

Sur la présence d'une série molassique (de type série pourprée) au Sud-Est de l'Ahaggar (In Guezzam, Ahaggar, Algérie)

Hamou Djellit^a, Bernard Henry^b, Mohamed E.M. Derder^a

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

^b « Géomagnétisme et paléomagnétisme », institut de physique du Globe de Paris & CNRS, 4, av. de Neptune, 94107 Saint-Maur-des-Fossés, France

Reçu le 11 janvier 2002 ; accepté le 11 juin 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – Presence of molassic series ('Série pourprée' type) in the Southeast of the Ahaggar (In Guezzam, Ahaggar, Algeria). In the western Ahaggar shield, the transition between the Precambrian and the Ordovician units is characterised by thick volcano-sedimentary series ('Série pourprée' of the Ahnet). This series, in part of Cambrian age, results from the demolition of the Panafrican belt. Similar series were known in grabens located between the West African craton and the Ahaggar, from the 'Adrar des Iforas', in the south, to the Ougarta belt, in the north. We describe in this study a new formation identical to the 'Série pourprée' of the Ahnet, but cropping out in the far Southeast of the Ahaggar (In Guezzam). This new datum improves the Panafrican belt configuration. *To cite this article: H. Djellit et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 789–794.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Ahaggar / In Guezzam / 'Série pourprée' / Panafrican Belt

Résumé – Le passage entre le Précambrien et l'Ordovicien est marqué dans l'Ahaggar occidental par le dépôt de séries volcano-sédimentaires (de type *série pourprée* de l'Ahnet). Ces séries, en partie cambriennes, résultent du démantèlement de la chaîne panafricaine. Elles sont connues dans des grabens localisés entre le craton Ouest-Africain et l'Ahaggar, depuis l'Adrar des Iforas, au sud, jusqu'à l'Ougarta, au nord. Nous décrivons dans cet article une formation molassique, comparable à la *série pourprée* de l'Ahnet, mais affleurant, contrairement aux séries connues, à l'extrême Sud-Est de l'Ahaggar (In Guezzam). Cette nouvelle donnée permet de préciser la configuration de la chaîne panafricaine. *Pour citer cet article : H. Djellit et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 789–794.*

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Ahaggar / In Guezzam / série pourprée / chaîne Panafricaine

Abridged version

The meso-catazonal series of the Ahaggar shield have recorded three main orogenic cycles [9]: the 'Ouzalian' cycle, responsible of an Archean granulitisation at 2800 Ma [12]; the 'Eburnean' (or 'Birrimian') cycle at 2000 Ma [2], characterised by folding and metamorphism; the Panafrican cycle, between 600 and 500 Ma [2, 18], during which the Ahaggar palaeo-continent collided with the West African craton (Fig. 1), forming the Panafrican belt.

The formation of this belt was followed by the deposition of the thick Palaeozoic and Mesozoic series, which characterise the wide Saharan platform. In the western part of the Ahaggar shield, the transition between the Precambrian and the Ordovician units corresponds to the accumulation of thick molassic series (up to 4000 m locally) [10], which are composed mainly by grauwackes presenting in some places the characters of a flysch. These deposits, called 'intermediate series', are well represented by the 'Série pourprée' of the Ahnet, developed in the North-

Adresses e-mail : djellit@yahoo.fr (H. Djellit),
henry@ipgp.jussieu.fr (B. Henry).

west of the Ahaggar. These ‘intermediate series’ should result from the erosion of the Panafrican belt. They are, from a palaeogeographical point of view, related to the tectonic suture between the two cratons. The known outcrops of these series are pointed out on narrow north–south grabens, parallel to the limit between the two cratons. These grabens are located only in the western and central parts of the Ahaggar (from the ‘Adrar des Iforas’ to the south to the Ougarta belt to the north) [1, 3, 6].

