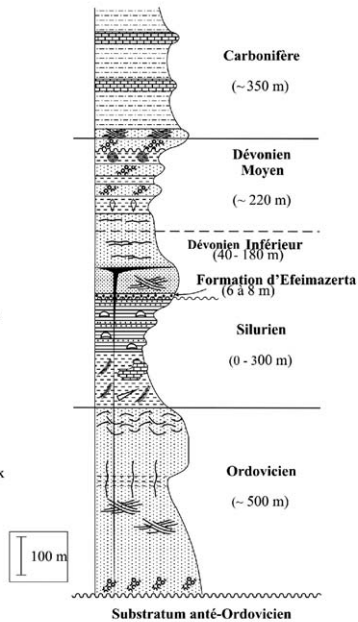
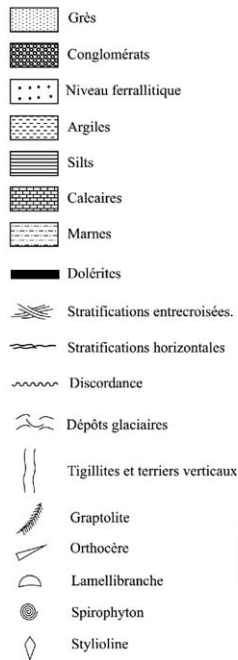
Légende :

Fig. 2. Colonne stratigraphique synthétique des séries du synclinal de Tin Serririne (d'après [6], modifié).

Fig. 2. Synthetic stratigraphic column of Tin Serririne syncline series (after [6], modified).

formation est datée du Caradoc supérieur au Llandovery moyen [6] ;

- (c) une formation grés-argileuse ferrugineuse (formation d'Efeimazerta) azoïque marque, dans la région d'In Azzaoua, la fin de la phase d'érosion qui a suivi l'orogénèse calédonienne [6]. Beuf et al. [3] ont démontré le caractère ferrallitique de cette formation recouvrant, sur une vaste étendue, la surface d'érosion pré-dévonienne. Au-dessus vient un ensemble essentiellement détritique, composé de trois formations. Le Dévonien inférieur (180 m d'épaisseur) est constitué par un complexe détritique gréseux, correspondant à plusieurs cycles sédimentaires, où dominant, à la base, des grès grossiers à stratifications obliques (formation d'Anou Izileg). Au-dessus viennent des grès fins à stratification horizontale et des argiles à Styliolines (formation de Tin Serririne, d'âge Emsien à Givetien inférieur). Ils sont couronnés par une alternance d'épais niveaux argileux et de barres gréseuses, parfois grés-conglomératiques, localement riches en débris végétaux (Spirophytons, Lepidodendron), puissante de 220 m (formation de Touaret ou de Tabéria, d'âge Givetien [6,17]). Le sommet de cette formation correspond à une surface de ravinement

régionale, marquant le début d'une lacune du Dévonien supérieur, au moins dans certains secteurs du bassin ;

- (d) la série carbonifère débute par un conglomérat de base à gros éléments gréseux, plus ou moins arrondis, surmonté par des grès (attribués au Viséen inférieur). Le Viséen supérieur montre une alternance de minces bancs métriques de calcaires très fins, riches en faune benthique, et d'épais niveaux marneux verdâtres. Dans le bassin de Tim Mersoï, au Niger, se développent d'autres formations, allant jusqu'au Permien.

L'existence de roches magmatiques, intercalées dans la série ou qui la recoupe, est connue à l'ouest du promontoire d'In Guezzam, depuis les travaux de Lessard [17]. Le magmatisme s'y présente sous forme de corps sécants par rapport aux termes allant de l'Ordovicien jusqu'au Dévonien inférieur compris. Lessard considère ce magmatisme comme un complexe doléritique qui se serait mis en place durant la période hercynienne, sous trois formes : « circulaire en cheminée au sein des grès de l'Ordovicien ; en sill probable dans les argiles gothlandiennes ; en boutonnière au cœur d'un anticlinal de forme circulaire visible dans le Dévonien inférieur ». De telles dolérites ont aussi été observées dans la couverture du Hoggar oriental [3].

