

Tectonique tangentielle profonde et couloirs mylonitiques dans le Hoggar central polycyclique (Algérie)

par ANNE-MARIE BOULLIER * et JEAN-MICHEL BERTRAND *

Mots clés. — Tectonique tangentielle, Tectonique du socle, Mylonite, Nappe, Microtectonique, Orogénie antécambrienne (Panafricaine), Hoggar.

Résumé. — Deux types de déformation pan-africaine ont affecté le Hoggar central polycyclique : tout d'abord une phase tectonique tangentielle en conditions profondes ayant donné des mylonites subhorizontales, d'âge probablement Pan-Africain précoce ; puis divers épisodes de compression donnant naissance à des plis droits et/ou des mylonites concentrées dans des couloirs verticaux et correspondant à des décrochements ductiles.

Deep thrust tectonics and mylonitic zones in the polycyclic central Ahaggar (Algeria)

Abstract. — Two types of Pan-African deformation have been recognized in the polycyclic central Ahaggar : firstly, thrust tectonics producing subhorizontal mylonites in deep metamorphic conditions and probably of early Pan-African age ; then later compression events giving upright folds and/or mylonitic vertical shear zones due to strike slip faults.

Le bouclier touareg appartient au domaine pan-africain qui a subi une évolution orogénique complexe au cours du Protérozoïque supérieur, à savoir une subduction suivie d'une collision entre le craton ouest africain et une zone mobile orientale [Black *et al.*, 1979]. Le bouclier est découpé en blocs lithologiquement différents [Lelubre, 1952] par des zones mylonitiques subméridiennes (fig. 1) attribuées à des jeux en décrochement d'âge pan-africain tardif [Caby, 1968 ; Vitel, 1975, 1979]. L'étude de ces mylonites, particulièrement développées dans le Hoggar central, montre que deux processus distincts dans le temps sont responsables de leur formation : i) une déformation précoce en relation avec une tectonique tangentielle profonde ; ii) une déformation tardive concentrée dans des couloirs mylonitiques à foliation verticale en relation avec des coulissages. Les observations relatives à chaque type de déformation sont présentées ici, ainsi que leurs conséquences quant à l'évolution du Hoggar au Protérozoïque supérieur.

I. — LES INDICES D'UNE TECTONIQUE TANGENTIELLE.

Ils ont été mis en évidence dans deux secteurs distincts, situés, l'un au Sud de la Tahalra en bordure du linéament du 4°50 dans la zone du Tinef, l'autre au Sud d'In Amguel sur une bande longeant la route Alger-Tamanrasset.

1) *Zone de Tinef.* Les métamorphites de la série de Tinef [Gravelle, 1969] présentent une foliation mylonitique subhorizontale (S_1) définie essentiellement par des rubans de quartz du type II-1 de

Boullier et Bouchez [1978], reprise par des plis à plan axial redressé (S_2) (fig. 2). Cette série est constituée de mylonites issues de matériel granitique intrusif dans la série d'In Azarou [Gravelle, 1969] dont les gneiss mésocrates présentent eux aussi, à un degré moindre, une foliation mylonitique subhorizontale S_1 associée à une rétro-morphose dans le faciès amphibolite. Cette phase de déformation tangentielle majeure est accompagnée par la mise en place de granites syntectoniques à tardi-cinématiques non datés (fig. 2, granite Jupiter) [Gravelle, 1969]. Les deux surfaces S_1 et S_2 sont postérieures à un épisode de métamorphisme en conditions catazonales [Gravelle, 1969] et sont scellées par le dépôt de la série intermédiaire d'In Abeless [Gravelle et Thébaud, 1965].

