

Géomatériaux

La province magmatique de l'Atlantique central dans le bassin des Ksour (Atlas saharien, Algérie)

Amar Meddah^a, Hervé Bertrand^{b,*}, Serge Elmi^c

^a *Laboratoire de géodynamique des bassins algériens, université d'Oran Es-Sénia, BP 1524, campus II, 31100 Es-Sénia Oran, Algérie*

^b *UMR CNRS 5570, École normale supérieure de Lyon et université Claude-Bernard–Lyon-1, 46, allée d'Italie, 69364 Lyon cedex 07, France*

^c *UMR CNRS 5125, UFR « Sciences de la Terre », université Claude-Bernard–Lyon-1, 27–43, boulevard du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne cedex, France*

Reçu le 27 février 2006 ; accepté après révision le 14 octobre 2006

Disponible sur Internet le 30 janvier 2007

Présenté par Jean Aubouin

Résumé

Le volcanisme du bassin triasique des monts des Ksour est constitué de trois unités basaltiques, séparées par des intervalles sédimentaires silicoclastiques à évaporitiques et surmontées par des calcaires du Rhéto-Hettangien. Ces basaltes sont des tholéiites continentales pauvres en Ti, qui montrent, de la base au sommet, la même évolution chimique que les basaltes des bassins triasiques du Haut Atlas marocain. Ce volcanisme représente le témoin le plus oriental de la province magmatique de l'Atlantique central (CAMP) associée au *rifting* de l'Atlantique central, à la limite Trias–Jurassique. **Pour citer cet article :** A. Meddah et al., *C. R. Geoscience 339 (2007)*. © 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The central Atlantic magmatic province in the Ksour basin (Saharan Atlas, Algeria). The volcanic succession from the Triassic basin of the Ksour Mountains is formed by three basaltic units, interlayered with siliciclastic to evaporitic sedimentary levels and overlain by Rhaetian–Hettangian limestones. These basalts are low-Ti continental tholeiites that show, from bottom to top, the same chemical evolution as the basalts from the Triassic basins in the Moroccan High Atlas. This volcanism represents the easternmost witness of the central Atlantic magmatic province (CAMP) associated with the central Atlantic rifting, at the Triassic–Jurassic (Tr–J) boundary. **To cite this article:** A. Meddah et al., *C. R. Geoscience 339 (2007)*.

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

Mots clés : CAMP ; Basalte tholéiitique ; Limite Trias–Jurassique ; *Rifting* ; Atlas saharien ; Algérie

Keywords: CAMP; Tholeiitic basalt; Triassic–Jurassic boundary; Rifting; Saharan Atlas; Algeria

Abridged English version

Introduction

The Saharan Atlas (Algeria) is the eastern continuation of the Moroccan High Atlas (Fig. 1a). In both areas,

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail: ameddah2000@yahoo.fr (A. Meddah),
Herve.Bertrand@ens-lyon.fr (H. Bertrand),
Serge.Elmi@univ-lyon1.fr (S. Elmi).

extensional basins were formed during the Triassic and were filled with sedimentary series generally capped by a volcanic pile [1,9,11,12,16,21]. The volcanic pile from Morocco consists of tholeiitic basalts, emplaced at the Triassic–Jurassic (Tr–J) boundary [10,13,19], which belong to the central Atlantic magmatic province (CAMP), associated to the rifting events leading to the central Atlantic opening [3,4].

In the Ksour Mountains, basaltic outcrops are associated with Triassic diapirs controlled by NE–SW anticlines (Fig. 1b) [5,8,14]. Previous works in this area dealt with the stratigraphy and sedimentology, but they left the volcanism aside [2,6,17]. The aim of this paper is to show that the volcanism of the Ksour Mountains represents the eastern extension of the Late Triassic volcanism of Moroccan High Atlas and that it belongs to the CAMP province.