The ‘Série pourprée’ of the Ahnet is considered as a reference series. It comprises two main parts:

- the Tagengan’t unit is mainly constituted, at the bottom, by purple coloured facies (clay, pelite, grauwacke, cross-bedded arkose, tillite containing lentils of conglomerate and breccia, with volcanic elements); its middle part is a mauve platy limestone, locally conglomeratic or constituting the cement of a stratified tillite; the latter contains concretions (calcite, baryte), rare stromatolites, and volcanic products (rhyolites, dacites, andesites, ignimbrites, breccias and tuffs) dated at ‘In Zize’ to 550 ± 30 Ma; a khaki beige coloured ensemble (limestone, psammite, clay, pelite, sandstone and quartzite) constitutes
- the Ouallen–In Semmen unit is composed by arkose, conglomeratic beds, clays, green flysch and tillites.

These series are uniform on wide surfaces, as underlined by volcanic and glacial key levels. They present identical evolution in the basins where they were accumulated (Fig. 1): Ouallen basin, In Semmen and Egatalis basins. They are similar to the ‘Nigritian’ of the ‘Adrar des Iforas’ [16, 17] visible more southerly and to the ‘intermediate series’ of the Central Ahaggar [14].

New investigations in the In Guezzam region (South East of the Ahaggar) allowed observing between the substratum of high degree of metamorphism and the Ordovician sandstone of the Tassilis, an arkosic formation, of low degree of metamorphism and containing volcanic rocks and glacial deposits. In the Laouni region ($5^{\circ}57'E$, $19^{\circ}52'N$), at approximately 40 km northeast of the In Guezzam locality, this formation is well outcropping (Fig. 2), in the axial part of a north–south anticline. This anticline is juxtaposed to large north–south accidents affecting the border of the Tin Siririne Palaeozoic basin. The formation comprises, from the bottom to the top (Fig. 3): (1) varved glacial deposits, associated with pelite and micaceous arkosic sandstone highly schistosed (total thickness 200 m approximately); the varves have from purple–mauve to reddish tints, with greenish reflections; they are tectonically cut in decimetre-scale sigmoid bands, separated by veins of quartz reaching locally a thickness of more than 5 m; (2) thick conglomerate (of about 200 m) with blue grey calcareous cement, containing pebbles of metamorphous basement (gneiss, migmatite, granite and volcanic rocks); these pebbles show locally fractures and deformations by simple shear (sigmoid structure indicating a dextral strike-slip movement along the north–south sub-vertical fault which marks the eastern border of the Tin Siririne basin); (3) 15 to 20 m of fine arkosic sandstone, of sandy aspect, dark brown to beige

khaki, and including volcanic levels (ignimbrites? rhyolite and/or tuff); (4) 200 to 300 m of pink coarse arkose, looking like granitic sand, badly stratified, associated with porphyritic volcanic rocks either as mass or as veins injected in centimetres to decametres shear zones, trending NE–SW; (5) 0 to 20 m of pelite and silt in thin beds of blue violet to mauve colours, showing less competent interbeds finely schistosed; (6) 0–20 m of green sandy clay, which evolves to whitish-pinkish bad cemented arkosic sandstone, showing rounded small pebbles of quartz and cross bedding.

The levels described above are similar to those of the ‘intermediate series’ already described [5, 10, 11, 13, 14, 19] in the western and central Ahaggar. They are unconformably overlain by the Palaeozoic deposits, which are constituted by a thick series, beginning by the Ordovician formation [15]. The bottom of the latter is characterised by a conglomerate, reworking rolled pebbles of quartz. It overlies in this sector, a gully surface, presenting in other locations [15, 20] all the characteristics of a major discontinuity. On another hand, the levels of the molassic series described above are affected by a ductile deformation with a slight metamorphism, which is absent in the overlying Palaeozoic series.

The molassic series can also be observed 20 km west of In Guezzam locality, on the southwestern side of the ‘Segoued’ Mount ($5^{\circ}35'E$; $19^{\circ}30'N$). It appears, more or less dislocated and locally highly altered, along a system of little NE–SW strike slip faults, oblique on the north–south general structure of the large folds affecting the Palaeozoic formations. Though bad outcropping conditions, under the Ordovician sandstone of the ‘Tassilis’ (here also with the bottom underlined by a conglomerate with pebbles of quartz), can be distinguished, from the bottom to the top: blackish oxide-rich level (mainly very altered hematite), indicating the passage from the high metamorphism series (marble with pyrite, banded gneiss, granite and lenticular banded gneiss); some levels of grey pelite and beige arkosic fine-grained sandstone; monotonous formation (30 to 50 m) of badly cemented pink arkosic sandstone; folded (centimetres folds) level (20 to 30 m), constituted by lamellar sandy clay and fine arkosic sandstone with khaki beige patina and grey cement, showing cross-bedding.