Nous avons reconnu plusieurs chevauchements dans le secteur sud-ouest de Tamanrasset, au Sud de la Tahalra. La nappe inférieure, dans laquelle une foliation subhorizontale de reprise tectonique rétro-morphique dans le faciès amphibolite est générale mais dont le substratum est inconnu, est constituée de granulites migmatisées (Tidjénéouine, fig. 1), pouvant passer latéralement à la série d'In Azarou. Au-dessus de cette unité, et par l'intermédiaire d'une semelle mylonitique dans laquelle les termes granulitiques précédents sont reconnaissables, repose, au Nord-Est de Tidjénéouine (fig. 1), un ensemble gneissique à foliation subhorizontale (gneiss d'Amsel), attribué à la Série de l'Arcehoum

* Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, C.O. n° 1, 54500 Vandœuvre-les-Nancy, France.

Note déposée le 24 avril 1980, présentée à la séance du 16 juin 1980, manuscrit définitif reçu le 22 juillet 1980.

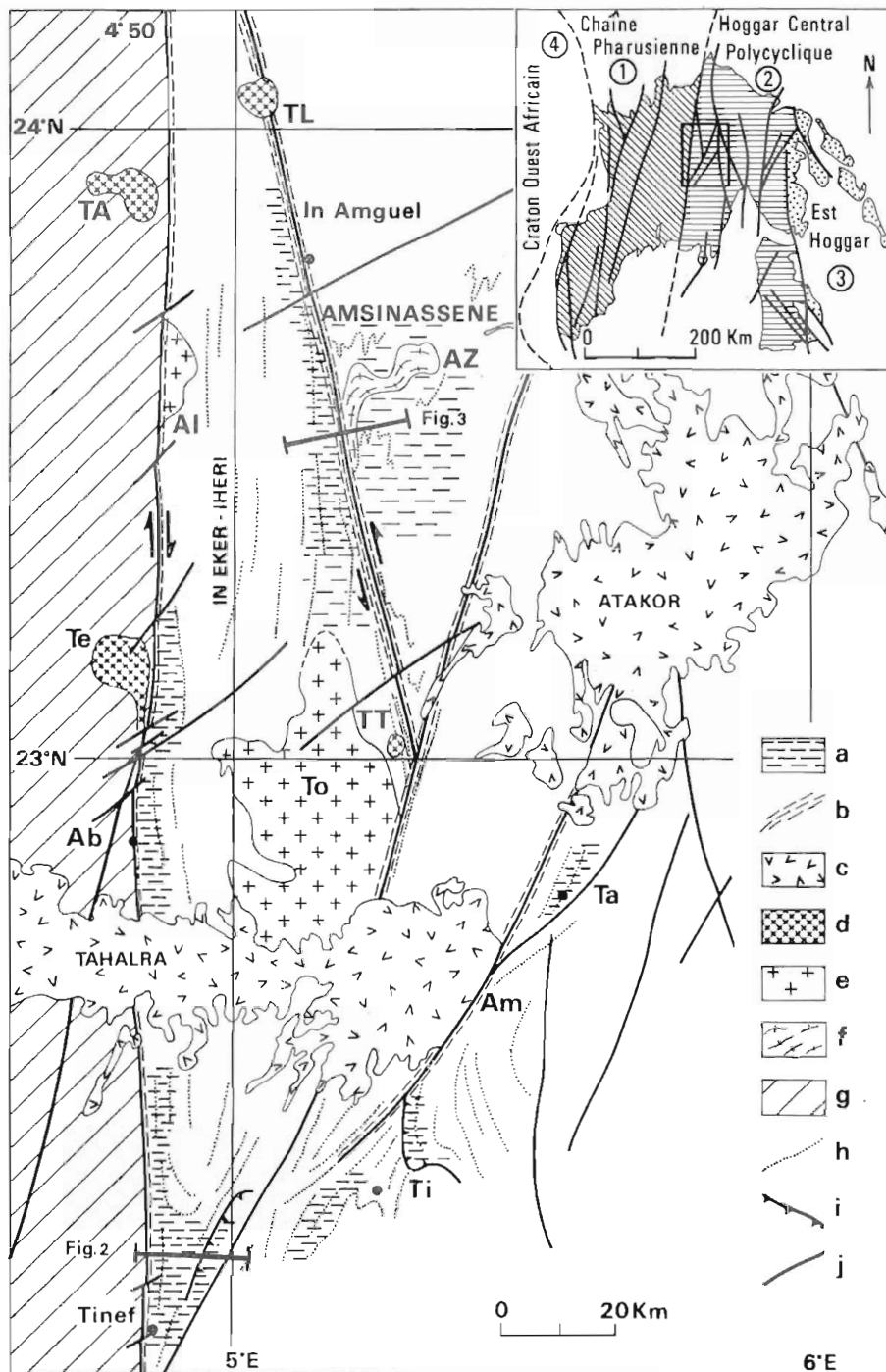


FIG. 1. — Carte schématique du Hoggar polycyclique occidental.

a : zones à foliation mylonitique subhorizontale, plus ou moins replissée, liée à une tectonique tangentielle ; b : zones à foliation mylonitique verticale ; c : volcanisme récent ; d : granites taourirts post-orogéniques ; e : granite pan-africain (650 Ma environ [Picciotto *et al.*, 1965]) ; f : granite syntectonique de S_{n+1} ; g : rameau oriental de la chaîne pharusienne ; h : direction lithologique ; i : chevauchement ; j : faille ; Ab : Abalessa ; A.I. : Adrar Ihétane ; Am : Amsel ; AZ : Aou Zebeouène ; TA : Tan Ataram ; Ta : Tamanrasset ; Te : Tedjorart ; Ti : Tidjénéouïne ; TL : Tan Afella ; To : Torsonouïne ; TT : Tin Teganet. Seuls les granites cités dans le texte sont dessinés sur la carte.

