

The mafic, ultramafic and metamorphic xenoliths in triassic evaporite complexes, North West Algeria

Mohamed Midoun⁽¹⁾ and Abdelmadjid Seddiki⁽²⁾

(1) 2M Conseils. Le Condorcet – 18, rue Elie Pelas – 13016 Marseille, France
geode2m@gmail.com

(2) Laboratoire : Géoresources, Environnement et Risques Naturels (GEOREN).
Université d'Oran 2, Mohamed BEN AHMED. BP. 1015, El Mnaouer - 31000 - Oran (Algeria)
abdelmadjid_seddiki@yahoo.fr

ABSTRACT

In northwestern Algeria, triassic evaporate bodies contain varied xenoliths extracted from the lower crust and upper mantle and are interpreted as evidence of crustal thinning at the beginning of the Triassic period. Similar materials are known to occur in the internal areas of the western Mediterranean chains, which allow us to propose the existence of a wide area of crustal thinning during the Triassic along the future Tethyan axis.

Key words: Triassic, crust, Algeria, xenolites

Los enclaves básicos, ultrabásicos y metamórficos incluidos en los complejos evaporíticos del Triás del noroeste de Argelia

RESUMEN

En el noroeste de Argelia, cuerpos evaporíticos triásicos contienen una variedad de enclaves extraídos de la corteza inferior y manto superior y se interpretan como evidencia del adelgazamiento de la corteza al comienzo del período Triásico. Se conoce que materiales de tipo similar aparecen en las áreas internas de las cadenas mediterráneas occidentales, que nos permiten proponer la existencia de una ancha área de adelgazamiento de la corteza durante el Triásico a lo largo del eje del Tetis.

Palabras clave: Triásico, corteza, Argelia, enclaves

VERSIÓN ABREVIADA EN CASTELLANO

Introducción y Metodología

Las formaciones triásicas de evaporitas de las cadenas alpinas en el norte de África, se encuentran en gran parte involucradas en las estructuras tectónicas. Los movimientos de las secuencias evaporíticas han provocado el arranque y el tránsito de los fragmentos del zócalo subyacente hacia la superficie. La notable presencia de rocas metamórficas en las formaciones salinas hace del Triásico del Tell oriental un original conjunto dentro del Magreb. Estas rocas metamórficas, denominadas como «exógenas», son abundantes y diversas dentro de las formaciones triásicas del Tell argelino. Además, muy a menudo aparecen en posición de apilamiento de mantos. Como consecuencia, el estudio de los diversos bloques incluidos en las masas evaporíticas permite la caracterización del zócalo ante-Triásico. Este análisis y su integración en el contexto geodinámico norteafricano permite definir la naturaleza del zócalo del Tetis antes de la apertura del Mediterráneo. El área de estudio se refiere a los afloramientos triásicos del noroeste de Argelia (figura 1). Solamente los afloramientos del norte en el Atlas telliano, contienen bloques ultrabásicos y granulíticos.

El Triásico oranés marroquí, tal como ocurre con telliano, cuenta con la litología clásica de tipo germánico donde predomina el yeso y, en algunos depósitos, con más de 500 m de sal (Arbal y Aïn Nouïssy) (fig. 2). Las calizas, dolomías y las coladas volcánicas están asociadas a las evaporitas. Aparte de estas facies clásicas, los afloramientos triásicos incorporan facies ultramáficas y granulíticas procedentes de un substrato más antiguo. El examen petrográfico y geoquímico de todas estas facies encontradas en los afloramientos del Triásico estudiados, han permitido compararlos con las facies del zócalo de los afloramientos autóctonos y de los enclaves de la actividad volcánica alcalina del noroeste argelino.

Las facies principales

Las Peridotitas de l'Émir Abdelkader

Se trata de un bloque de aproximadamente 4 metros de diámetro, incrustado en el yeso triásico de la localidad de Emir Abdelkader (fig. 3). La textura es protomilonítica. La composición mineralógica es la siguiente: olivino-ortopiroxeno-clinopiroxeno-espinela con kink bands (olivino) y figuras de estiramiento (piroxeno y espinela) en el plano de foliación de la roca. Notemos aquí que los bordes de los porfiroblastos de olivino y también de piroxeno presentan una textura cataclástica (fig. 4, 5 y 6).

La composición química de la peridotita de Emir Abdelkader es similar a la de Béni Boussera en el Rif marroquí y también del macizo de Ronda, en Andalucía (España). Se han encontrado algunos pequeños fragmentos de piroxenita asociados con estos bloques del manto. También, en Mendes (Relizane), un depósito de piroxenita se ha descrito dentro del mismo contexto.

Gabros

Esta facies tan sólo ha sido observada en el afloramiento de Arbal-Tafaraoui. Se presenta en pequeños bloques incluidos en una matriz de yeso con arcilla. La textura es granoblástica y se compone de plagioclasa con maclas de polisintéticas distorsionadas (fig. 7). Se asocia con los relictos de clinopiroxeno (augita) rodeados de un anfíbol. Se han señalado gabros similares a los de Arbal en la isla de Zabargad en el Mar Rojo.

Kinzigitas

Se trata, en general, de la paragénesis siguiente: cuarzo + granate + cordierita + silimanita + biotita + plagioclasa ácida + grafito. Resultan comparables a las kinzigitas del Rif, más una cianita bastante abundante. Los kinzigitas se han encontrado en Sidi Omar al Ayat (Fig. 8 y 9) y en Aïn Nouïssy (fig. 9). La matriz se compone de feldespato, silimanita, biotita, moscovita y cuarzo (fig. 10).

También se han hallado leptinitas intercaladas en las kinzigitas de Sidi Omar el Ayat (Fig. 11). Estas leptinitas se componen de cuarzo, feldespato, moscovita y silimanita fibrosa (fig.12).

Gneises

Han aparecido gneises en Arbal en forma de un gran bloque de 2 a 3 metros de arista (fig. 13). Se trata de un gneis de biotita de color gris oscuro bastante abundante (fig. 14).

Micaesquistos

Se trata de un esquistos con granate que se encuentra únicamente en Sidi Omar El Ayat y su composición mineralógica (fig. 8) es la siguiente: cuarzo-feldespato potásico-biotita-moscovita (Fig. 15).

