

## La chaîne pan-africaine d'Aouzegueur en Air (Niger) : un trait majeur du bouclier touareg

Anne-Marie BOULLIER, Georges ROCCI et Yannick COSSON

**Résumé** – La chaîne pan-africaine d'Aouzegueur (SE Air) est caractérisée par trois chevauchements principaux à vergence Est. Les unités structurales sont d'Est en Ouest et de bas en haut : le socle d'Eberjegui et sa couverture molassique (Formation du Proche Ténéré), l'ensemble basique à ultrabasique d'Aouzegueur à signature océanique, l'unité épimétamorphique des schistes d'Arrei et l'unité gneissique de Tafourfouzète. Le métamorphisme est croissant du bas vers le haut de l'édifice. La foliation à pendage faible vers l'WSW porte une linéation d'étirement qui varie de N20°E à N60-90°E de bas en haut de l'empilement de nappes.

### The pan-African Aouzegueur belt in Air (Niger): a major feature of the Tuareg shield

**Abstract** – The pan-African Aouzegueur belt (SE Air) is characterized by three east-verging major thrusts. Tectonic units are from East to West and from bottom to top: the Eberjegui basement and its molassic cover (the Proche Ténéré Formation), the mafic to ultramafic Aouzegueur unit which shows oceanic affinities, the low-grade sedimentary Arrei unit and the gneissic Tafourfouzète unit. Metamorphism increases from the lowest to highest units. Schistosity and foliation have low to moderate WSW dips and bear a stretching lineation which varies from N20° to N60-90°E from bottom to top of the nappe pile.

**Abridged English Version** – The Aouzegueur thrust belt [1] in the SE Air massif (Niger) has been interpreted as the prolongation of the pan-African Tiririne belt in Algeria ([2], Fig., a). Four tectonic units are distinguished from bottom to top ([6], Fig., b).

1. The Eberjegui basement and the unconformable Proche Ténéré Formation ([1], [3], [4]). The basement is composed of the Eberjegui granodiorite cross-cutting undated para- and orthogneisses. It is mylonitized below the frontal thrust (foliation: 160°W25° to 35°, stretching lineation: N20°). The molassic Proche Ténéré Formation comprises polygenic conglomerates and silts. It shows a sericite-chlorite bearing schistosity (160°W40° to 70°) and a N20° elongation lineation of the pebbles (Fig., c).

2. The mafic to ultramafic Aouzegueur unit [3]. Primary parageneses are replaced by secondary greenschist-facies minerals. This unit is composed of massive, brecciated layered or schistose serpentinites, chloritites and cumulates. Rodingites are observed and interpreted as resulting from oceanic hydrothermal metamorphism of gabbroic dykes in serpentinites [5]. Gabbroic cumulates, amphibolites, diorites and plagioclase-bearing granophyres are also known. These characteristics strongly suggest an oceanic affinity for the Aouzegueur unit [6]. Schistosity (160°W25° to 35°) bears a N20° lineation (Fig., c), defined by rods in serpentinites, amphibole needles and chrysotile or magnetite fibres in tension gashes.

3. The Arrei Unit represents the metasedimentary component of the Aouzegueur Formation of previous authors ([1], [3]). It is composed of low grade arenites, quartzites, schists, microconglomerates, rare carbonaceous rocks and lavas in the northern massif, and of platform sediments (quartzites, schists and marbles) in the southern massif. Pre-tectonic granites have intruded this structural unit. Foliation is low-dipping to the WSW and bears a N20° (lowest levels) to N60° (highest levels) trending stretching lineation (Fig., c).

Note présentée par Georges MILLOT.

4. The Tafourfouzète unit is composed of an amphibolite facies platform series (quartzites, schists and marbles), granitic gneisses, fiaser-gabbros, amphibolites and porphyritic orthogneisses. Foliation bears a N60° to N90°-trending mineral and stretching lineation (*Fig., c*), and is deformed by isoclinal centimetre- to kilometre-scale folds with N140° to 170°-trending subhorizontal axes.

The Aouzegueur belt corresponds to a east-verging thrust belt in which the metamorphic grade increases from the bottom to the top of the pile. Therefore, the belt corresponds to a thickening of the crust. The movement direction varies from N20° in the Eberjegui basement and Aouzegueur unit, to N20° to 60° in the Arrei unit and N60° to 90° in the Tafourfouzète unit on the top (*Fig., c*). The ultramafic Aouzegueur schists could represent a pan-African suture between two *a priori* different continents [6]. However, this interpretation is not consistent with the presence of serpentinite pebbles in the Proche Ténéré Formation [3] which predates the deformation. Because some pre-730 Ma ultramafic rocks have been described also in the basement of the Tiririne Formation [7], it is suggested that the Aouzegueur ultramafic unit corresponds to an earlier suture which has been translated during the formation of the Aouzegueur belt.