En cartouche : situation de la zone étudiée. 1 : chaîne pharusienne ; 2 : Hoggar central polycyclique ; 3 : Est Hoggar ; 4 : craton ouest-africain (voir [Bertrand et Caby, 1978]).

[Ferragne, 1964]. A l'Ouest de la faille ouest Atakor-Manzaz, une autre semelle mylonitique correspond à un chevauchement intra-Série d'In Azarou (fig. 1 et 2).

D_1 et D_2 décrites par Vitel [1979] dans l'Amsinassène. Si dans le secteur d'In Amguel, les compartiments d'In Eker - Iheri et d'Amsinassène sont très différents quant à leur contenu lithologique, ces différen-

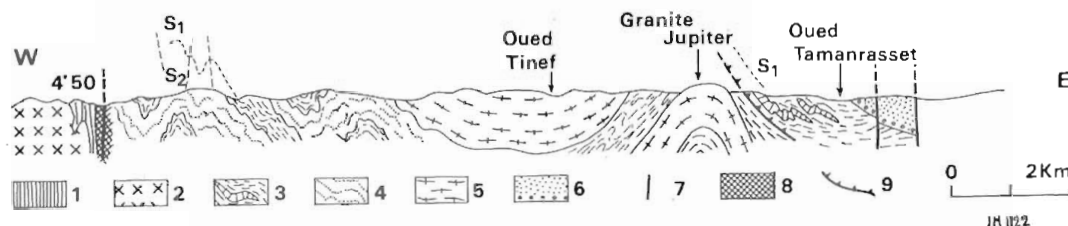


FIG. 2. — Coupe de la région de Tinef.

1 : terrains pharusiens ; 2 : granite du rameau oriental de la chaîne pharusienne ; 3 : gneiss de la Série d'In Azarou ; 4 : intrusif pré-tectonique mylonitisé (Série de Tinef) ; 5 : granite syn- à tardi-tectonique ; 6 : série intermédiaire d'In Abeless ; 7 : faille ; 8 : Cataclasites ; 9 : plan de charriage.

2) *Secteur d'In Amguel*. A l'Ouest du couloir mylonitique d'In Amguel, le bloc In Eker - Iheri [Vitel, 1979] est constitué essentiellement de migmatites amphiboliques à rubanement subhorizontal (S_m) repris, en même temps que des intrusifs dioritiques à granodioritiques, par une foliation, elle-même subhorizontale, à caractère mylonitique (S_{m-1}) et réalisée dans les conditions du faciès amphibolite (fig. 3). Dans le couloir d'In Amguel, les plis à plan

ces s'estompent vers le Nord et vers le Sud car nous retrouvons à l'Ouest des granites syntectoniques et des marbres très similaires à ceux du compartiment oriental.