Anfibolitas

Han sido encontradas en Aïn Nouïssy, en Émir Abdelkader y, recientemente, en Tamlaht, dentro del macizo ouarsenés. Se componen de anfíboles y plagioclasas. El principal mineral secundario es leucoxeno. A veces las plagioclasas se reagrupan formando lechos de plagioclasas blancas, lo que da al conjunto del

afloramiento un aspecto de alternancia muy neta oscura y clara. (fig. 16). La textura es granoblástica a granolepidoblástica (fig. 17).

Prasinitas

Estas facies, recientemente descubiertas, se emplazan en una brecha con arcilla y yeso al costado de la anfíbolita del complejo Triásico de Tamalaht, en las montañas del Ouarsenis. Es el afloramiento más oriental entre los cuerpos triásicos estudiados. La composición mineralógica es la siguiente: plagioclasa + actinolita + clorita + leucoxeno (Fig. 18). Es una metabasita, probablemente formada por la alteración metasomática de un gabro.

Discusión

Todos los enclaves encontrados constituyen una especie de sección de la litosfera continental (fig. 19). El perfil representa una parte del manto superior, esencialmente peridotítico, con piroxenitas intercaladas, coronada por una porción de la corteza continental, esencialmente «granulítica». Todas las facies encontradas muestran figuras de deformación por milonización.

Las semejanzas de las peridotitas y granulitas del Triásico de Orán con las de Béni Boussera en Marruecos, las de Ronda en España, Cabo Bougaroun en la Petite Kabylie y, por último, el macizo cristalofílico de Edough, sugiere la pertenencia de estos macizos a un solo conjunto petro-estructural, que representa el zócalo polimetamórfico profundo del borde norte de la placa africana. Este conjunto probablemente representaría el antiguo zócalo del dominio Bético-Tello-Rifeño, que reagruparía la parte sur de España, el Rif en Marruecos y Argelia, el Tell y, probablemente, la placa de Alborán.

La estructura de tectonita de la peridotita de Emir Abdelkader y de la websterita de Mendés, nació en el manto superior, como resultado de los movimientos «diapíricos» ascendentes del material peridotítico del manto. Posteriormente, una deformación milonítica se superimpuso y la resultante de estas dos deformaciones se materializó en lámina delgada creada por la textura porfiroclástica con un estiramiento bastante pronunciado de los piroxenos y el nacimiento de neoblastos de olivino con kink-bands y porfiroclastos de ese mismo mineral. Las granulitas muestran paragénesis metamórficas primarias de baja presión y alta temperatura.

Varias direcciones tectónicas afectan al Tell occidental (fig. 20) :

- La dirección NE - SO que corresponde a estructuras compresivas.
- La dirección N 10° a N 30°: Se trata de grandes cizallas sinestrales llamadas «Transversales» por Glangeaud (1939).
- Dirección E-O y N 140°: direcciones de fallas a menudo asociadas a estructuras plegadas.

Las fallas N 140° introducen descompensaciones dextrales orientadas SO-NE en las estructuras decamétricas y kilométricas.

Los sectores estudiados muestran varias características estructurales que, con frecuencia, se superponen. Estas son, entre algunos rasgos estructurales, la tectónica tangencial del emplazamiento de los mantos, el diapirismo salino, la tectónica post-manto y, finalmente, los procesos tectónicos responsables de la incorporación de bloques metamórficos en las evaporitas triásicas. Este proceso, que es el más antiguo, podría desempeñar un papel destacado en la evolución de otros fenómenos estructurales mencionados anteriormente.

Los afloramientos triásicos que contienen enclaves básicos, ultrabásicos y granulíticos, están alineados en una dirección ENE-OSO. Estos cuerpos muestran un adelgazamiento cortical que afectó al norte de la placa africana antes de los depósitos del Triásico, resultado de la primera fase de distensión que afectó al dominio del Tetis triásico y la aparición de grabens con una potente sedimentación salina.

Significado y origen de los enclaves ultrabásicos y granulíticos

En el Tell oranés la presencia de este zócalo polimetamórfico, también está atestiguada por la presencia de xenolitos en las lavas del Plioceno-Cuaternario.

En cuanto a la presencia o ausencia de los enclaves en el Triásico, las explicaciones que se pueden ofrecer necesitan considerar una paleogeografía algo aproximada del noroeste de Argelia. Por lo tanto, sería necesario dibujar un esquema paleogeográfico que contase con un sistema de cuencas falladas con dirección ENE-OSO. Anteriormente ya fue propuesta una disposición en el Trías de las áreas

emergidas y zonas de sedimentación lagunar (fig. 21). Esta dirección puede corresponder a un accidente profundo que podría ser el responsable de la inclusión de bloques de rocas metamórficas del zócalo en las evaporitas triásicas. La serie salina se depositó en el Triásico sobre un zócalo autóctono ya adelgazado. Esta serie se cubrió por depósitos del Mesozoico y, a continuación, fue cabalgada por los mantos tellianos.

La denudación y el estiramiento de la corteza serían por lo tanto, o al menos en parte, anteriores a la deposición salina. Estos fenómenos podrían ser triásicos, ya que la masa salina principal está datada como del Triásico superior. A continuación se habría producido la incorporación del material de la corteza a consecuencia del juego de grandes accidentes en el zócalo, que son en gran parte iniciadores y guías de la halocinesis durante el Mesozoico. Los bloques de la corteza habrían podido ser arrancados por el movimiento de la sal, preferentemente en las partes desmenuzadas de sustrato (Fig. 22). Este adelgazamiento cortical podría ser el resultado de todas las primeras fases de la distensión que afectaron desde el Triásico al dominio del Tetis, acompañadas por la aparición de grabens con importantes sedimentaciones salinas en el oeste de Argelia y Marruecos y por una actividad volcánica significativa (ofitas intercaladas en la serie salina), cuyos productos a veces pueden descansar directamente sobre el zócalo, tal como ocurre en Marruecos. Esta distensión temprana anuncia la apertura del océano Jurásico.