The age of deformation in the Aouzegueur belt was supposed to be pan-African *s.s.* by comparison with the Tiririne belt ([2], [6]). Recent geochronological investigations [8] yielded conflicting results indicating that deformation may be older than 664 Ma, (age of a late-kinematic granite in the Tafourfouzète unit) but younger than 660 Ma (age of the Eberjegui granodiorite). Moreover, how to reconcile the facts that the Proche Ténéré Formation is deformed near the Aouzegueur basal thrust, but unconformably overlies schists and arenites similar to those of the Arrei unit in central Air? The structural consistency of the Aouzegueur belt favours a *continuum* of deformation by opposition to successive discrete events. We suggest that the deposition of the Proche Ténéré Formation occurs during that *continuum* and that the lowest levels are deformed whilst the highest levels may unconformably overlie the nappes. Geochronological data [8] indicate also that the two juxtaposed blocks are not so different as previously supposed [6], and that the polycyclic central Hoggar may not be a homogeneous entity where the pan-African tectonics occurred between 610 and 580 Ma as in the Tamanrasset area [9].

To conclude, the apparently simple Aouzegueur belt suggests a complex history in a short time-interval (collage-extension-compression) similar to that of the north-American cordillera [10].

---

INTRODUCTION. — La chaîne d'Aouzegueur borde le massif de l'Air (Niger) au SE [1] et avait été interprétée comme le prolongement de la chaîne pan-africaine de Tiririne au Hoggar oriental ([2], *fig., a*). Les travaux antérieurs ont reconnu des roches ultrabasiques dans cette chaîne [3] dont l'allochtonie sur un socle oriental a été établie [1]. C'est la structure et la signification de la chaîne d'Aouzegueur qui sont décrites ici.

DESCRIPTION DES PRINCIPALES UNITÉS. — Les quatre unités tectoniques reconnues dans la chaîne d'Aouzegueur (*fig., b*) sont séparées par des plans de chevauchement faiblement pentés à l'Ouest (*fig., d*). De bas en haut, et en reprenant en partie la terminologie des auteurs précédents ([1], [3], [4]), on peut reconnaître [6] les unités suivantes :

1. *Le socle de l'Est et la Formation du Proche Ténéré.* — (a) Le socle d'Eberjegui est constitué par la granodiorite d'Eberjegui intrusive dans des para- et ortho-gneiss du

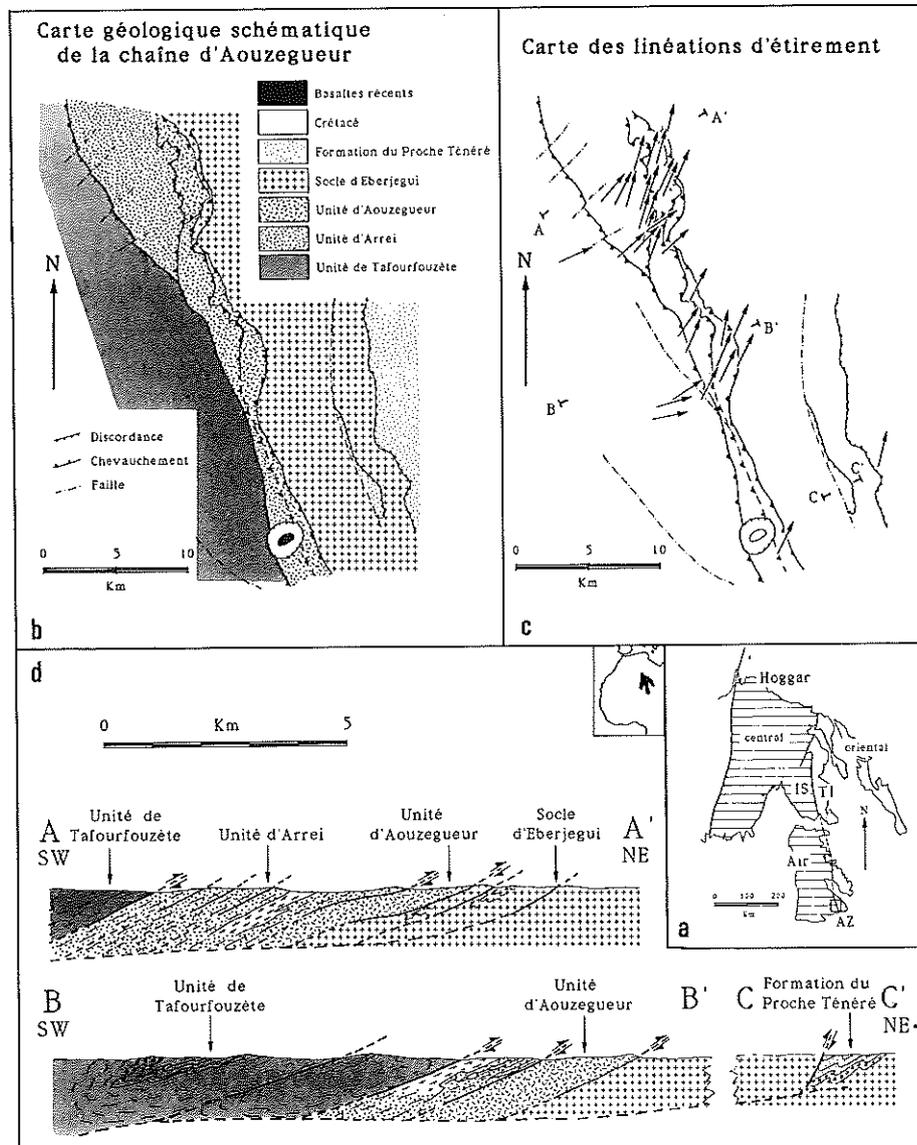
faciès amphibolite et d'âge inconnu. La granodiorite est mylonitisée sous le chevauchement frontal avec déstabilisation de la biotite en chlorite et séricite. La foliation ( $160^{\circ}W25^{\circ}$ ) porte une linéation d'étirement orientée  $N20^{\circ}E$  (*fig., c*); les critères de cisaillement indiquent un mouvement vers le NNE.