3) *Discussion*. Le point commun de ces diverses mylonites subhorizontales consiste dans le fait qu'elles reprennent du matériel gneissique ancien en conditions profondes (faciès amphibolite). La surface

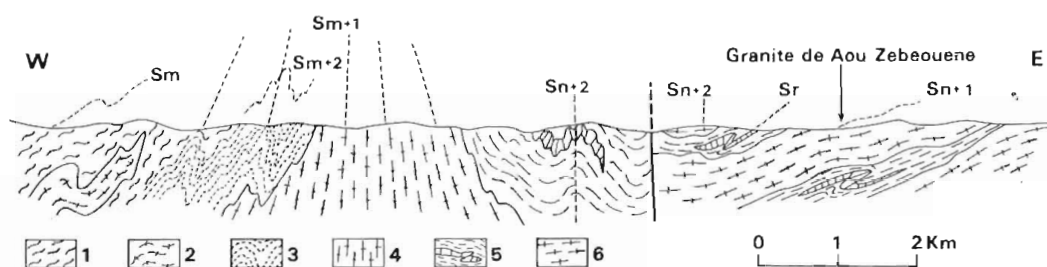


FIG. 3. — Coupe schématique du secteur d'In Amguel (Oued Tekchouli).

1 : migmatites du bloc In Eker-Iheri ; 2 : granodiorite syntectonique de S_m ; 3 : zone à foliation mylonitique S_{m+1} ; 4 : granite pré-tectonique de S_{m+2} ; 5 : série d'Amsinassène (migmatites et marbres) ; 6 : granite syntectonique de S_{n+1} .

axial vertical (S_{m+2}) se superposent à un domaine où la foliation S_{m+1} est déjà bien exprimée. Les surfaces S_m , S_{m+1} et S_{m+2} correspondent respectivement aux phases de déformation D_1 , D_2 et D_3 décrites par Vitel [1979] dans le bloc d'In Eker - Iheri. A l'Est, dans le bloc d'Amsinassène, des migmatites associées à une importante formation carbonatée [Vitel, 1979] présentent un rubanement migmatitique (S_n) déformé par une phase de plis couchés isoclinaux de plan axial S_{n+1} ; des granites syntectoniques (Aou Zebeouène) et des mobilisats de plan axial accompagnent ces plis couchés. Les surfaces S_n et S_{n+1} correspondent aux phases de déformation

(S_{m+1}) observée dans le compartiment d'In Eker - Iheri présente des caractères analogues à ceux de la foliation mylonitique des Séries de Tinef et surtout d'In Azarou qui ont été reconnues au Sud et au Nord de la Tahalra (fig. 1). Il en est de même de la foliation, elle aussi localement mylonitique, des migmatites étudiées par Deschamps [1973] au Nord de Tamanrasset. La continuité cartographique permet donc d'intégrer toutes ces zones mylonitiques nées subhorizontales dans une même interprétation. Ces mylonites précoces reprennent du matériel d'âge éburnéen démontré [migmatites de l'Arechchoum, 1972 \pm 20 Ma. Vialette et Vitel, 1979] ou présumé

(granulites de Tidjénouine). Elles sont antérieures au granite de Torsonouine daté à 655 ± 30 Ma [Picciotto *et al.*, 1965] qui les recoupe. La similitude des contextes rappelle les structures tangentielle d'âge pan-africain précoce, décrites dans l'Adrar des Iforas au Mali [Boullier *et al.*, 1978]¹.