Introduction

In the North African alpine chains, the Triassic deposits, particularly their evaporitic components, are widely involved in tectonic structures such as disharmonious anticlines, nappe soles and diapirs. These structures favoured the incorporation of underlying basement fragments, which often do not outcrop, in the evaporitic material. The Trias of the occidental Tell is original in the Maghreb region due to the abundance of these metamorphic rocks in the evaporate deposits. These metamorphic rocks named as "exogenous" rocks by Guardia, 1975; Delteil, 1974 and Fenet, 1975, are diverse and abundant in Triassic detrital and evaporitic deposits in the Algerian Tell. The Triassic deposits are generally the soles of Tertiary nappes. However, these metamorphic rocks are absent in the Triassic deposits of the Saharan Atlas in the south of Algeria.

The study of these exotic rocks embedded in evaporitic deposits allows the characterization of the pre-Triassic basement in the geodynamic context of the northern opening of the Tethyan and Mediterranean basins.

Study areas

The study areas concern the Triassic outcrops of North West Algeria (Fig. 1). These outcrops are divided on a band ranging from Ain Temouchent in the west to Tamalaht (Ouarsenis) in the east, and from Oran region, in the north, to the Ain Sefra region (Saharian Atlas), to the south. Only the outcrops located to the north, in the Tellian Atlas, contain ultramafic granulitic rocks, probably forming part of the pre-Triassic basement of the North African margin. In the Saharian Atlas (Ain Ouarka, region of Ain Sefra),

basaltic rocks (of tholeiitic composition) are interlaced with Triassic deposits (Midoun, 1989, Meddah *et al.*, 2007, Chabou, 2010). They are frequent and associated with salt, gypsum and marls.

Geological framework and methods of study

The north-west Tellian Trias is characterized by a classic German type lithology with predominance of gypsum and thick salt deposits (up to 500 m in thickness) in certain regions (Arbal and Ain Nouissy, respectively locations 3 and 5); (M. Midoun, 1989; M. Midoun and V. Perthuisot, 1992) (Fig. 2). Beige limestone with euhedral green quartz, plagioclase black dolomites and volcanic basaltic flows with pyroclatites are associated to the evaporite deposits. Commonly, the evaporite deposits occur at the tectonic contacts among units related to Tertiary tectonics (J. Delteil, 1974; B. Fenet, 1975; P. Guardia, 1975).

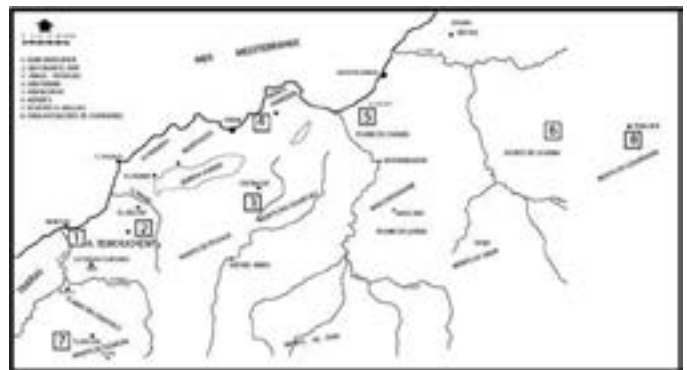


Figure 1. Location of Triassic outcrops studied.

Figura 1. Localización de los afloramientos triásicos estudiados.

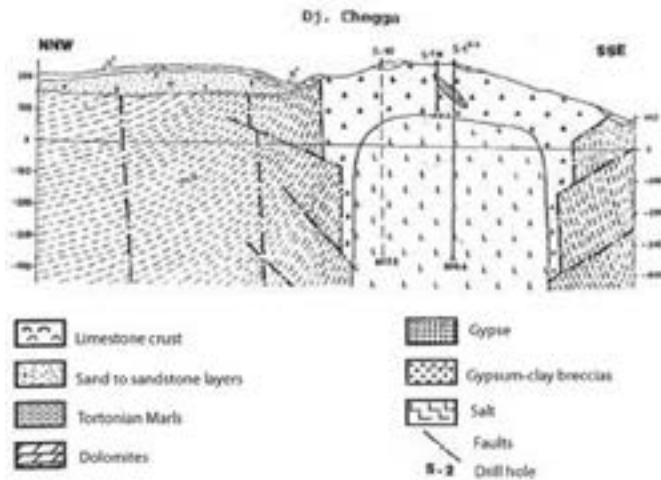


Figure 2. Synthetic cross-section of Ain Nouissy diapir, from geophysical data and core drilling (E.R.E.M., 1984 «Entreprise de Recherche et d'Exploitation Minière; Research and Mining Company» in M. Midoun, 1989).

Figura 2. Sección sintética del diapiro de Ain Nouissy, a partir de los datos de testigos de sondeos (E.R.E.M., 1984 in Midoun, 1989).

In addition to these conventional rock facies, the studied triassic outcrops contain ultramafic and granulitic blocks (Midoun, 1989) of variable size (up to several m³) considered to have formed part of an old basement.

The petrographic and geochemical study of these "exotic" blocks of the studied Triassic series has allowed us to compare them with the North African autochthonous basement outcrops (Bossière *et al.*, 1976 ; Missiri, 1987, Leblanc and Temagout, 1989; Hadj Zobir and Oberhänsli, 2013) and with xenoliths from the Tertiary alkaline volcanism of the North West Algeria (Zerka, 1991; Zerka *et al.*, 2002).



Figure 3. Emir Abdelkader peridotite block Triassic deposits.
Figura 3. Peridotita de Emir Abdelkader

Results

The main facies are represented by peridotite, gabbro, kinzigites, gneiss, micaschists, amphibolites and prasinite.

Emir Abdelkader Peridotite

It is a block of approximately 4 m in diameter, completely embedded in Triassic gypsum of the Emir Abdelkader locality (Fig. 3).

It is a very dark green to black dense rock. We have found no apparent trace of alteration (serpentinisation), probably as a result of shielding by the gypsum matrix. This peridotite has protomylonitic texture. The mineralogical composition is:

olivine (Fo 89-92), orthopyroxene (En 88-92), diopside clinopyroxene (Wo 49 – En 47 – Fs 4) located in interstices or as exsolution in orthopyroxene, chromiferous spinel pleonaste (M. Midoun, 1989).

Ductile deformations affect the main rock minerals. Kink bands affect olivine and stretched pyroxene and spinel are parallel to the foliation of the rock. The rims of olivine and pyroxene porphyroclaste are mechanically sheared (cataclastic texture) (Figs. 4, 5 and 6).