Field data

Based on detailed mapping of the investigated areas (Fig. 1b), four stratigraphic sections are reported in Fig. 1c. Three basaltic units were identified: the lower unit (B1) is 4 to 6 m thick and overlays red argillites similar to those observed in eastern Morocco [18]. The intermediate basaltic unit (B2), 2.5 m thick, overlays 10 m of variegated gypseous argillites and is overlaid by 2 m of red argillites and grey limestones. The upper unit (B3), 5 m thick, is overlaid by black laminitic limestones (1.5 m thick) covered by evaporitic argillites and halite and, upwards, by dolomites. A Hettangian age has been attributed to the top of these dolomites by an ammonite *Caloceras sp.* of the Planorbis Zone [17], but the contact between Triassic and Hettangian formations is hidden. At the El-Hendjir, Chelalla Dahrana, and Tiout localities, the upper unit is directly overlaid by grey-bluish stromatolitic dolomitic limestones (the so-called Tiout Bridge Fm, [2]). This formation is considered of Rhaetian–Hettangian age on the basis of lamellibranches [2]. The middle and upper limestones show cross bedding, synsedimentary folding and emersion surfaces, indicating an infra- to supratidal environment preceding the setting up of the Liassic carbonated platform [15]. The synsedimentary basaltic lava-flows locally flooded wet sediments, as attested by the silicified basis of carbonated and argillaceous layers.

Petrography and geochemistry of the basalts

The volcanic units consist of superposed thin lava-flows (0.5–1 m thick) characterized by a massive core and a vesicular rim. The texture of the rocks is

intergranular, intersertal or microlithic. The primary paragenesis, represented by olivine, plagioclase, clinopyroxene and Ti-magnetite, is homogeneous and typical of the continental tholeiites forming the CAMP province, particularly in Morocco [3]. The olivine occurs as microphenocrysts in the lower unit, more occasionally in the intermediate unit and is absent in the upper unit: this represents a good stratigraphic marker. A granophyric interstitial phase has been observed once in the lower unit (Tiout locality). As a whole, the basalts from the Ksour Mountains are more altered than those from Morocco. The olivine is entirely transformed into serpentine and chlorite. Saussurite, sericite, and albite frequently develop after plagioclase, and amphibole, less commonly, after clinopyroxene.

Major elements and some trace elements were analyzed by XRF on 31 samples from eight areas, while rare-earth elements and Rb, Sr, Zr, Nb, Hf, Pb, Th, U were analyzed by ICPMS on six samples, among the least altered and representative of the lower, intermediate, and upper units.

All the rocks are poorly differentiated basalts ($[Mg] (= Mg/(Mg + Fe))$ from 0.57 to 0.71). Significant alteration is reflected by a loss on ignition varying from 1.93 to 4.31 wt%, in accordance with the hydrothermal phases observed. The alkaline elements are highly mobilized (K_2O up to 7.55%) and cannot be used as magmatic markers. Nevertheless, the tholeiitic nature of the three volcanic units is clearly attested by immobile elements: low Ti (TiO_2 : 1.13–1.63 wt%) and P (P_2O_5 : 0.1–0.2 wt%) contents, Y/Nb and Zr/ P_2O_5 ratios varying from 1.5 to 5 and from 690 to 980, respectively [7]. Trace element patterns, enriched in light rare-earth ($La/Yb_{(n)} = 2.5–5.9$) and other incompatible elements ($Th_{(n)} = 57–124$), and displaying a negative Nb anomaly (Fig. 2a), are characteristic of continental tholeiites. Moreover, a decreasing enrichment in incompatible elements is observed from the base to the top of the lava pile: TiO_2 : 1.46 ± 0.09 wt%, 1.34 ± 0.07 wt%, 1.18 ± 0.03 wt%; P_2O_5 : 0.17 ± 0.01 wt%, 0.16 ± 0.02 wt%, 0.12 ± 0.01 wt%; $La/Yb_{(n)}$: 5.24, 3.96, 2.52, in the lower, intermediate, and upper units, respectively (Fig. 2b).

Discussion and conclusions

The alteration suffered by the rocks (especially by the plagioclase) precludes any radiometric dating. The available biostratigraphic markers assign a Rhaetian–Hettangian age to the sedimentary layer overlying the upper basaltic unit [2], while the argillites at the base of the lower basalts are considered as Triassic (Fig. 1c).