Faute de marqueur chronologique ou structural de part et d'autre de la faille de 4°50, aucune corrélation ne peut être envisagée pour l'instant entre la tectonique tangentielle décrite plus haut et celle observée à l'Ouest dans les terrains pharusiens qui sont constitués de deux ensembles : le Pharusien I [Bertrand *et al.*, 1966 ; Gravelle, 1969] présente une foliation métamorphique subhorizontale (Oued Engh Akli, 23° 14' N) qui est antérieure au dépôt du Pharusien II, ces deux ensembles « encadrent au moins une phase de déformation suivie d'érosion » [Fabriès et Gravelle, 1977]. De même, les corrélations avec les structures kibaricennes décrites plus à l'Est sont en cours de discussion : la phase isoclinale P₂ définie en Aleksød [Bertrand, 1974] peut avoir une signification voisine de celles des structures décrites ci-dessus.

II. — LES COULOIRS MYLONITIQUES A FOLIATION VERTICALE.

1) *Le linéament du 4°50*. Ce linéament méridien, long de 650 km, constitue la discontinuité majeure du bouclier touareg (fig. 1) séparant deux compartiments fondamentalement différents [Lelubre, 1952] : le rameau oriental de la chaîne pharusienne [Bertrand et Caby, 1978] et le Hoggar central polycyclique. La déformation clairement attribuable aux divers jeux de ce linéament est cependant minime et limitée au compartiment oriental. Ainsi, le granite de l'Adrar Ihétane (23° 40' N, fig. 1), comparable au granite de Torsonouine et donc probablement d'âge pan-africain, n'est folié sur sa bordure ouest que sur une largeur de 1 km maximum au contact de ce linéament. La déformation croît en direction de la faille et la foliation verticale, soulignée par de la biotite microcristalline, porte une linéation horizontale. Nous attribuons cette déformation à un jeu en décrochement de sens dextre — donné par l'inflexion de la foliation (N 165 à NS) —, mais dont l'amplitude est inconnue faute de repère certain. A cette déformation ductile a succédé une cataclase affectant une largeur de 50 à 100 m et correspondant au moins en partie à des mouvements verticaux (soulèvement du compartiment Est).

A l'Ouest du linéament, dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne, et en particulier au niveau d'Abalessa (23° N) des zones de déformation NNE-SSW soulignées par une forte schistosité verticale apparue dans le faciès schistes verts, se raccordent obliquement au linéament du 4° 50. Les relations

structurales et chronologiques entre ces zones de déformation, la schistosité régionale Nord-Sud du Pharusien II et le linéament du 4° 50 ne sont pas connues.

2) *Couloir mylonitique d'In Amguel*. Deux éléments majeurs peuvent être distingués dans cette zone à foliation mylonitique verticale :

a) Dans le couloir d'In Amguel, la foliation (S_m et S_{m+1}) dessine un anticlinorium à vaste rayon de courbure [Fauré, 1967]. Le plan axial des plis de serrage est vertical et l'axe est horizontal nord-sud dans le compartiment d'In Eker - Ihéri et s'infléchit progressivement vers N 160 dans le couloir mylonitique

b) Au cœur de la structure anticlinoriale, des granites à muscovite montrent une seule foliation mylonitique verticale N 160 (S_{m+2}) portant une linéation d'étirement horizontale (Adrar In Sessker, 24° 30' N et coupes des Oueds Amguel et Teckchouli) que nous attribuons à un mouvement cisailant horizontal le long du couloir d'In Amguel. L'amplitude de ce décrochement sénestre [Vitel, 1975] reste encore à déterminer.

3) *Discussion*. Le jeu en décrochement dextre du linéament du 4° 50 est probablement tardi-pan-africain et postérieur aux granites taourirts Tan Ataram et Tedjorak [Boissonnas, 1973] dont la mise en place est comprise entre 580 et 520 Ma environ [Boissonnas, *op. cit.*]. Par contre, le jeu vertical de cette faille est plus difficile à caler dans le temps : il semble postérieur (ou contemporain) du dépôt de la Série intermédiaire affleurant dans un graben limité par la faille du 4° 50 [Carte géologique du Sahara, B.R.M.A., 1961] ; il affecte la couverture paléozoïque et crétacée [carte géologique du Sahara, 1/200 000, SONATRACH] et peut donc être *pro parte* d'âge hereynien et récent.