Des investigations ont permis de retrouver le même type de magmatisme dans la série paléozoïque du bassin de Tin Serririne (Fig. 1B). Les dolérites sont intercalées dans la série du Dévonien inférieur qui recouvre la formation ferrallitique d'Efeimazerta. La mise en place de telles roches nécessite, en zone cratonique, l'activation de failles majeures dans un contexte structural distensif. Du point de vue structural, la partie est du synclinal de Tin Serririne est recoupée par l'accident du 7°30', qui est une structure majeure nord-sud formée durant le Panafricain et qui a rejoué durant le Paléozoïque. De nombreuses cassures NW-SE peuvent également être observées dans ce même secteur, dans le socle comme dans la série sédimentaire.

Durant le Paléozoïque, on ne connaît pas d'autres roches magmatiques basiques dans le craton saharien, sauf dans l'Aïr et dans les « séries pourprées » [5]. Il était donc d'un grand intérêt de dater la mise en place de ces roches pour préciser cette période de distension. Par ailleurs, les roches magmatiques basiques sont le plus souvent très favorables pour les études paléomagnétiques, et le nombre de données paléomagnétiques africaines est très limité, en particulier pour la période-clé du Paléozoïque moyen. Toutefois, une donnée paléomagnétique n'a d'intérêt que si l'âge d'acquisition

de l'aimantation est bien connu, ce qui, pour de telles roches magmatiques, demande le plus souvent une datation isotopique.

2. Nouvelles observations

2.1. Pétrographie et minéralogie

Les roches étudiées sont de couleur noire quand elles sont fraîches, et de teinte verdâtre quand elles sont altérées. Elles présentent une texture doléritique et une association minérale typique à plagioclase, pyroxène, minéraux opaques et apatite. Les feldspaths représentent la phase minérale principale. Ils cristallisent sous forme de lattes enchevêtrées qui ménagent des interstices remplis de clinopyroxènes ($\text{Wo}_{46-48}\text{En}_{24-32}\text{Fs}_{20-27}$) de type diopside. La présence, dans la phase feldspathique, de cristaux potassiques est incontestable, ainsi que l'indique la teneur élevée en potassium (1,99% de K_2O), mesurée aux dépens de la fraction feldspathique datée (Tableau 2). Les analyses à la microsonde des cœurs de ces minéraux montrent trois groupes de teneurs en K_2O : (1) comprises entre 0,3 et 0,8% dans environ 70% des cas ; (2) de l'ordre de 1,5%, dans environ 10% des cas et (3) très supérieures aux précédentes, comprises entre 4 et 6%, dans environ 20% des cas. Ce sont d'ailleurs les feldspaths potassiques de cette phase, qui contribuent à donner leur caractère potassique (1,48% de K_2O) à ces roches alcalines. Il apparaît également que le potassium est primaire dans ces laves et qu'aucun enrichissement secondaire en cet élément n'a pu être décelé. La phase minérale accessoire (environ 7 à 8% du pourcentage modal) est constituée par des granules, des figures squelettiques ou des cristaux sub-automorphes de minéraux opaques, essentiellement de l'ilménite, de la titano-maghémite à fort taux de titane et de la magnétite [8]. À ces phases minérales principales s'ajoutent, çà et là, de fines aiguilles d'apatite.

2.2. Observations de terrain

Les conditions d'affleurement de ces dolérites sont souvent très mauvaises : ces roches se présentent, en effet, sous forme de blocs plus ou moins isolés, sans contacts visibles avec les formations encaissantes et il est difficile de déterminer la géométrie des corps doléritiques. Les affleurements sont le plus souvent de petite taille, étroits et isolés. Ils sont dispersés sur plus de 10 km, du nord au sud (Fig. 1). Toutefois, dans une dépression, se trouvent plusieurs affleurements plus vastes de dolérites. Dans le bassin de Tin Serririne, on peut constater que ces dolérites sont uniquement observables