(b) La Formation du Proche Ténéré repose en discordance sur le socle d'Eberjegui par l'intermédiaire de conglomérats grossiers polygéniques ([1], [4]) contenant des galets de serpentinite [3] et alternant avec des niveaux plus fins. Les auteurs précédents ([1] à [4]) ont établi un parallèle entre cette formation et celle de Tiririne située plus au Nord en Algérie (*fig., a*). Dans les petits synclinaux pincés le long de failles inverses, la Formation du Proche Ténéré présente une schistosité  $160^{\circ}W40^{\circ}$  fruste à séricite-chlorite [1] et un allongement  $N20^{\circ}$  des galets (*fig., c*).

2. *L'unité basique à ultrabasique de Aouzegueur.* — Les différents faciès de cette unité constituent des écaillés emballées dans des schistes serpentineux. Deux massifs Nord et Sud se distinguent par des proportions différentes des faciès. Les ultrabasites sont représentées par des serpentinites massives ou schisteuses, des chloritites, des brèches de serpentinites, des cumulats et des roches à actinotrémolite fibreuse et chlorite [6]. Des rodingites (clinozoïsite, hydrogrenat, idocrase) ont été observées en lentilles ou en filons centimétriques à métriques dans les serpentinites du massif Sud, et sont interprétées comme le résultat du métamorphisme hydrothermal océanique de filons gabbroïques intrusifs dans des ultrabasites [5]. Les textures des cumulats gabbroïques sont bien conservées à l'exception de certains flaser-gabbros; les plagioclases et pyroxènes sont entièrement remplacés respectivement par de la clinozoïsite et de l'albite et par de la trémolite et de l'actinote. Quelques niveaux fins d'amphibolites ont été observés dans le massif Sud ainsi que des diorites, tandis que des granophyres (quartz-plagioclase-biotite  $\pm$  amphibole) ont été trouvés dans le massif Nord. Tous les caractères lithologiques de l'unité d'Aouzegueur confirment qu'il s'agit d'un fragment ophiolitique. La schistosité des serpentinites est peu pentée à l'Ouest. La linéation ( $N20^{\circ}E$ ) est marquée par le débit en rods des schistes serpentineux et par les amphiboles. Les serpentinites présentent des fentes de tension  $N100^{\circ}$  à  $110^{\circ}E$  à fibres de chrysotile ou de magnétite dont l'orientation ( $N20^{\circ}E$ ) indique la direction d'extension des fentes.