Towards the southwest, we observed isolated outcrops of oxides-rich varved glacial deposits and altered sandstones, without apparent stratigraphic relation with the previous levels, but having facies similar to the same type of deposits described in the first section (Laouni area).

40 km more northerly ($5^{\circ}44'E$, $19^{\circ}54'N$), west of the Timg’ouine Mount, the same series is injected, along NE–SW fractures, by volcanic rocks (acids?). Close to these veins many faults fissures, filled up by quartz, can be observed.

As the Panafrican belt results from the collision of the West African craton to the Ahaggar palaeo-continent, it is logical to admit that the molasses resulting from its demolition were accumulated in grabens located on

the western border of the Ahaggar. The presence of the molassic series described in this study far southeast in the Ahaggar, in the In Guezzam region underlines the problem of the transport of this detrital material. The molassic deposits pointed out in the In Guezzam area are very thick and include large pebbles. They therefore accumulated in subsident depression close to source relief. We suggest that important relief must be formed during the Panafrican as far as the Eastern Ahaggar. This relief

resulted probably from the faulting of the major north–south faults, which cut up the Precambrian shield of the Ahaggar since the Panafrican. This molassic series would result of detrital accumulations located in basins parallel to these major tectonic structures. The configuration of these receiver basins of the post-Panafrican molasses is in good agreement with the hypothesis according to which the Ahaggar palaeo-continent is the result of the joining of several terranes [4, 6].

1. Rappels géologiques

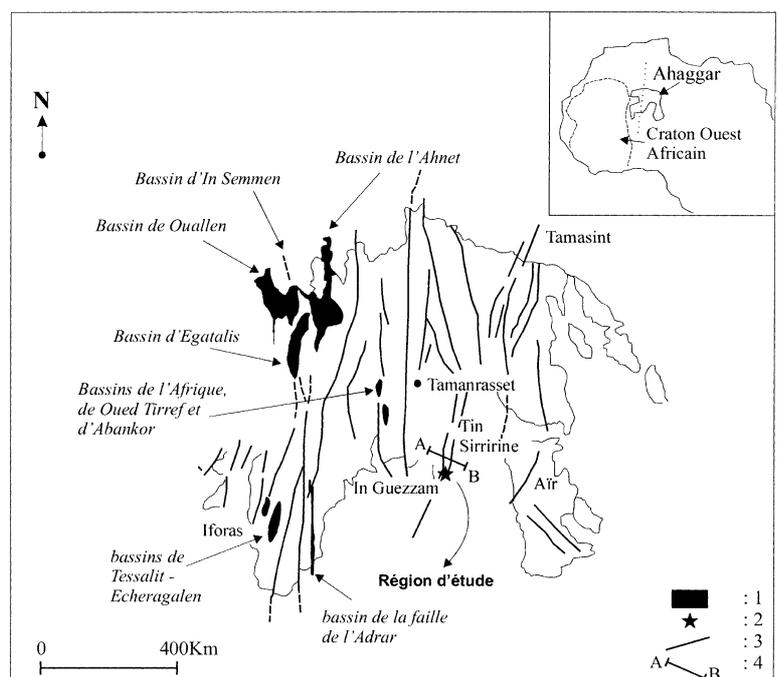
Les séries méso-catazonales précambriennes qui composent l’Ahaggar ont enregistré trois grands cycles orogéniques [9] : le cycle ouzzalien, responsable d’une granulitisation (Archéen) à 2800 Ma [12] ; le cycle éburnéen (ou birrimien) à 2000 Ma [2], qui s’accompagne de plissements et de métamorphisme ; le cycle panafricain, entre 600–500 Ma [2, 18], qui donne naissance à la chaîne panafricaine, en accolant le paléocontinent de l’Ahaggar au craton Ouest-Africain (Fig. 1).