Les plis de serrage nord-sud décrits de part et d'autre du couloir mylonitique d'In Amguel sont recoupés par le granite de Torsonouine daté à 655 ± 30 Ma [Picciotto *et al.*, 1965] comme en témoignent des migmatites verticales recoupées par des apophyses de ce granite au Sud du Tin Teganel. Le jeu en décrochement sénestre serait, par contre, postérieur au même granite [Vitel, 1975] mais scellé par les granites taourirts de Tin Teganel et Tan Afella et donc plus ancien que le décrochement dextre du linéament du 4° 50, en supposant un relatif synchronisme de la mise en place des granites Taourirts.

III. — CONCLUSIONS.

L'intensité de la réactivation crustale survenue pendant l'orogénèse pan-africaine dans le Hoggar

central polycyclique a été sans doute sous-estimée dans les travaux récents [Bertrand et Caby, 1978; Vitel, 1979] car elle était implicitement réduite à une compression est-ouest accompagnée d'un réchauffement et de la mise en place de granites. Comme dans l'Adrar des Iforas [Boullier *et al.*, 1978] une tectonique tangentielle précoce a probablement affecté toute la partie occidentale du Hoggar central polycyclique (fig. 1). En effet, en l'absence de données géochronologiques correspondant à la tectonique tangentielle postérieure à l'assemblage granulitique et gneissique classiquement attribuée à l'Eburnéen [Latouche, 1978; Bertrand et Caby, 1978; Vitel, 1979] on peut supposer que le volume important de matériel granulitique mis en place à 650 Ma [Picciotto *et al.*, 1965] est le résultat d'un épaississement puis d'une fusion de la croûte dû à l'empilement de nappes de socle. Cependant, les relations avec les structures tangentielles attribuées au Kibarien plus à l'Est [Bertrand, 1974; Latouche, 1975] sont inconnues. Il en est de même pour les déformations antérieures au dépôt du Pharusien II.

Ultérieurement, des couloirs de déformation verticale [Latouche, 1975] se sont surimposés sur cet édifice de nappes et correspondent à une compression accompagnée ou non de décrochements. Le diachronisme de ces derniers interdit de les intégrer dans un même système de contraintes comme l'a proposé Vitel [1975, 1979]. Cependant, étant donné qu'ils sont recoupés par les failles conjuguées NE-SW et NW-SE, attribuées au blocage définitif du craton ouest-africain contre la zone mobile pan-africaine [Ball, 1980], nous relierons à titre d'hypothèse ces couloirs mylonitiques subméridiens aux différents stades de la collision entre ces deux continents.

Remerciements : Les auteurs remercient M. Gravelle et R. Caby pour leurs critiques constructives.

1. La seule donnée géochronologique concernant le Hoggar est une droite de référence (errorchrone) à 670 Ma [Viallette et Vitel, 1979] obtenue sur le granite d'Aou Zébeouène, si l'on suppose toutefois l'équivalence de la surface (S_{n+1}) avec (S_{m+1}) dont le granite en question est contemporain.