The chemical composition of the Emir Abdelkader peridotite is similar to that of peridotites of the Beni Boussera and Ronda ultramafic massifs of the Moroccan Rif and Andalucía (Spain) (M. Midoun, 1989; J. Kornprobst, 1976).

Rare small pyroxenite fragments were found associated with these mantellic rocks. Pyroxenite was described in the same context in Mendes, approximately



Figure 4. King band in olivine of Emir Abdelkader peridotite block.
Figura 4. Kink bands en olivino en la peridotita.

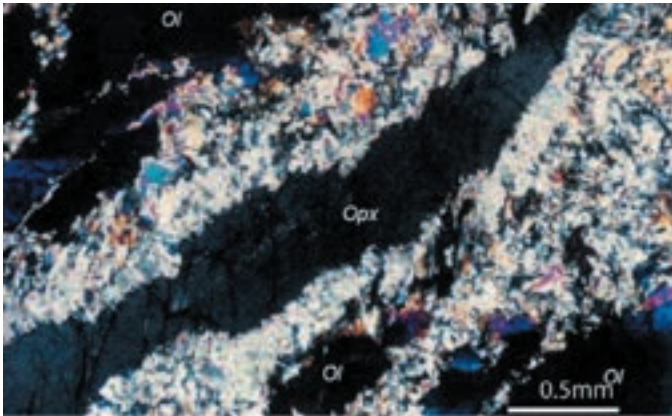


Figure 5. Stretched orthopyroxene parallel to the foliation of the Emir Abdelkader peridotite block.

Figura 5. Extensión del ortopiroxeno paralela a la foliación de la roca peridotítica.

30 km to the south east of Relizane (Kornprobst, 1976) and in Beni Bousera massif (Morocco) (Pearson et al., 1991) and in the Ronda massif (Spain) (Précigout et al., 2013).

Gabbro

Blocks of gabbro have been observed only in the Arbal-Tafaraoui region. They are small, up to some decimetres in length, and are embedded in a gypsum-clay matrix. The blocks are granoblastic bearing bended twin plagioclase crystals associated with relict clinopyroxene (augite) surrounded by amphibole (edenite) in coronitic texture (Fig. 7) (M. Midoun, 1989).

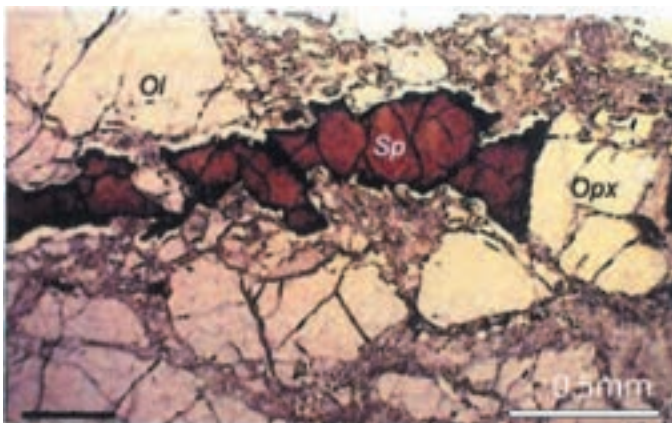


Figure 6. Stretched spinel parallel to the foliation of the Emir Abdelkader peridotite block.

Figura 6. Espinela estirada en la peridotita, de forma paralela a la foliación.

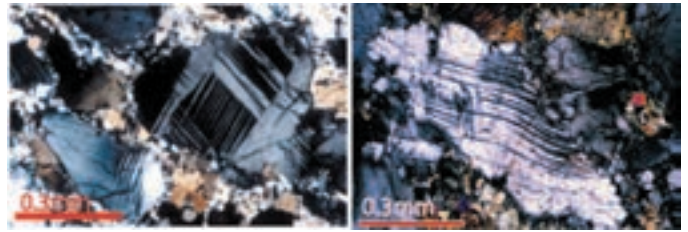


Figure 7. Deformed twinned plagioclase in amphibole and pyroxene matrix of a block of gabbro.

Figura 7. Pareja de plagioclasas deformadas en matriz con anfíboles y piroxenos.

Kinzigites

The kinzigites were found exclusively in the Sidi Omar el Ayat and Ain Nouissy regions (locations nº2 and nº5 respectively in Fig.1). They are paragneiss with the mineralogical association Qz+Gt+Cd+Sill+Bi+Pl+Graphite. This rock type is comparable to the kinzigites of the Moroccan Rif located in contact with the Beni-Boussera peridotite massif, though the latter contain abundant kyanite (J. Kornprobst, 1976) and the Ronda massif (Spain) (Précigout et al., 2013).

In the Sidi Omar el Ayat region, kinzigite blocks are associated with garnet- and muscovite-bearing pegmatites, garnet and sillimanite gneisses and garnet mica-schists (Fig. 8). The kinzigites have a granoblastic texture. The rock is dark, largely foliated and banded. Garnet porphyroblasts are embedded within a fluidized, micro-folded matrix of feldspar, sillimanite, biotite, muscovite and quartz (Figs. 9 and 10).

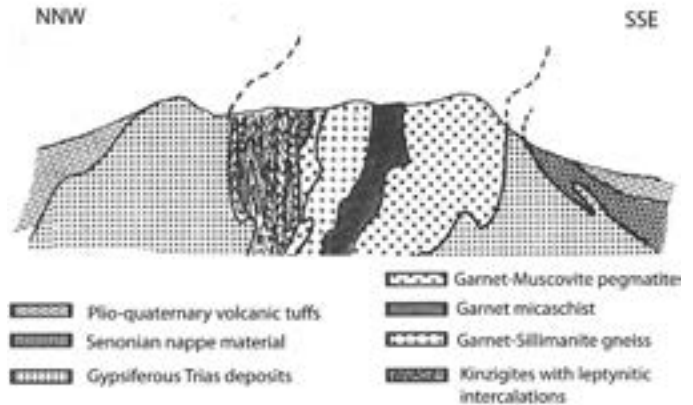


Figure 8. Synthetic cross-section of Sid Omar El Ayat granulites.

Figura 8. Corte sintético de granulitas de Sid Omar El Ayat.