Vers la fin du dernier cycle, entre le Précambrien et le dépôt des grès de l’Ordovicien inférieur des Tassilis, les séries précambriennes des parties occidentale et centrale de l’Ahaggar sont en partie recouvertes par d’épaisses accumulations molassiques (localement jusqu’à 4000 m), dont le représentant type est la *série pourprée* de l’Ahnet. Ces séries sont constituées de dépôts, essentiellement détritiques, liés

à l’érosion de la chaîne panafricaine. Elles se seraient accumulées, au niveau de l’Ahaggar occidental [8], dans de vastes piedmonts et dans des bassins subsidents, sous des climats « rubéfiants » à alternances de saisons sèches et pluvieuses, mais aussi avec des épisodes éoliens et glaciaires. Sur le plan tectonique, elles ont enregistré deux plissements (P1 et P2). P2 est tardif et affecte l’ensemble de la série, alors que P1 est contemporain de la sédimentation et permet de distinguer, à la base, la série de Tagengan’t, affectée par les deux plissements, et, au-dessus, la série de Ouallen, affectée uniquement par le second plissement. Le plissement P2, moins intense que le premier [8], intervient pour modeler le socle anté-tassilien en une alternance subméridienne de bassins résiduels plissés et faillés, ainsi que de horsts comportant des témoins peu ou non plissés des mêmes formations. Le contenu de ces formations se résume à la série de Tagengan’t et la série d’Ouallen-In Semmen.

Figure 1. Localisation des affleurements des séries molassiques (de type *série pourprée*) dans l’Ahaggar: **1** = affleurements connus des séries molassiques ; **2** = localisation de la nouvelle série molassique dans la région d’In Guezzam ; **3** = faille panafricaine ; **4** = localisation de la coupe (Fig. 2).

Figure 1. Location of molassic outcrops series of ‘*Série pourprée*’ type in the Ahaggar: **1** = known molassic outcrops; **2** = new outcrop; **3** = Panafrican fault; **4** = location of the geological section (Fig. 2).



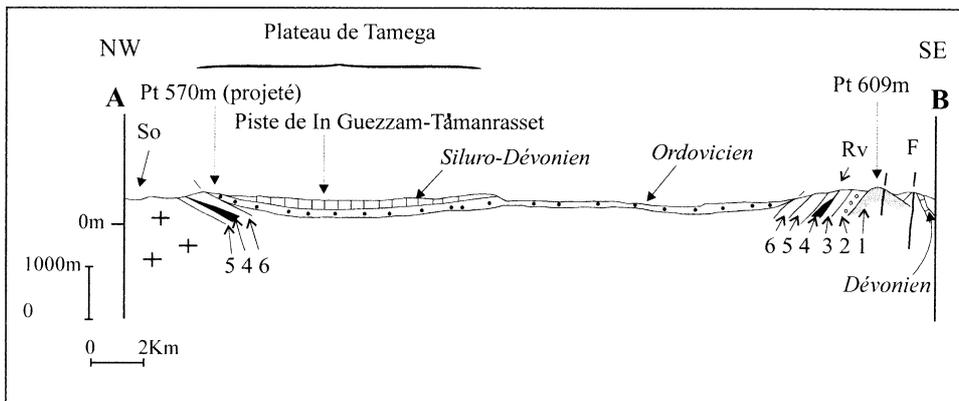


Figure 2. Coupe A–B (voir localisation sur la Fig. 1) montrant les différents termes de la série molassique dans la région de In Guezzam : **So** = socle de haut grade de l’Ahaggar (Antécambrien) ; **Rv** = roches volcaniques ; **F** = faille ; **1–6** = voir description détaillée dans le texte et dans la Fig. 3.

Figure 2. A–B geological section (see location in Fig. 1) showing the different terms of the molassic series of In Guezzam area: **So** = high-grade Ahaggar shield (Precambrian); **Rv** = volcanic rocks; **F** = fault; **1–6** = see description in the text and in Fig. 3.