dans un même niveau du Dévonien inférieur. Elles sont localisées sous un des niveaux fins des cycles sédimentaires. Des galets provenant de ce niveau fin se retrouvent dans le niveau détritique grossier qui le recouvre, mais aucun élément de dolérite n'y a été observé. Les corps magmatiques ont développé localement un léger métamorphisme dans leur encaissant, y compris dans le niveau fin qui les surmonte, avec des échanges métasomatiques qui s'expriment par des liserés frangeants minéralisés à hématite et zéolites. Ce métamorphisme n'a pas été observé dans le même niveau fin, dans les secteurs sans dolérites. Ces éléments montrent que ce magmatisme est postérieur au niveau qui les surmonte et est donc intrusif. Les quelques affleurements les plus vastes représentent alors des sills, les autres pouvant être des sills étroits ou des dykes. Dans le niveau grésoconglomératique surmontant ce niveau fin, a été observée une indication de soulèvement très local, souligné par des basculements symétriques, au-dessus d'un affleurement de dolérites restreint. Cela indique probablement une légère déformation au toit d'une intrusion étroite.

2.3. Fabrique magnétique

Pour mieux comprendre la géométrie de ces corps magmatiques, une étude de la fabrique magnétique a été réalisée à l'aide d'un Kappabridge KLY-3 (AGICO, Brno), sur les échantillons de quelques-uns des sites prélevés pour une étude paléomagnétique. Cette fabrique est de faible intensité, avec des valeurs du degré d'anisotropie P' [14] de l'ordre de 1,02. Grâce à la relativement forte susceptibilité magnétique (K en 10^{-3} SI variant de 32,8 à 73,5, valeur moyenne 49,7) de ces roches, les directions mesurées des axes principaux d'anisotropie restent toutefois souvent très bien déterminées. La fabrique correspond à des formes très variables. Comme souvent dans les dykes ou les coulées basiques, les axes principaux, en général modérément dispersés à l'intérieur de chaque site, permettent de déterminer statistiquement [11,12] des directions significatives (Tableau 1 et Fig. 3) et, ainsi, de préciser les conditions de mise en place. Dans des dykes ou des sills peu épais, la foliation magnétique (plan perpendiculaire à l'axe de susceptibilité minimale) est en moyenne parallèle aux bordures de l'intrusion. L'axe maximal est souvent parallèle ou perpendiculaire à la direction d'écoulement du magma. Dans ces dolérites (Tableau 1), la foliation magnétique présente trois orientations différentes selon les sites : horizontale (Fig. 3A), ou verticale de direction NW–SE (Fig. 3B) ou nord–sud pour un site (Fig. 3C). La foliation magnétique horizon-

Tableau 1

Fabrique magnétique [11] dans les sites tests : Nombre d'échantillons (N), déclinaison (D), inclinaison (I) et demi-axes de confiance à 95% ($\alpha_{95x}/\alpha_{95y}$) des axes maximaux (MAX) et minimaux (MIN) de susceptibilité et paramètres P' et T [14]

Table 1

Magnetic fabric [11] in the sites tests: number of samples (N), declination (D), inclination (I) and half-axes of confidence at 95% ($\alpha_{95x}/\alpha_{95y}$) of maximum (MAX) and minimum (MIN) susceptibility axes and parameters P' and T [14]

Site	N	$D_{MAX}(^{\circ})$	$I_{MAX}(^{\circ})$	$\alpha_{95x}/\alpha_{95y}$	$D_{MIN}(^{\circ})$	$I_{MIN}(^{\circ})$	$\alpha_{95x}/\alpha_{95y}$	P'	T
'NW–SE'									
1	5	303	41	28/5	195	9	18/2	1,023	0,68
4	6	121	36	7/1	239	28	3/2	1,008	0,02
21	7	124	34	24/8	237	29	24/9	1,012	0,39
25	8	340	15	16/6	58	15	23/9	1,008	0,06
26	8	307	28	14/7	54	17	26/17	1,009	0,05
43	10	112	11	8/4	210	26	13/4	1,016	–0,08
'North–south'									
19	9	182	18	12/5	279	4	7/3	1,010	0,06
22	6	200	19	22/12	294	1	17/8	1,014	0,16
'Sill'									
6	5	118	1	5/1	213	72	8/5	1,011	–0,39
11	6	162	5	7/6	300	82	11/3	1,011	–0,38

tale a été obtenue dans des sites de la vaste dépression, confirmant qu'il s'agit bien là d'un sill. Les foliations verticales indiquent une mise en place dans des dykes ayant des directions NW–SE ou nord–sud.