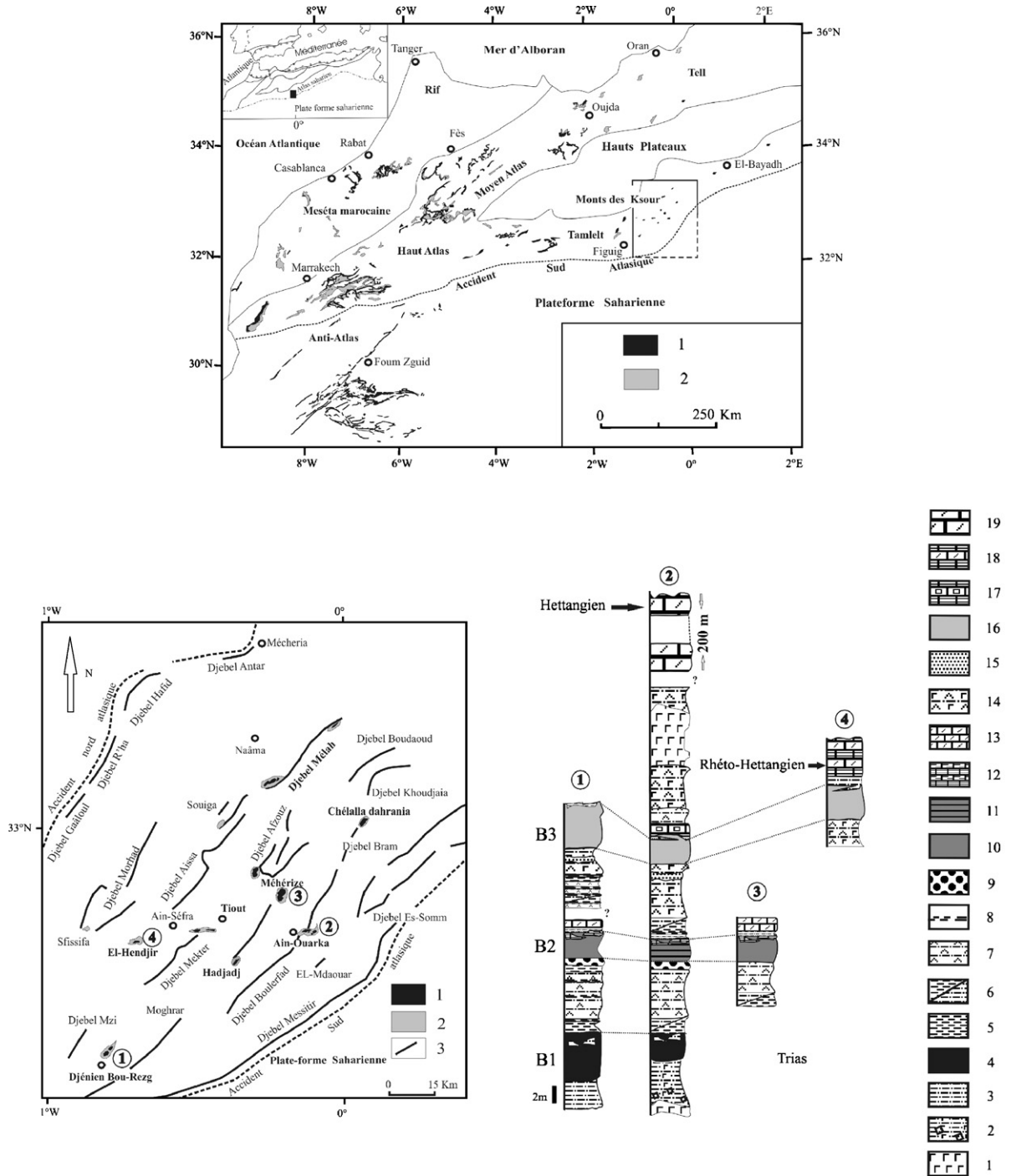


Fig. 1. (a) Répartition du magmatisme CAMP dans le Nord-Ouest de l'Algérie et au Maroc (avec localisation du secteur étudié). 1 : Magmatisme CAMP; 2 : sédiments triasiques. (b) Situation des coulées triasiques des monts des Ksour. 1 : Coulées basaltiques triasiques; 2 : sédiments triasiques; 3 : rides anticlinales. (c) Corrélation stratigraphique des unités volcaniques : 1, lentille de sel massif; 2, argilite lie-de-vin silteuse et salifère à fantômes de trémies de sel; 3, argilite lie-de-vin silteuse; 4, unité basaltique inférieure (B1); 5, argilite verte; 6, argilite bariolée; 7, argilite rouge gypsifère; 8, surface d'émergence à *mud-cracks*; 9, argilite rouge conglomératique; 10, unité basaltique intermédiaire (B2); 11, unité basaltique intermédiaire épidotisée (B2); 12, calcaire argileux noir carneguilisé; 13, calcaire dolomitique gris noir; 14, argilite blanc-rose gypso-saline; 15, grès argileux à fantômes de trémies de sel; 16, unité basaltique supérieure (B3); 17, calcaire argileux laminitique noir; 18, calcaire dolomitique laminitique stromatolitique gris bleuté (formation du Pont Tiout); 19, dolomie (formation du Chémariikh).

Therefore, it is assumed that the three volcanic units were emplaced during Late Triassic or straddling the Tr–J boundary.

The basalts from the Ksour Mountains are geochemically akin to the CAMP low-Ti tholeiites identified in West Africa. They can be correlated to the Triassic–Liassic volcanic pile from the Moroccan High Atlas, where four units (so-called lower, intermediate, upper, and recurrent units, respectively) were identified [3,13]. Based on immobile major and trace elements, the lower, intermediate, and upper basaltic units display, respectively, the same patterns (Fig. 2a) and the same chemical evolution (Fig. 2b) in the Ksour Mountains and in the High Atlas. Referring to the criteria used in Morocco [10,13] the Ksour lava-flows might have poured out through the Tr–J boundary. Only the recurrent unit, restricted to the mature basins from High Atlas, is not represented in the Ksour Mountains.

These results highlight the geodynamic evolution of the Atlasic domain at the Tr–J boundary and the CAMP extension in Algeria:

- together with the sedimentary filling, the volcanism from the Ksour Mountains records the Triassic–Liassic extension that structured the Atlasic intra-continental basin. The volcanism is coeval to the transition from an evaporitic cycle to the initial installation of the carbonate platform, through the Tr–J boundary;
- the western Saharan Atlas and the western High Atlas were the witnesses, over a distance of ca. 1000 km, of the same volcanic flooding, recording a common and probably synchronous evolution, but displaying a thickness much more reduced to the east (10–15 m) than towards the Atlantic margin (150–300 m);
- the Ksour Mountains volcanism belongs to the giant CAMP province, associated with rift basins preceding the opening of the central Atlantic; the Ksour Mountains rift stretches parallel to the main Moroccan Atlasic rift axis and represents the easternmost branch of this rift system. This volcanism could mark the eastern limit of the CAMP province.

1. Introduction

L'Atlas saharien (Algérie) constitue la continuité, vers l'est, du Haut Atlas marocain (Fig. 1a). Tous deux représentent des chaînes intracratoniques méso-cénozoïques formées au cours de l'orogénèse atlasique à partir de bassins subsidés. Dans les monts des Ksour (Atlas saharien occidental), la structuration du bassin résulte d'un *rifting* triasico-liasique, où le jeu de la plupart des failles est normal, avec une composante décrochante [1]. Les différents épisodes d'étirement crustal se traduisent par une tectonique en blocs basculés dès les premiers stades de *rifting*, à la fin du Trias [21]. Ce scénario est également mis en évidence pour les bassins triasiques du Haut Atlas marocain, où la direction d'extension est NW–SE [9,11,12,16].

L'ensemble de ces bassins a connu, au Trias supérieur, des manifestations magmatiques (Fig. 1a). Dans l'Atlas marocain, la série volcanique est constituée de basaltes tholéiitiques et atteint une épaisseur de 300 m : elle fait partie de la province magmatique de l'Atlantique central (CAMP) associée au *rifting* précédant l'ouverture de l'Atlantique central [3,4]. Le pic de mise en place de ces coulées, mesuré par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, se situe autour de 199–200 Ma et marque la limite Trias–Jurassique [10,13,19].