1.1. La série de Tagengan’t

On observe, de bas en haut :

- une alternance de teinte pourprée, composée d’argiles, de pélites, de grauwackes et d’arkoses à stratifications obliques, débutant localement par une tillite pourpre et renfermant des lentilles de poudingues et brèches à éléments volcaniques ;
- une formation de calcaires en plaquettes mauves manganésifères, localement conglomératiques, ou constituant le ciment d’une tillite stratifiée recelant des concrétions (calcite, barytine), de rares stromatolites de petite taille (1 à 5 cm) et des produits volcaniques (rhyolites, dacites, andésites, ignimbrites, brèches et tufs), datés à In Zize à 550 ± 30 Ma ;
- au sommet, un ensemble coloré en beige kaki, comprenant des calcaires, des psammites, des lits argileux, des pélites, des grès et des quartzites, localement à grains de glauconie.

1.2. La série d’Ouallen–In Semmen

On observe, de bas en haut, la succession suivante : arkoses grossières à galets et lits conglomératiques, arkoses fines micacées, formation verte argileuse, argiles, flysch vert, arkoses, conglomérats pourpres et tillites, et localement une formation gréso-arkosique et micacée fine.

Ces séries de l’Ahnet sont uniformes sur de grandes distances, comme le soulignent des niveaux repères volcaniques et glaciaires. Elles montrent une évolution identique dans les bassins dans lesquels elles se sont accumulées (bassins d’Ouallen, d’In Semmen et d’Egatalis). Elles s’apparentent au Nigrilien de l’Adrar des Iforas [16, 17], visible plus au sud, et aux séries intermédiaires de l’Ahaggar central [1, 3, 14].

2. Nouvelles observations

Les investigations que nous avons effectuées dans la région d’In Guezzam (Sud-Est de l’Ahaggar), ont

permis d’observer, entre le substratum cristallophyllien de haut grade et les grès ordoviciens des Tassilis, une formation arkosique, peu métamorphique et recelant des roches volcaniques et des dépôts glaciaires. Elle est comparable en tout point aux séries « intermédiaires » décrites [5, 10, 11, 13, 14, 19, 22] dans l’Ahaggar central et occidental.

Dans la région de Laouni ($5^{\circ}57'E$, $19^{\circ}52'N$), à environ 40 km au nord-est de la localité d’In Guezzam, elle est visible (Fig. 2), dans de bonnes conditions d’affleurement, au cœur d’un anticlinal d’axe nord-sud. Cet anticlinal est juxtaposé à un des grands accidents verticaux, de même orientation, affectant la bordure du bassin de Tin Siririne. Entre le socle cristallophyllien de haut grade et les grès ordoviciens des Tassilis, on peut observer, de bas en haut, la succession suivante (Fig. 3) : (1) des dépôts glaciaires varvés, associés à des pélites et des grès arkosiques micacés, fortement schistosés (200 m environ) ; les varves présentent des teintes rutilantes chatoyantes, passant de pourpre à mauve vers des teintes rougeâtres à reflets verdâtres ; ces dépôts sont découpés tectoniquement en lames sigmoïdes décimétriques, entre lesquelles s’intercalent des filons de quartz, totalisant par endroit plus de 5 m d’épaisseur ; (2) un conglomérat épais (de l’ordre de 200 m) à ciment calcaire gris bleu, emprisonnant des galets de socle métamorphique (gneiss, migmatite, granite et fragments de roche volcanique), tantôt arrondis, tantôt peu émoussés ; ces galets montrent localement des fractures et des déformations par des cisaillements simples (allure sigmoïde traduisant un mouvement décrochant dextre le long de la faille subverticale nord-sud, soulignant la bordure orientale du synclinal de Tin Siririne) ; (3) 15 à 20 m de grès arkosiques fins d’aspect sableux, marron foncé à beige kaki, entrecoupés par des passées volcaniques (ignimbrites ?, rhyolites et/ou tufs) ; (4) un ensemble (200 à 300 m) d’arkoses grossières de couleur rose, rappelant les faciès d’arènes granitiques, mal stratifiées,