La direction nord–sud correspond à celle des accidents majeurs tardi-panafricains du Hoggar, en particulier à celle de l'accident majeur du 7°30', passant à proximité de la zone étudiée. De nombreux accidents NW–SE existent dans le socle, à proximité du bassin de Tin Serririne, en particulier entre l'Aïr et le môle d'Issalane. L'intrusion des dolérites est sans doute en partie liée à une réouverture de ces accidents. Il est très probable, comme cela a été le cas à diverses périodes [13], que cette réouverture soit liée à un rejeu de l'accident du 7°30'. Ce rejeu aurait alors été un jeu transtensif senestre. Un tel jeu aurait donné un contexte extensif au niveau des accidents NW–SE.

3. Datation isotopique

Trois échantillons de grande taille et non altérés ont été sélectionnés dans les différents sites pour tenter de dater ce magmatisme par la méthode ^{40}K – ^{40}Ar . Nous avons choisi de contrôler, pour un des échantillons, l'âge mesuré sur roche totale (granulométrie de 150 à 300 μm , sélectionnée par tamisage à partir du broyage de l'échantillon) par celui sur des feldspaths isolés aisément au séparateur magnétique de type Frantz à partir de la fraction 80 à 100 μm . Avant toute préparation spécifique de l'échantillon pour les mesures de la composition isotopique de l'argon par spectrométrie de

masse [2] ou la détermination par spectrométrie d'absorption atomique de la concentration du potassium, les fractions séparées ont été soigneusement rincées à l'eau distillée.

Les âges obtenus présentés dans le Tableau 2 se recourent à $347,6 \pm 16,2$ Ma, pour 2σ . Les incertitudes analytiques relatives prises en compte dans le calcul de l'incertitude globale sont de 1% pour K_2O , 1,5% pour la concentration du traceur isotopique ^{38}Ar , 0,5% pour le calcul de la discrimination en masse du spectromètre et 0,5% sur les rapports isotopiques de l'argon mesurés. Le potassium y est considéré comme primaire. Ce résultat, qui moyenne les âges mesurés sur minéral et roche totale, ainsi que sur deux autres roches totales, est donc retenu comme âge très probable de la mise en place de ce magmatisme. Il correspond [10,21] à un âge Carbonifère inférieur (Tournaisien). Le pôle paléomagnétique ($\lambda = 18,8^{\circ}$ S, $\phi = 31,2^{\circ}$) obtenu sur ces dolérites [8] est d'ailleurs très proche des autres pôles africains pour cette même période [1].

4. Conclusion

L'âge Carbonifère inférieur déduit de l'âge isotopique K–Ar moyen mesuré sur plusieurs dolérites du synclinal de Tin Serririne constitue une donnée nouvelle importante. Cet événement magmatique est nettement postérieur aux épisodes magmatiques anorogéniques, présents dans l'Aïr et dont les plus récents sont d'âge Dévonien inférieur [7,15,16,20]. Il s'accorde avec l'existence d'une distension à cette époque, vraisemblable-