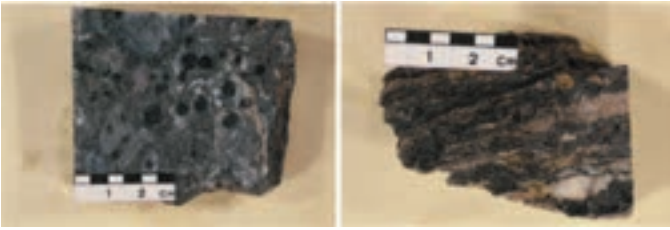


Figure 9. The two facies of kinzigites at Sidi Omar El Ayat and Ain Nouissy locations.

Figura 9. Las dos facies de kinzigitas en las localizaciones de Sidi Omar El Ayat y Ain Nouissy.

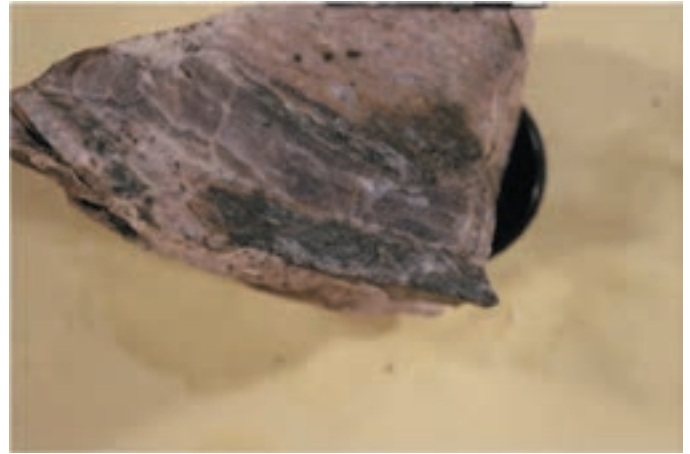


Figure 11. Garnet leptynite of Sidi Omar El Ayat.

Figura 11. Granate leptinita de Sidi Omar El Ayat.

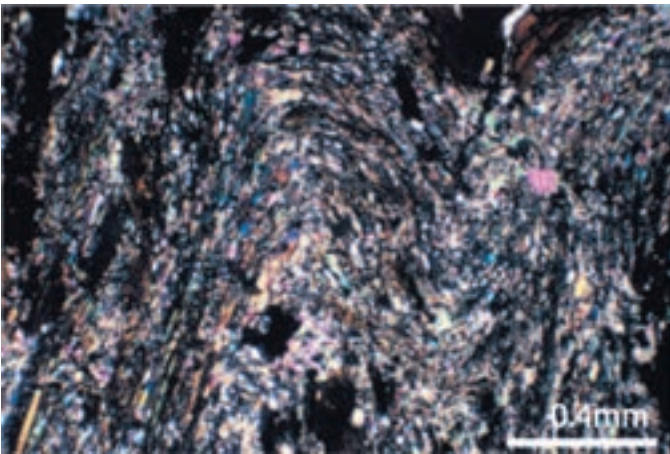


Figure 10. Thin section of the Ain Nouissy kinzigite.

Figura 10. Lámina delgada con kinzigita de Ain Nouissy.

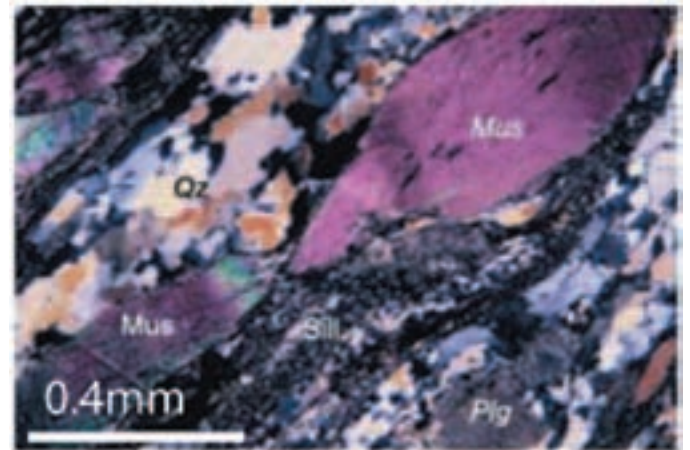


Figure 12. Boudinaged muscovite (pink) parallel to the foliation of leptynite.

Figura 12. Moscovita boudinada (rosa) paralela a la foliación de leptinita.

Leptynitic beds have been found intercalated with Sidi Omar el Ayat kinzigite. They are light beige, compact and massive rocks, consisting of quartz, potassium feldspar, muscovite, garnet and fibrous sillimanite (Fig.11).

Gneiss

Gneiss was found in the Arbal region as a huge block of 2 to 3 metres (Fig. 13). It is dark gray biotite gneiss within gypsum-clay matrix. In addition, gneisses were found associated with the Sidi Omar El Ayat kinzigites.

Micaschists

Garnet micaschists were found only in Sidi Omar El Ayat location, stuck between the garnet gneiss and garnet-sillimanite pegmatites (Fig. 8). The mineralogical composition is Qz - Kfs – biotite - muscovite.



Figure 13. Arbal gneiss.

Figura 13. Gneis de Arbal.

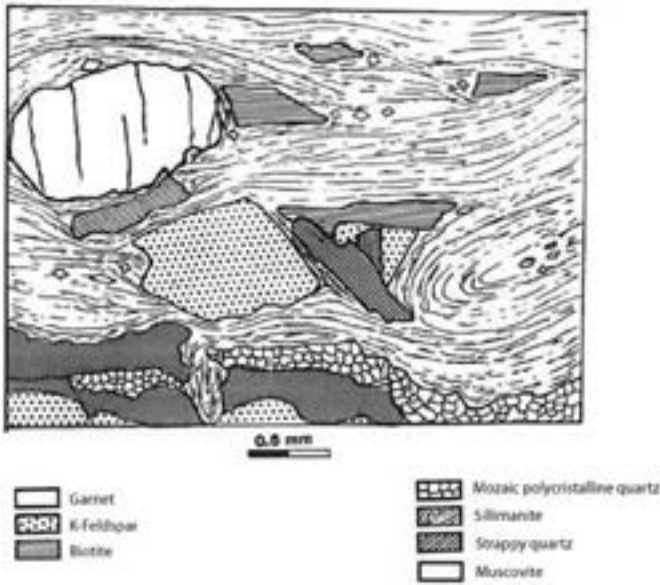


Figure 14. Sketch showing a thin section view of the Arbal gneiss.
Figura 14. Bosquejo que muestra una vista en lámina delgada del gneiss de Arbal.