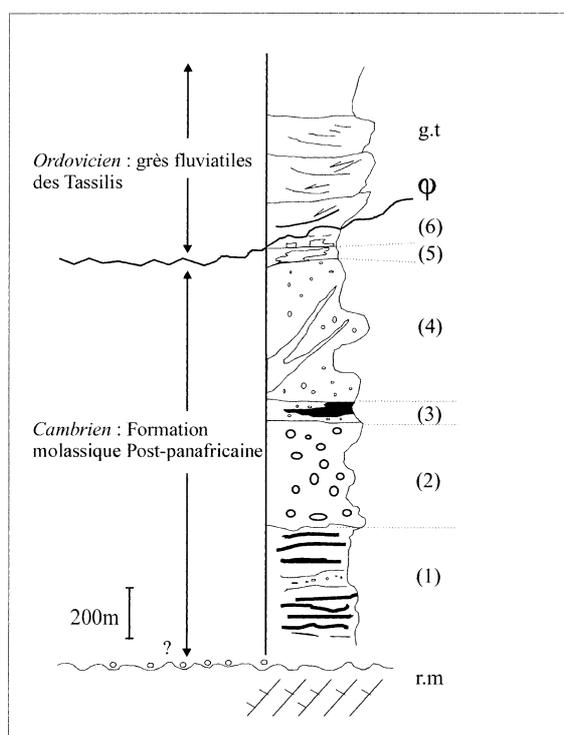


Figure 3. Colonne stratigraphique des séries molassiques apparentées à la *série pourprée* de l’Ahnet dans la région de In Guezzam : **r.m.** = roches métamorphiques antécambriennes de haut grade de l’Ahaggar ; **1** = dépôts glaciaires, grès arkosiques et roches volcaniques associées ; **2** = conglomérats à ciment calcaire ; **3** = grès arkosiques ; **4** = arkoses roses (**r.v.** = roches volcaniques associées) ; **5** = pélites et silts ; **6** = argiles sableuses verdâtres ; φ = discordance infratassilienne ; **g.t.** = grès des Tassilis.

Figure 3. Stratigraphic column of the molassic series similar to the ‘Série pourprée de l’Ahnet’ in the In Guezzam area: **r.m.** = Precambrian high-grade metamorphic rock of Ahaggar; **1** = glacial deposit, arkosic sandstone and associated volcanic rocks; **2** = conglomerate with calcareous cement; **3** = arkosic sandstone; **4** = pink arkose (**r.v.** = associated volcanic rock); **5** = pelite and silt; **6** = greenish sandy clay; φ = infratassilian unconformity; **g.t.** = Tassili’s sandstone.

auxquelles s’associent des roches volcaniques porphyriques, se présentant, soit en amas, soit en filons injectés dans des bandes de cisaillement (*shear zones*) centimétriques à métriques, orientés NE–SW ; (5) 0 à 20 m de pélites et silts bleu-violet à mauve, en petits bancs, montrant des interlits plus tendres finement schistosés ; (6) 0 à 20 m d’argiles sableuses vertes, évoluant, vers le haut, vers des grès arkosiques blanchâtres à rosâtres mal cimentés et montrant des dragées de quartz ainsi que des stratifications obliques.

Les niveaux décrits ci-dessus sont surmontés en discordance par le Paléozoïque composé d’une série débutant à l’Ordovicien inférieur [15]. La base de la série paléozoïque est soulignée par un conglomérat, contenant essentiellement des galets de quartz roulés. Elle moule dans ce secteur une surface légèrement ravinante, mais celle-ci présente en d’autres endroits

[15, 20] toutes les caractéristiques d’une discontinuité majeure. À cela s’ajoute le fait que les termes de la série cambrienne, décrite ci-dessus, sont affectés par une déformation ductile accompagnée d’un léger métamorphisme (et schistosité espacée) que l’on ne retrouve pas dans la série paléozoïque.

On retrouve les traces de la série molassique à 20 km à l’ouest d’In Guezzam, sur le versant sud-ouest du mont Segoued (5°35E, 19°30N). Ici, elle apparaît, plus ou moins disloquée et localement très altérée, le long d’un système de petits décrochements NE–SW, oblique sur la structure générale nord-sud des grands plis affectant les terrains primaires. Bien que les conditions d’affleurement ne soient pas bonnes, on distingue néanmoins, sous les grès tassiliens de l’Ordovicien (comme précédemment, la base des grès tassiliens ravinante est soulignée par un conglomérat à dragées de quartz), la succession suivante, de bas en haut :

- un niveau noirâtre riche en oxydes (hématite très altérée essentiellement), marquant le passage depuis la série métamorphique de haut grade (marbres à pyrite, gneiss rubanés, granite et gneiss œillés), visible au centre du couloir dessiné par le système de décrochements NE–SW ;
- quelques niveaux de pélites grises et de grès arkosiques beiges à grains fins ;
- une formation monotone (30 à 50 m) de grès arkosiques roses mal cimentés ;
- un ensemble (20 à 30 m) plissé (plis centimétriques), composé d’argiles sableuses feuilletées et de grès arkosiques fins à patine beige kaki et à cassure grise, montrant des stratifications obliques.