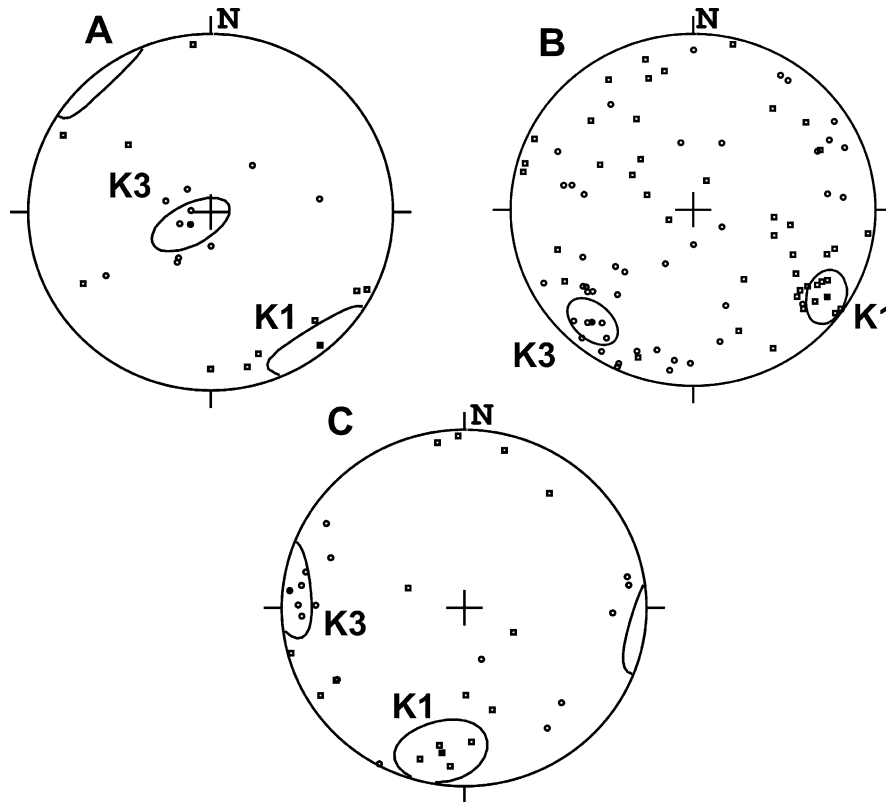


Fig. 3. Ellipses de confiance à 95% [11] des axes principaux de susceptibilité maximale K1 et minimale K3 pour les échantillons des sites avec K3 à forte inclinaison (A), et des sites avec K3 faiblement incliné et avec K1 plutôt NW-SE (B) ou nord-sud (C). Axes principaux moyens (figurés pleins) et dans les différents spécimens (figurés vides) de susceptibilité maximale (carrés) et minimale (cercles). Projection stéréographique en coordonnées géographiques dans l'hémisphère inférieur.

Fig. 3. Confidence ellipses at 95% [11] for maximum K1 and minimum K3 principal susceptibility axes for samples of sites with high inclination of K3 (A) and sites with low plunge of K3 and K1 trending either NW-SE (B) or north-south (C). Mean (full symbols) and specimens (open symbols) principal maximum (squares) and minimum (circles) susceptibility axes. Stereographic projection in geographical coordinates in the lower hemisphere.

Tableau 2

Les âges ont été calculés selon les constantes préconisées par Steiger et Jäger [22] et les incertitudes déterminées suivant les propositions de Mahood et Drake [19] sont présentées pour 2σ . Détails dans le texte. Échantillons D1 ($21^{\circ}00'35''\text{N}$, $7^{\circ}23'30''\text{E}$), D3 ($21^{\circ}02'40''\text{N}$, $7^{\circ}23'20''\text{E}$) et DH ($21^{\circ}05'39''\text{N}$, $7^{\circ}22'30''\text{E}$)

Table 2

Ages have been calculated using constants of Steiger and Jäger [22] and error quoted along work of Mahood and Drake [19] are presented for 2σ . Details are given in the full text. Samples D1 ($21^{\circ}00'35''\text{N}$, $7^{\circ}23'30''\text{E}$), D3 ($21^{\circ}02'40''\text{N}$, $7^{\circ}23'20''\text{E}$), and DH ($21^{\circ}05'39''\text{N}$, $7^{\circ}22'30''\text{E}$)