Amphibolites

They were found in Ain Nouissy, in Emir Abdelkader and in Tamlaht in the Ouarsenis massif. The rock is very compact, foliated and relatively dark. Its mineralogical composition is dominated by light green to black amphiboles and plagioclase. The secondary main mineral is leucoxene which locally forms large concentrations. Locally, plagioclases are concentrated and form a plagioclasic white bed which produces a sharp light and dark banding (Fig. 16). The

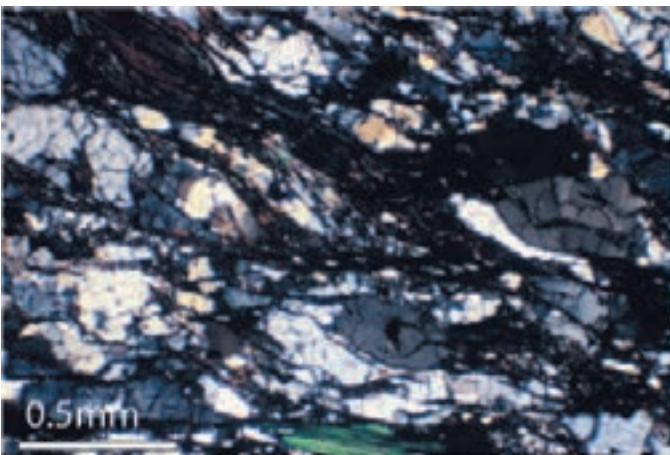


Figure 15. Garnet micaschist of Sidi Omar El Ayat.
Figura 15. Micasquisto granatífero de Sidi Omar el Ayat.



Figure 16. Banded amphibolite of Tamalaht, Ouarsenis (Location 8 in figure 1).
Figura 16. Anfíbolita bandeada de Tamalaht, Ouarsenis.

amphibolite texture is granoblastic to granolepidoblastic (Fig. 17)

Prasinite

This type of rock has been recently discovered (Seddiki, 2013, unpublished) as greenish decimetre-sized blocks embedded in gypsum-clay breccia alongside the amphibolite block in the Triassic complex of Tamalaht, Ourasenis mountains, the most eastern Triassic outcrop studied located about forty kilometres south of the city of Chlef. Its mineralogical composition is Plagioclase - Actinote - Chlorite

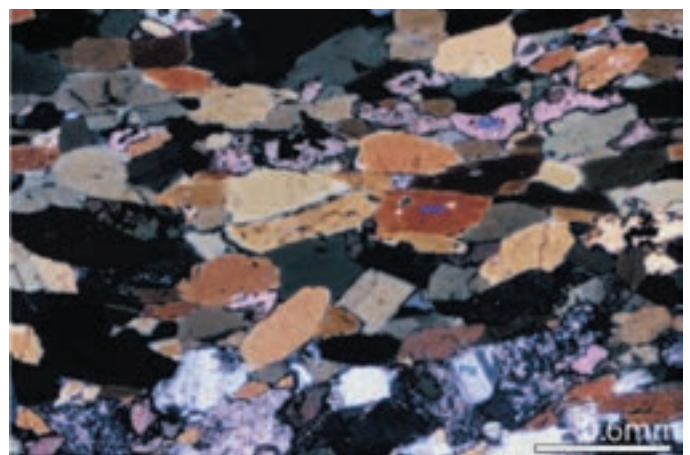


Figure 17. Thin section of Ain Nouissy amphibole.
Figura 17. Anfíbolita de Ain Nouissy – Lámina delgada.

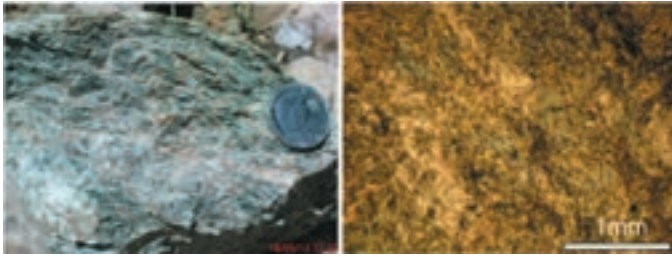


Figure 18. Macroscopic and thin section of prasinite from Tamalaht. **Figura 18.** Prasinita de Tamalaht, figura macroscópica y lámina delgada.

- Leucoxene (Fig. 18). It is very probably a metabasite as the result of metasomatic transformation of a gabbro.

Discussion

The xenoliths found in the various Triassic outcrops studied constitute a real cross-section of the continental lithosphere. They represent parts of the upper mantle, essentially peridotitic with pyroxenite intercalations, below continental crust essentially "granulitic" nature (Fig. 19). All the rocks show mylonitic deformation.

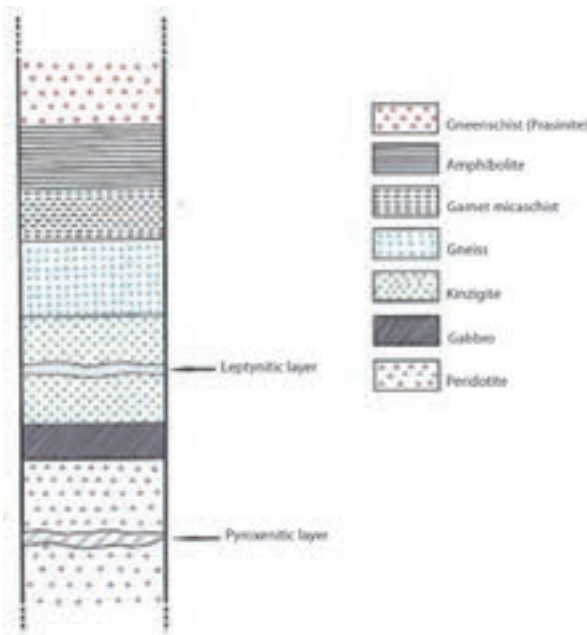


Figure 19. Synthetic cross-section of the North West Algerian (Oranie) lithospheric polymetamorphic basement (M.Midoun, 1989).