Vers le sud-ouest, en direction de la terminaison de l’affleurement, on observe çà et là des affleurements isolés de dépôts glaciaires varvés, riches en oxydes, et des grès altérés, sans rapport stratigraphique visible avec les niveaux précédents, mais dont le faciès rappelle fortement les dépôts de même type rencontrés dans la première coupe.

Quarante kilomètres plus au nord (5°44E ; 9°54N), à l’ouest du mont Timg’auouine, on retrouve, sous les grès tassiliens, la même série, injectée ici, selon des fractures NE–SW, par des filons de roches volcaniques (acides ?) à proximité desquels on observe de nombreuses fentes de tension, remplies par des exsudats de quartz.

3. Discussion et conclusion

Sachant que la chaîne panafricaine résulte de l’accolement du craton Ouest-Africain au paléocontinent de l’Ahaggar [7, 21], il est logique d’admettre que les molasses produites du fait de son démantèlement se sont accumulées dans des grabens, localisés en territoire algérien, sur la bordure occidentale de l’Ahag-

gar. La présence de la série molassique que nous venons de décrire, à l'extrême Sud-Est de l'Ahaggar, pose alors la question du transport de son matériel détritique et glaciaire jusqu'aux confins orientaux de l'Ahaggar. Sachant que ces molasses sont très épaisses et contiennent des galets de grande taille, elles ont donc dû s'accumuler dans des dépressions subsidentes, localisées à proximité des reliefs nourriciers, et n'ont donc pas été transportées sur de grandes distances à partir des reliefs panafricains situés sur la seule bordure occidentale de l'Ahaggar. Même en admettant que ces molasses aient été initialement étendues jusqu'à l'Ahaggar central, les distances restent trop grandes pour envisager le transport de tels

matériels détritiques grossiers jusqu'aux confins de l'Ahaggar oriental. C'est pourquoi, nous suggérons que des reliefs très importants ont dû se former au Panafricain jusque dans l'Ahaggar oriental, probablement à la suite du jeu des grands accidents nord-sud qui découpent le socle antécambrien de l'Ahaggar depuis le Panafricain. Les séries molassiques infra-ordoviciennes seraient alors le résultat d'accumulations détritiques localisées dans des bassins disposés parallèlement à ces grandes structures. Cette configuration des bassins récepteurs des molasses post-panafricaines est en bon accord avec l'hypothèse présentant le palécontinent de l'Ahaggar comme le résultat de l'assemblage de plusieurs terranes [4, 6].

Remerciements. Cette étude a été réalisée dans le cadre des accords de coopération franco-algériens CMEP (accord n° 01MDU521). Nous remercions les autorités civiles (Wilaya) et militaires (Darak El Watani) de Tamanrasset pour leur aide. Nous remercions également Renaud Caby pour ses commentaires très constructifs et Mounir K. Merahi pour son aide dans la mise en forme de la note.