3. *L'unité d'Arrei.* — Sous cette appellation, nous isolons la composante métasédimentaire de la Formation d'Aouzegueur des auteurs précédents ([1], [3]). Elle repose sur les serpentinites par l'intermédiaire d'un chevauchement. Elle est épimétamorphique et constituée de deux sous-ensembles. Le premier, au Nord du secteur étudié, est composé de schistes grésopélitiques, quartzites, arkoses et microconglomérats indiquant un transport limité. Les niveaux carbonatés sont rares et on note la présence de laves et de gabbros. Le deuxième sous-ensemble, au Sud, est composé de métasédiments de plate-forme (quartzites, schistes et marbres). Des granites pré-tectoniques mis en place dans ces deux sous-ensembles développent au Sud une auréole de métamorphisme de contact à chiastolites dans les schistes alumineux et graphiteux. L'unité d'Arrei est constituée de plusieurs écaillés, séparées par des chevauchements soulignés par des filons de quartz tectonisés. La schistosité, plan axial de plis synschisteux, à faible pendage vers l'WSW, est réalisée dans les conditions du faciès schistes verts. La linéation d'étirement et les stries sur les quartz tectonisés sont orientées  $N20^{\circ}E$  à la base de l'unité et  $N60^{\circ}E$  au sommet (*fig., c*).

4. *L'unité de Tafoufouzète.* — Elle est constituée d'une série de plate-forme (quartzites, micaschistes et marbres) associée à des gneiss granitiques, des orthogneiss prophyroïdes, des flaser-gabbros et des amphibolites. La foliation, à faible pendage vers l'WSW,



*a* : Situation de la chaîne d'Aouzegueur (AZ) à la limite entre les domaines du Hoggar central (hachures horizontales) et du Hoggar oriental (pointillés). IS : môle d'Issalane. TI : socle oriental de Tiririne. *b* : Carte géologique schématique de la chaîne d'Aouzegueur (modifiée d'après [1] et [3]). *c* : Carte des linéations d'étirement (pointe vers le haut) et position des coupes interprétatives. *d* : Coupes interprétatives de la chaîne d'Aouzegueur. Mêmes figurés que pour la figure *b*.

*a*: Location of the Aouzegueur belt (AZ) at the border between the central Hoggar (horizontal hatching) and eastern Hoggar domains (stippled). IS: Issalane block. TI: eastern Tiririne basement. *b*: Schematic geological map of the Aouzegueur belt (modified after [1] and [3]). *c*: Map of stretching lineations (arrow heads upwards) and location of the interpretative cross-sections. *d*: Interpretative cross-sections of the Aouzegueur belt. Symbols as in Figure *b*.

correspond au faciès amphibolite et porte une linéation minérale et d'étirement orientée N60°E à la base passant à N90°E au sommet de l'édifice (fig., *c*). La foliation est déformée par des plis dissymétriques centimétriques à kilométriques à vergence E-NE et dont les axes subhorizontaux sont orientés N140° à N170°E. La structuration de cet

ensemble est interprétée comme le résultat d'une déformation progressive et continue, et l'unité de Tafourfouzète peut être considérée comme monocyclique.

DISCUSSION ET CONCLUSION. — La chaîne d'Aouzegueur correspond à un charriage des unités de Tafourfouzète, Arrei et Aouzegueur sur le socle d'Eberjegui, ce qui confirme l'interprétation allochtoniste de Black et coll. [1] et infirme l'autochtonie proposée par Kehrer et coll. [3]. Le métamorphisme des unités augmente vers le haut de l'édifice, avec des sautes de métamorphisme au niveau des plans de charriage. Cette tectonique additive correspond donc à un épaissement crustal.

Les directions de mouvement du compartiment supérieur varient dans l'espace : elles sont N-20°E dans le socle d'Eberjegui et les serpentinites d'Aouzegueur, N20 à 60°E dans les schistes d'Arrei, et enfin N60 à 90°E dans l'unité de Tafourfouzète (*fig., c*). Cette rotation reflète aussi une rotation de la direction de raccourcissement de N90°E à N20° dans le temps, si on admet que les nappes s'empilent des zones internes aux zones externes des chaînes.

Les ultrabasites d'Aouzegueur, à cachet ophiolitique, représentent la trace d'une suture océanique entre deux continents *a priori* différents. On pouvait donc penser [6] que la chaîne d'Aouzegueur, prolongement cartographique méridional de la chaîne de Tiririne [2] représentait la suture pan-africaine (ca 600 Ma) entre deux blocs : un continent occidental, semblable au môle algérien d'Issalane d'âge inconnu ([2], *fig., a*), et supportant une série sédimentaire de plate-forme, et un bloc oriental jeune (730 Ma, [7]) avec sa couverture molassique semblable à la Formation de Tiririne. L'observation de galets de serpentinite dans la Formation du Proche Ténéré [3] met cependant le doute sur l'âge pan-africain de la suture [10], d'autant que des ultrabasites anté-730 Ma semblables à celles d'Aouzegueur ont été reconnues dans le socle du Hoggar Oriental [7]. L'unité d'Aouzegueur pourrait donc représenter une suture anté-730 Ma, déplacée lors de la formation de la chaîne d'Aouzegueur. Reste alors à dater la déformation dans cette chaîne et les blocs qu'elle juxtapose.