Échantillon	Numéro d'analyse	Âge moyen (Ma) ($\pm 2\sigma$)	Âge (Ma) \pm Incertitude (2σ)	$^{40}\text{Ar}^*$ (%)	$^{40}\text{Ar}^*/\text{g}$ ($10^{-7} \text{ cm}^3/\text{g}$)	K_2O (%)	Poids (g)
D3 RT	6731	345,0 \pm 16,0	341,8 \pm 15,6	95,8	178,3	1,47	0,3065
	6734		347,5 \pm 16,0	95,2	181,6		0,3007
	6751		347,5 \pm 16,0	96,8	181,6		0,4025
	6772		343,4 \pm 15,8	96,4	179,3		0,4033
D1 RT	6708	347,6 \pm 16,0	342,8 \pm 15,8	97,8	174,1	1,43	0,5059
	6743		351,6 \pm 16,0	97,0	178,9		0,4044
	6750		351,6 \pm 16,0	96,3	178,9		0,4000
	6771		344,4 \pm 15,8	96,6	175,3		0,4073
DH RT	6752		350,3 \pm 16,0	97,0	184,5	1,48	0,4015
DH Fds	6754		352,6 \pm 16,2	95,4	250,0	1,99	0,1386

Âge moyen RT et Fds de l'échantillon DH : 351,4 Ma.

Âge moyen RT des échantillons D3, D1 et DH : 347,6 Ma.

blement liée à un jeu des accidents tardi-panafricains [4,13,18]. Dans au moins une partie du synclinal de Tin Serririne, cet âge correspond à celui de la fin d'une période de lacune stratigraphique, marquée par le dépôt d'un niveau conglomératique. Intrusion doléritique et conglomérat du Carbonifère inférieur sont alors probablement liés à un même épisode tectonique.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre des accords de coopération franco-algérienne CMEP (accord n° 01MDU521). J.-C. Philippet (Brest) a réalisé les mesures des âges. Qu'il en soit remercié. Nous remercions les autorités civiles (Wilaya) et militaires (Darak El Wtani) de Tamanrasset pour leur aide, ainsi que J.-P. Liégeois et les rapporteurs anonymes de cette note pour leurs remarques constructives.