Figura 19. Perfil sintético del noroeste de Argelia (Orán) basamento litosférico polimetamórfico.

The similarity of mineral assemblages and deformations at the microscopic scale of peridotites and granulites of the Oranie Trias with those of Beni Boussera in Morocco, Ronda in Spain, Cap Bougaroun in Petite Kabylie and finally of the Edough massif (Annaba), suggests that these different massifs formed a single petro-structural ensemble which represents the deep polymetamorphic basement of the northern border of the African. The Emir Abdelkader peridotite texture (M. Midoun, 1989) and the Mendes websterite (J. Kornprobst *et al.*, 1976), is a tectonite texture that originated in the upper mantle, as a result of rising "diapiric" mantle material.

A mylonitic deformation is superimposed and the resultants of the two deformations are materialized in a thin section by the porphyroclastic texture with pronounced stretching of pyroxenes and kink-banded olivine neoblasts and porphyroclasts. The granulites show a primary metamorphic parageneses (BP, HT). Several tectonic directions have affected the Occidental Tell (Thomas, 1985) (Fig. 20):

- NE - SW direction that corresponds to the compressive structures which affect the whole of the post-nappe sedimentary series and its substratum. They correspond to hectokilometric folds and reverse faults.
- N10 to N30 direction: according to this direction the clipping of the northern Africa alpine orogen operated. It corresponds to large sinistral strike-slip faults, the "Transverse" of Glangeaud, (1939).
- E - O and N140 direction: these two directions correspond to faults associated with folded structures.



Figure 20. Structural outline of the western Bas Cheliff (G.Thomas, 1985).

Figura 20. Esquema estructural del oeste de Bas Cheliff (G.Thomas, 1985)

The N140 faults introduce dextral offsets in SW – NE hectometric to kilometric structures.

Several structural features are present in the studied sectors, which most often are superimposed. Among these structural features, we cited the tangential tectonic to nappe emplacement, salt diapirism, post-nappe tectonic and finally tectonic processes responsible for the incorporation of metamorphic blocks in the Triassic evaporite deposits. The latter process, which is the oldest, has been able to play a prominent role in the evolution of the other structural phenomena cited above.

The Triassic outcrops which contain the mafic, ultramafic and granulitic xenoliths are aligned according to a ENE - WSW direction. This alignment very probably reflects a crustal thinning event having affected the north of the African plate before the Triassic sediments were deposited. This crustal thinning event may be the result of the first phases of distension that affected the Tethysian domain at the beginning of Trias and that resulted in the development of thick salt sedimentation grabens.

Meaning and origin of ultramafic and granulitic xenoliths

Metamorphic rock xenoliths collected in the Oranie Trias, belong to a whole polymetamorphic group (BP and HT) (M. Midoun, 1989).

The deformations and the temperatures recorded by peridotites attest to early movements in the upper mantle. In granulites and gabbros, their primary parageneses and the retrograde reactions which affected them, attest clearly for tectono-metamorphic phenomena more important and more ancient than the phenomena generated by the tectonic phases of the alpine orogeny. The presence of similar rocks, their autochthonous position, in the Beni Boussera (Morocco) and in Ronda (Spain) to the west, as well as in Petite Kabylie (Algeria) and in the Edough cristallophyllian massif (Annaba - Algeria) to the east, may suggest the membership of these xenoliths to the same petro-structural group.

This group would probably represent the Betico-Tello–Rifain ancient basement, which would include the southern part of Spain, the Moroccan Rif, the Algerian Tell and probably the Alboran plate.

In the Oranie Tell (northwestern Algeria), the presence of the basement is also attested by the presence of xenoliths in plio-quadernary volcanic rocks (Zerka *et al.*, 2002).

To explain the presence or absence of xenoliths in Triassic deposits, paleogeographical data for northwestern Algeria are essential.

To the north of the “ENE-WSW” limit mentioned previously, Paleozoic continental detrital deposits are emplaced on a basement probably identical to the one we just mentioned. This same Paleozoic is absent in the south of this ENE-WSW direction, as well as xenoliths or outcrops. However, in south of the Tell (“Hautes plaines” domaine), paleozoic outcrops are represented by a shallow marine highland in the paleogeographic history at the Mesozoic (Môle de Tifrit, Saïda, for example).

It is therefore likely that north of this line was a shallow subsiding basin, in which detrital material deposited, and which represents the permo-carboniferous formations, shaly massifs of the Oran region (Djebel Khar, massif of Arzew) (B. Fenet, 1975). To the south of this limit, a relatively high area is evidenced by the absence of Permian formations comparable to those of the shaly massifs. This high area would have been the polymetamorphic basement.

The nature of Triassic deposits in this relatively “high” area and the deep marine highland area (Môle de Tifrit, Ghar Rouban etc.) is different. Around the deep marine highland, the deposits are detrital (Traras, Tifrit) whereas in the “high” area, in the south of the ENE-WSW line, the triassic deposits are lagoon carbonates (dolomites and marly-limestones) and a thick evaporitic series, essentially salt, as proposed by Fenet, (1975) (Fig. 21). A schematic paleogeographic model is presented in Figure 21, which highlights the ENE-WSW faulted basins.

The paleogeographic scheme proposed by Fenet (1975) can be completed by dividing the region of



Figure 21. Outline of the major paleogeographic zones in the Triassic period (after Fenet, 1975).

Figura 21. Esquema de las más importantes zonas paleogeográficas en el periodo Triásico (B. Fenet, 1975).

lagoon sedimentation into two areas: one deposited directly on a metamorphic basement and the other on a sedimentary paleozoic substratum. All of it would have an ENE-WSW direction. This direction may correspond to a deep accident that could be responsible for the incorporation of metamorphic rocks of the basement in the Triassic evaporite formations. The presence of blocks of crystalline and metamorphic material in the triassic salt diapirs can be explained in several ways, the simplest being that they formed part of the immediate substratum of the salt layer.