Dans les monts des Ksour, des affleurements basaltiques sont associés à des diapirs triasiques contrôlés par des rides anticlinales de direction NE–SW (Fig. 1b) [5,8,14]. Les travaux antérieurs sont d'ordre stratigraphique et sédimentologique, mais n'ont pas étudié le volcanisme de la région [1,2,6,17]. L'objectif de cette note est de montrer que le volcanisme des monts des Ksour se place dans le prolongement de celui du Haut Atlas marocain et qu'il appartient à la province CAMP.

2. Les données de terrain

Des levés géologiques ont été réalisés sur la totalité des sites connus dans les monts des Ksour (Fig. 1b) ; quatre d'entre eux, représentatifs, sont reportés sur la Fig. 1c. Trois unités de coulées basaltiques, séparées par des horizons sédimentaires, ont été identifiées. La

Fig. 1. (a) Distribution of CAMP magmatism in northwestern Algeria and Morocco (with localization of the studied sector). 1: CAMP magmatism; 2: Triassic sediments. (b) Location of Triassic lava flows of the Ksour Mountains. 1: Triassic basaltic lava-flows; 2: Triassic sediments; 3: anticlines. (c) Stratigraphic correlation of the volcanic units: 1, massive salt lens; 2, silty and salty purple argillite with ghosts of halite hoppers; 3, silty purple argillite; 4, lower basaltic unit (B1); 5, green argillite; 6, variegated argillite; 7, red gypseous argillite; 8, emersion surface with mud-cracks; 9, conglomeratic red argillite; 10, intermediate basaltic unit (B2); 11, epidotized intermediate basaltic unit (B2); 12, cargneulized black argillaceous limestone; 13, dark grey dolomitic limestone; 14, white–pink argillite with gypsum and halite; 15, argillaceous sandstone with ghosts of halite hoppers; 16, upper basaltic unit (B3); 17, laminitic argillaceous black limestone; 18, grey–bluish dolomitic limestone with stromatolitic laminae (Tiout Bridge Formation); 19, dolomite (Chémariikh Formation).

première unité volcanique (B1), de base, d'épaisseur variant entre 4 et 6 m, surmonte des argilites rouges. Elle s'observe à Djénien Bou-Rezg, à Ain-Ouarka, à Afzouz et à Tiout, où elle est très altérée. Ces argilites se distinguent des autres par leur couleur lie-de-vin foncée, leur aspect finement lité, leur nature silteuse et par leur richesse en hématite. Elles sont similaires aux couches rouges inférieures du Maroc oriental [18]. Les épanchements B1 sont surmontés par une dizaine de mètres d'argilites gypsifères vertes, rouges ou bigarrées finement litées, dans lesquelles on observe de nombreuses traces d'émersion dans le site de Djénien Bou-Rezg. La seconde unité volcanique (B2), intermédiaire, a une épaisseur de 2,50 m. Ces basaltes sont surmontés par des argilites rouges qui passent à des calcaires dolomitiques gris noir épais de 2 m, ces derniers se distinguant clairement dans les sites de Méhérize et de Djénien Bou-Rezg. La troisième unité volcanique (B3), supérieure, épaisse de 5 m, est bien exposée, notamment à Ain-Ouarka, où elle est surmontée par des calcaires argileux laminitiques noirs épais de 1,50 m, puis par un ensemble d'argilites évaporitiques et de sel massif et, enfin, par des dolomies formant le cœur de l'anticlinal de Bouloufad. Le sommet de ces dolomies a été daté de l'Hettangien par une ammonite *Caloceras sp.* zone à Planorbis [17], mais le contact entre l'affleurement triasique et l'Hettangien n'est pas visible. À El-Hendjir, Tiout et Chellala Dahrana, l'unité volcanique supérieure est scellée par des calcaires dolomitiques gris bleuté, parfois laminitiques et stromatolitiques. Cette formation, dite formation du Pont Tiout, est rapportée au Rhéto-Hettangien par des lamellibranches attribués à *Isocyprina (Eotrapezium) aff. germari* DUNKER [2].