Références

- [1] T. Aifa, H. Feinberg, J.-P. Pozzi, Devonian/Carboniferous paleopoles for Africa. Consequences for Hercynian geodynamics, *Tectonophysics* 179 (1990) 288–304.
- [2] H. Bellon, N.G. Buu, J. Chaumont, J.-C. Philippet, Implantation ionique d'argon dans une cible support. Application au traçage isotopique de l'argon contenu dans les minéraux et les roches, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 292 (1981) 977–980.
- [3] S. Beuf, B. Biju-Duval, O. de Charpal, P. Rognon, O. Gabriel, A. Bennacef, Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités. Évolution structurale d'un craton, *Publ. Inst. Fr. Pét., Sci. Tech. Pét., Technip, Paris*, 1971 (480 p.).
- [4] R. Black, L. Latouche, J.-P. Liégeois, J.-M. Bertrand, Pan African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara), *Geology* 22 (1994) 641–644.
- [5] R. Caby, Existence du Cambrien à faciès continental (« série pourprée » « Nigritien ») et importance du volcanisme et du magnétisme de cet âge au Sahara central, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 264 (1967) 1386–1389.
- [6] J. Claret, C. Tempere, Le Paléozoïque du bassin du Tamesna (Sud de l'« Ahaggar »), *Z. deutsch. Geol. Ges.* 117 (1968) 460–468.
- [7] D. Demaiffe, C. Moreau, W.L. Brown, D. Weiss, Geochemical and isotopic (Sr, Nd and Pb) evidence on the origin of the anorthosite-bearing anorogenic complexes of the Air Province, Niger, *Earth Planet. Sci. Lett.* 105 (1991) 28–46.
- [8] M.E.M. Derder, B. Henry, B. Bayou, A. Ouabadi, H. Bellon, H. Djellit, A. Khaldi, M. Amenna, K. Baziz, A. Hemmi, M.A. Guemache, New African Lower Carboniferous paleomagnetic pole from intrusive rocks of the Tin Serririne basin (Southern border of the Hoggar, Algeria), *Tectonophysics* 418 (2006) 189–203.
- [9] H. Djellit, B. Henry, M.E.M. Derder, Sur la présence d'une série molassique (de type série pourprée) au Sud-Est de l'Ahaggar (In Guezzam, Hoggar, Algérie), *C. R. Geoscience* 334 (2002) 789–794.
- [10] F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, F.P. Agterberg, W. Bleeker, R.A. Cooper, V. Davydov, P. Gibbard, L.A. Hinnov, M.R. House, L. Lourens, H.P. McArthur, J. Luterbacher, M.J. Melchin, L.J. Robb, J. Shergold, M. Villeuneuve, B.R. Wardlaw, J. Ali, H. Brinkhuis, F.J. Hilgen, J. Hooker, R.J. Howarth, A.H. Knoll, J. Laskar, S. Monechi, J. Powell, K.A. Plumb, L. Raffi, U. Rohl, A. Sanfilippoo, B. Schmitz, N.J. Shackleton, G.A. Shields, H. Strauss, J. Van Dam, J. Veizer, T. Van Kolfschoten, D. Wilson, *A Geological Time Scale*, Cambridge University Press, 2004 (384 p.).
- [11] B. Henry, M. Le Goff, Application de l'extension bivariate de la statistique de Fisher aux données d'anisotropie de susceptibilité magnétique : intégration des incertitudes de mesure sur l'orientation des directions principales, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 320 (1995) 1037–1042.
- [12] B. Henry, P. Camps, G. Plenier, Magnetic fabric of Miocene lavas in the Jeanne d'Arc Peninsula (Kerguelen Islands), *J. Volc. Geotherm. Res.* 127 (2003) 153–164.
- [13] B. Henry, B. Bayou, M.E.M. Derder, H. Djellit, A. Ouabadi, M. Merahi, K. Baziz, A. Khaldi, A. Hemmi, Emplacement and fabric-forming conditions of the Alous-En-Tides granite, eastern border of the Tin Serririne/Tin Mersoï basin (Algeria): magnetic and visible fabrics analysis, *J. Struct. Geol.* 26 (2004) 1647–1657.
- [14] V. Jelinek, Characterization of the magnetic fabric of rocks, *Tectonophysics* 79 (1981) 63–67.
- [15] J.-P. Karche, M. Vachette, Age et migration de l'activité magmatique dans les complexes paléozoïques du Niger, conséquences, *Bull. Soc. géol. France* 20 (1978) 941–953.
- [16] J. Lameyre, R. Black, B. Bonin, A. Giret, Les provinces magmatiques de l'Est américain, de l'Ouest africain et des Kerguelen. Indications d'un contrôle tectonique et d'une initiation superficielle du magmatisme intraplaque et des processus associés, in : *Extr. Annales Soc. Géol. Nord, T. CIII, séance du 10 juin 1983*, pp. 101–114.
- [17] L. Lessard, Les séries primaires des Tassilis Oua-N-Ahaggar au sud du Hoggar entre l'Air et l'Adrar des Iforas (Sahara méridional), *Bull. Soc. géol. France* (7) 3 (1961) 501–513.
- [18] J.-P. Liégeois, L. Latouche, M. Boughara, J. Navez, M. Guiraud, The LATEA metacraton (Central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny, *J. Afr. Earth Sci.* 37 (2003) 161–190.
- [19] G.A. Mahood, R. Drake, K–Ar dating young rhyolitic rocks: A case study of the Sierra La Primavera, Jalisco, Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.* 93 (1982) 1232–1241.
- [20] C. Moreau, D. Demaiffe, Y. Bellion, A.M. Boullier, A tectonic model for the location of Palaeozoic ring complexes in Air (Niger, West Africa), *Tectonophysics* 234 (1994) 129–146.
- [21] G.-S. Odin, Échelle des temps géologiques, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 318 (1994) 59–71.
- [22] R.H. Steiger, E. Jäger, Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology, *Earth Planet. Sci. Lett.* 36 (1977) 359–362.