The salt series have been deposited on an already thinned autochthonous basement during the Triassic period. It was then stratigraphically covered by the mesozoic series, and subsequently overlapped by the tellian nappes. The crustal denudation and stretching would have occurred therefore, at least in part, prior to the salt deposition. These phenomena could be of Triassic age, because the main salt deposits are dated Upper Trias (Wildi, 1983). The incorporation of crustal basement blocks in the salt diapirs would have occurred during the Upper Trias, when the major accidents affected the basement, and whose activity have largely triggered and guided (?) the halokinetic activity during the Mesozoic (Perthuisot *et al.*, 1990). The crustal blocks were probably rapidly trapped during the halokinetic activity, preferentially from disintegrated parts of the substratum (Fig. 22).

This crustal thinning event may be the result of the first phases of distension that have affected the Tethysian domain during the Trias, when grabens and thick salt deposits formed in western Algeria (Fenet, 1975) and Morocco, as well as important volcanism

(ophites intercalled in the salt deposits series) the products of which are locally directly deposited on top of the basement, as in Morocco (Michard, 1976). This early distension announced the Jurassic opening of the Tethys Ocean.

Acknowledgements

La traducción al castellano del resumen y versión abreviada ha sido realizada por José Antonio Espi de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

References

- Bonatti, E. 1987. The rifting of continents. *Scientific American*, 254 (3), 75-81.
- Bonatti, E., Ottonello, G. and Hamlyn, P.R. 1986. Péridotites from the island of Zabargad (St John), Red Sea: Petrology and geochemistry. *Journal of Geophysical research*, 91 (B1), 599-631.
- Bossiere, G. Collomb, P. and Mahdjoub, Y. 1976. Sur un gisement de, péridotite découvert dans le massif cristallophyllien de l'Edough (Annaba - Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 283, 885-888.
- Chabou, M.C. Bertrand, H. and Sebaï, A. 2010. Geochemistry of the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) in south-western Algeria. *Journal of African Earth Sciences*, 58, 211-219.
- Delteil, J. 1974. *Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oranais oriental (Mont de la Mina, Béni Chougrane, Dahra)*. Thèse Sciences, Université de Nice, 294 pp.
- Fenet, B. 1975. *Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène Nord-Maghrébin. Les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais*. Thèse Sciences, Université de Nice.
- Guardia, P. 1975. *Géodynamique de la marge alpine du continent africain après l'étude de l'oranie nord occidentale (relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe et l'avant pays atlasique)*. Thèse Sciences, Université de Nice, 289 pp.
- Hadj Zobir, S. and Oberhänsli R. 2013. The Sidi Mohamed peridotites (Edough Massif, NE Algeria): Evidence for an upper mantle origin. *Journal of Earth System Science*, 122 (6), 1455-1465.
- Kornprobst, J., Delteil, J. 1976. Existence d'un affleurement de webstérite à spinelle d'origine mantellique dans le Trias d'une unité du Tell méridional au voisinage de Mendès (Wilaya de Tiaret - Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 283 (D), 1699- 1701.
- Leblanc, M., Temagout, A. 1989. Chromite pods in a lherzolite massif Collo Algeria: Evidence of oceanic-type

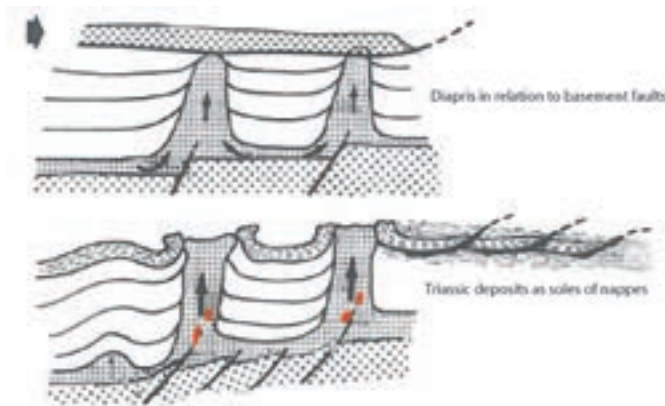


Figure 22. Hypothesis of diapir halokinetic activity in North West Algeria with the incorporation of mantelic and crustal blocks.

Figura 22. Hipótesis de la actividad halocinética de diapiro en el noroeste de Argelia con la incorporación de bloques corticales y mantélicos.

- mantle rocks along the West Mediterranean Alpine Belt. *Lithos*, 23 (3), 153–162.
- Meddah, A., Bertrand, H. and Elmi, S. 2007. La province magmatique de l'Atlantique central dans le bassin des Ksour (Atlas saharien, Algérie). *Comptes Rendus Geosciences*, 339, 24–30.
- Missiri, M. 1987. Structure Cinématique des péridotites feldspatiques du Cap Bougaroun (Algérie). *Journal of African Earth Sciences*, 1, 109-115.
- Midoun, M. and Perthuisot, V. 1992. Les éléments de socles inclus dans les évaporites du Trias (région d'Oran, Algérie). Implications sur les caractéristiques du substratum et sur l'amincissement lithosphérique triasique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 315 (II), 571-577.
- Midoun, M. 1989. *Etude du Trias d'Oranie (Algérie) et de ses relations avec le socle polymétamorphique. Implications géodynamique régionales*. Thèse, Orléans, 267 pp.
- Pearson, D.G., Davies, G.R. Nixon, P.H. Greenwood, P.B. and Matthey, D.P. 1991. Oxygen isotope evidence for the origin of pyroxenites in the Beni Bousera peridotite massif, North Morocco: derivation from subducted oceanic lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, 102 (3–4), 289–301.
- Précigout, J. Gueydan, F. Garrido, C. J., Cogné, N. and Booth-Rea G. 2013. Deformation and exhumation of the Ronda peridotite (Spain). *Tectonics*, 32, 1011–1025.
- Zerka, M. 1990. *Les enclaves ultrabasiques du volcanisme alcalin plio-quaternaire d'Oranie*. Thèse, Université d'Oran, 150 pp.
- Zerka, M. Cottin, J.Y. Gregoire, M. Lorand, J.P. Megartsi M. and Midoun, M. 2002. Les xénolites ultramafiques du volcanisme alcalin quaternaire d'Oranie Tell Algérie occidentale témoins d'une lithosphère cisailée et enrichie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 334 (6), 387-394.

Recibido: abril 2014

Revisado: septiembre 2014

Aceptado: junio 2015

Publicado: julio 2016