Références

- [1] Aït Kaci A., A. Moussine-Pouchkine, Lithostratigraphie, sédimentologie et évolution de deux bassins molassiques intramontagneux de la chaîne Pan-Africaine : la série pourprée de l'Ahnet, Nord-Ouest du Hoggar, Algérie, *J. Afr. Earth Sci.* 6 (1987) 525–535.
- [2] Allègre C., R. Caby, Géochronologie ^{87}Rb – ^{87}Sr du Précambrien de l'Ahaggar occidental, *C. R. somm. Soc. géol. France* 8 (1968) 259–260.
- [3] Bertrand J.-M., R. Caby, J. Ducrot, J.-R. Lancelot, A. Moussine-Pouchkine, A. Saadallah, The Late Pan-African intracontinental linear fold belt of the eastern Hoggar (Central Sahara, Algeria): geology, structural development, U/Pb geochronology, tectonic implications for the Hoggar shield, *Precambrian Res.* 7 (1978) 349–376.
- [4] Black R., L. Latouche, J.-P. Liégeois, J.-M. Bertrand, Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara), *Geology* 22 (1994) 641–644.
- [5] Bœuf J., Sur le caractère glaciaire de la sédimentation de l'unité IV au Sahara central, *C. R. Acad. Sci. Paris* 261 (1965) 5575–5579.
- [6] Caby R., The Pan-African belt of West Africa from the Sahara Desert to the Gulf of Benin, in: J.-P. Schaer, J. Rodgers (Eds.), *Anatomy of mountain ranges*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1987, pp. 129–170.
- [7] Caby R., J.-M. Bertrand, R. Black, Pan-African closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, central Sahara, in: A. Kröner (Ed.), *Precambrian Plate Tectonics*, Elsevier, 1981, pp. 407–434.
- [8] Caby R., 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.
- [9] Caby R., La chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara central, Algérie), sa place dans l'orogénèse du Précambrien supérieur en Afrique, *Pub. Sous-Direct. Géol. Alger, Nouv. série, Bull.* 47 (1983).
- [10] Caby R., H. Moussu, Une grande série détritique du Sahara : stratigraphie, paléogéographie et évolution structurale de la « série pourprée » dans l'Aseg'rad et le Tanezrouft oriental (Sahara algérien), *Bull. Soc. géol. France* (7) IX (1967) 876–882.
- [11] Fabre J., J.-M. Freulon, H. Moussu, Présence d'une tillite dans la partie inférieure de la « série pourprée » de l'Ahnet (Nord-Ouest de l'Ahaggar, Sahara central), *C. R. Acad. Sci. Paris* 225 (1962) 196–198.
- [12] Ferrara G., M. Gravelle, Radiometric age from western Ahaggar (Sahara) suggesting an eastern limit for West African craton, *Earth Planet. Sci. Lett.* 1 (1966) 319–324.
- [13] Follot J., Ahnet et Mouydir, in: XIX^e Congr. géol. intern. Alger Monogr. région. 1^{re} série, n° 1, 1952.
- [14] Gravelle M., Les affleurements de « séries intermédiaires » dans la région de Silet (Ahaggar occidental, Sahara central), *Bull. Soc. géol. France* (7) III (1961) 143–151.
- [15] Joulia F., Précision sur la discordance cambro-ordovicienne d'In Azaoua (Niger), *C. R. somm. Soc. géol. France* (1959) 177–178.
- [16] Karpoff R., La géologie de l'Adrar des Iforas (Sahara central), thèse, *Publ. Serv. géol. Prosp. Min. A.O.F. Bull.* 30 (1960).
- [17] Karpoff R., Le Nigritien de l'Adrar Tira'rar (Adrar des Iforas, Sahara), *Bull. Soc. géol. France* (7) IV (1962) 547–554.
- [18] Kennedy W.Q., The structural differentiation of Africa in the Pan-African (± 500 Myr) tectonic episode, in: 8th Rep. Res. Inst. Afric. Geol., Leeds, 1964, pp. 48–49.
- [19] Lelubre M., La « série pourprée de l'Ahnet » et le problème des séries intermédiaires au Sahara central, Les relations entre Précambrien et Cambrien, in: LXXVI^e Coll. Int., 1957, CNRS, 1958, pp. 173–190.
- [20] Lessard L., 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) III (35) (1962) 501–513.
- [21] Liégeois J.-P., L. Latouche, J. Navez, R. Black, Pan-African collision, collapse and escape tectonics in the Tuareg shield: relations with the East Saharan Ghost craton and the West African craton, 18th Colloquium of African Geology, Graz, Austria, Invited Plenary Lecture, *J. Afr. Earth Sci.* 30 (2000) 53–54.
- [22] Moussine-Pouchkine A., J. Bertrand-Sarfati, E. Ball, R. Caby, Les séries sédimentaires et volcaniques anorogéniques protérozoïques impliquées dans la chaîne pan-africaine : la région de l'Adrar Ahnet (NW Hoggar, Algérie), *J. Afr. Earth Sci.* 7 (1988) 57–75.