Références

- BALL E. (1980). — An example of very consistent brittle deformation of a wide intracontinental zone : late pan-african fracture system of the Tuareg and Nigerian shield ; structural implications. *Tectonophysics*, 61, p. 363-379.
- BERTRAND J. M. L. (1974). — Évolution polycyclique des gneiss précambriens de l'Aleksod (Hoggar central, Sahara algérien). Aspects structuraux, pétrologiques, géochimiques et géochronologiques. Thèse, Montpellier, Éd. C.N.R.S., coll. C.R.Z.A., sér. Géol. 19, 370 p.
- BERTRAND J. M., BOISSONNAS J., CABY R., GRAVELLE M. et LELUBRE M. (1966). — Existence d'une discordance dans l'Antécambrien du « Fossé Pharusien » de l'Ahaggar occidental (Sahara central). *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 262, D, p. 2197-2200.
- BERTRAND J. M. L. et CABY R. (1978). — Geodynamic evolution of the Pan-African orogenic belt : a new interpretation of the Hoggar shield (Algerian Sahara). *Geol. Rundschau*, 67, 2, p. 357-388.
- BLACK R., CABY R., MOUSSINE-POUCHKINE A., BAYER R., BERTRAND J. M. L., BOULLIER A. M. et LESQUER A. (1979). — Evidence for late Precambrian plate tectonics in West Africa. *Nature*, 278, p. 223-227.
- BOISSONNAS J. (1973). — Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara central, Algérie). Thèse Doct., Paris, 662 p., Éd. B.R.G.M.
- BOULLIER A. M. et BOUCHEZ J. C. (1978). — Le quartz en rubans dans les mylonites. *Bull. Soc. géol. France*, 3, XX, p. 253-262.
- BOULLIER A. M., DAVISON I., BERTRAND J. M. et COWARD M. (1978). — L'unité granulitique des Iforas : une nappe de socle d'âge pan-africain précoce. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XX, 6, p. 877-882.
- CABY R. (1968). — Une zone de décrochements à l'échelle de l'Afrique dans le Précambrien de l'Ahaggar occidental. *Bull. Soc. géol. France*, (7), X, p. 577-587.
- DESCHAMPS M. T. (1973). — Étude géologique de la série de l'Arechchoum dans la région de Tamarrassel (Hoggar - Sahara central). Thèse 3^e cycle, Nancy, 139 p.
- FABRIES J. et GRAVELLE M. (1977). — Modalités du magmatisme au Protérozoïque supérieur dans la région de Silet (Hoggar central, Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XIX, 5, p. 995-1004.
- FAURE J. (1967). — Structure des schistes cristallins d'In Eker (Hoggar, Sahara central). Rapports entre la schistosité et la stratification. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 264, D, p. 1137-1140.
- FERRAGNE A. (1964). — La série de l'Arechchoum dans la région d'Ansel (Ahaggar central). *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, XXIII, p. 1-24.
- GRAVELLE M. (1969). — Recherches sur la géologie du socle précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet-Tibehaouine. Thèse Etat, Univ. Paris, 298 p. (inédit).
- GRAVELLE M. et THEBAULT J. Y. (1965). — Sur les conditions de dépôt d'une série intermédiaire (Précambrien terminal?) du Hoggar occidental (Sahara central). *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, (2), VII, 1, p. 59-74.

- LATOUCHE L. (1975). — Structure et formation des couloirs plissés pan-africains dans la région des Gour Oumelalen (Nord-Est de l'Ahaggar, Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVII, 4, p. 594-603.
- LATOUCHE L. (1978). — Le Précambrien de la région des Gour Oumelalen (Nord-Est de l'Ahaggar, Algérie). Thèse Doct. Etat, Univ. Paris VII, 255 p.
- LELUBRE M. (1952). — Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental (Sahara central). *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Alger, 2^e sér., n° 22.
- PICCIOTTO E., LEDENT D. et LAY C. (1965). — Étude géochronologique de quelques roches du socle cristallophyllien du Hoggar (Sahara central). Actes 151^e Coll. intern. C.N.R.S. Géochronologie absolue, p. 277-289, Édité. C.N.R.S. Paris.
- VIALETTE Y. et VITEL G. (1979). — Geochronological data on the Amsinassene-Tefedest Block (central Hoggar) and evidence for its polycyclic evolution. *Precamb. Res.*, 9, 3/4, p. 241-254.
- VITEL G. (1975). — Mylonitisation, tectonique cassante et linéamentaire du Hoggar central : leurs rapports avec les granites d'âge Pharusien. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, (2), XVII, 4, p. 413-426.
- VITEL G. (1979). — La région Tefedest-Atakor du Hoggar central (Sahara). Évolution d'un complexe granulitique précambrien. Thèse, Paris VII, 324 p.