Des travaux géochronologiques récents sur le même secteur [8] compliquent le schéma simple d'une chaîne pan-africaine *s. s.* : la déformation dans la chaîne d'Aouzegueur serait antérieure à 664 Ma (âge d'un granite considéré comme tardi-cinématique dans l'unité de Tafourfouzète [8]), mais aussi, paradoxalement, plus jeune que 660 Ma (âge de la granodiorite d'Eberjegui). Comment concilier aussi les observations montrant que la Formation du Proche Ténéré est déformée dans la chaîne d'Aouzegueur, mais recouvre en discordance des schistes semblables à ceux de l'unité d'Arrei dans le prolongement nord de la région étudiée ?

Il a donc là une contradiction à résoudre. Black et coll. [8] suggèrent que la chaîne d'Aouzegueur est antérieure à la Formation du Proche Ténéré (anté-660 Ma) et que la déformation pan-africaine *s. s.* se limite à une schistosité fruste de cette dernière. Cette hypothèse nous semble difficile à accepter car les structures observées dans la chaîne d'Aouzegueur indiquent un *continuum* de déformation. Par contre, on peut envisager que, comme la Formation de Tiririne au Nord, la Formation du Proche Ténéré soit composée de plusieurs groupes lithologiques qui se seraient déposés pendant ce *continuum* de déformation, et que seuls les niveaux de base soient impliqués dans la déformation de la chaîne d'Aouzegueur alors que les niveaux supérieurs sont discordants sur cette même chaîne.

Les âges obtenus par Black et coll. [8] sont voisins des âges obtenus précédemment sur le socle de la Formation de Tiririne et sur les filons ou sills intrusifs dans les sédiments

détritiques de sa partie basale ([2], [7]). Ils montrent donc que les deux blocs juxtaposés le long de la chaîne d'Aouzegueur ne sont pas très différents en âge. En conséquence, le grand domaine mal connu du Hoggar central polycyclique ne constitue pas une entité homogène, où toute la déformation pan-africaine se serait produite entre 610 et 580 Ma comme dans la région de Tamanrasset [9], mais un assemblage de blocs dont les cicatrices se situeraient au niveau des ceintures de métasédiments.

*En conclusion*, malgré sa simplicité apparente, la chaîne d'Aouzegueur semble refléter une superposition complexe d'événements se suivant dans un intervalle de temps relativement court : collage (obduction des ophiolites), extension (formation de bassins), compression (charriages). On peut d'ores-et-déjà suggérer qu'une tectonique de type cordillère nord-américaine pourrait expliquer une telle succession d'événements [10].

Contribution C.R.P.G. n° 861.

Note remise le 26 mars 1991, acceptée après révision le 16 mai 1991.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. BLACK et coll., *Carte géologique de l'Aïr au 1/500 000, Rép. Niger*, Dir. Géol. Mines, 1967.
- [2] J. M. BERTRAND et coll., *Precamb. Res.*, 7, 1978, p. 349-376.
- [3] P. KEHRER et coll., *Carte géologique de Barghot au 1/200 000, Rép. Niger*, Dir. Géol. Mines, 1975.
- [4] M. RAULAIS, *Bull. Soc. géol. Fr.*, I, 1959, p. 756-813.
- [5] J. HONNOREZ et P. KIRST, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 49, 1975, p. 223-257.
- [6] Y. COSSON et coll., *Terra cognita*, 7, 1987, p. 119.
- [7] R. CABY et U. ANDREOPOULOS-RENAUD, *Precamb. Res.*, 36, 1987, p. 335-344.
- [8] R. BLACK et coll., Terrains exotiques dans les zones internes de la chaîne pan-africaine transaharienne : les clefs fournies par l'Aïr sud-oriental (République du Niger), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 312, série II, 1991, p. 889-895.
- [9] J. M. BERTRAND et coll., *Tectonics*, 5, 1986, p. 955-972.
- [10] A. M. BOULLIER, in *The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives*, R. D. DALLMEYER et J. P. LÉCORCHÉ éd., Springer Verlag, Berlin (sous presse).

A.-M. B. : C.R.P.G., B.P. n° 20, 54501 Vandœuvre-les-Nancy Cedex;

G. R. et Y. C. : Laboratoire de Pétrologie, Faculté des Sciences,  
B.P. n° 239, 54506 Vandœuvre-les-Nancy Cedex.