Les roches carbonatées médianes et supérieures montrent des stratifications entrecroisées, des plis indiquant des glissements gravitaires et des figures d'émersion. Ces faciès indiquent une sédimentation en milieu inter- à supratidal, précédant l'installation de la plate-forme carbonatée du Lias [15]. Le volcanisme, synsédimentaire, s'est localement épanché dans un milieu gorgé d'eau, comme l'atteste la base silicifiée des assises carbonatées et des faciès argileux.

3. Pétrographie et géochimie des basaltes

Les unités volcaniques sont constituées par une succession de coulées peu épaisses de l'ordre de 0,5 à 1 m, caractérisées par un cœur à faciès massif et des bordures à faciès vacuolaire. La texture des roches est intergranulaire, intersertale ou microlitique et parfois glomérporphyrique. Les paragenèses minérales primaires, représentées par l'olivine, le plagioclase, le

clinopyroxène et la titano-magnétite, sont relativement homogènes et caractéristiques des tholéiites continentales constituant la province CAMP, notamment au Maroc [4]. Une phase interstitielle granophyrique est localement présente dans l'unité inférieure (Tiout). Parmi les phases primaires, l'olivine est présente en micro-phénocristaux (<5 %) dans l'unité inférieure ; elle subsiste parfois, en quantité moindre, dans l'unité intermédiaire, puis disparaît dans l'unité supérieure, ce qui constitue un bon marqueur stratigraphique. Les basaltes des monts des Ksour sont plus altérés en moyenne que ceux du Maroc. L'olivine y est toujours totalement serpentinisée ou chloritisée. Le plagioclase est fréquemment saussuritisé, séricitisé et albitisé, le clinopyroxène parfois amphibolitisé et épidotisé.

Les éléments majeurs et quelques éléments traces ont été analysés par spectrométrie de fluorescence X à l'université Lyon-1 sur 31 échantillons en provenance de huit secteurs (Djenien Bou-Rezg, El-Hendjir, Tiout, Ain-Ouarka, Méhérize, Afzouz, Chellala Dahrana, Djebel Mélah) et couvrant les unités inférieure, intermédiaire et supérieure (13, 4 et 14 analyses, respectivement). Les terres rares, ainsi que Rb, Sr, Zr, Nb, Hf, Pb, Th, U, ont été dosés par ICPMS à l'École normale supérieure de Lyon sur six échantillons représentatifs des trois unités, sélectionnés parmi les moins altérés.

L'ensemble des roches analysées sont des basaltes peu différenciés ($[Mg] (= Mg/(Mg + Fe))$ de 0,57 à 0,71). L'altération, notable, se traduit par une perte au feu variant de 1,93 à 4,31 % (hormis une roche à 1,27 %), en accord avec les transformations hydrothermales précitées. Les alcalins notamment sont fortement mobilisés (teneur en K_2O jusqu'à 7,55 %, en raison d'une séricitisation intense) et ne peuvent être utilisés comme marqueurs de l'affinité magmatique. La nature tholéiitique des trois unités de coulées est cependant clairement attestée par les concentrations en éléments immobiles : faibles teneurs en titane (TiO_2 : 1,13–1,63 %) et en phosphore (P_2O_5 : 0,1–0,2 %), rapports Y/Nb et Zr/ P_2O_5 variant de 1,5 à 5 et de 690 à 980, respectivement [7]. Les spectres d'éléments traces, enrichis en terres rares légères ($(La/Yb)_n = 2,5–5,9$) et autres éléments incompatibles ($Th_n = 57–124$) et présentant une anomalie négative en Nb (Fig. 2a), sont caractéristiques de tholéiites continentales.

De plus, on note une diminution de l'enrichissement en éléments incompatibles de la base au sommet de la pile volcanique : TiO_2 : $1,46 \pm 0,09$ %, $1,34 \pm 0,07$ %, $1,18 \pm 0,03$ % ; P_2O_5 : $0,17 \pm 0,01$ %, $0,16 \pm 0,02$ %, $0,12 \pm 0,01$ % ; $(La/Yb)_n$: 5,24, 3,96, 2,52, dans les

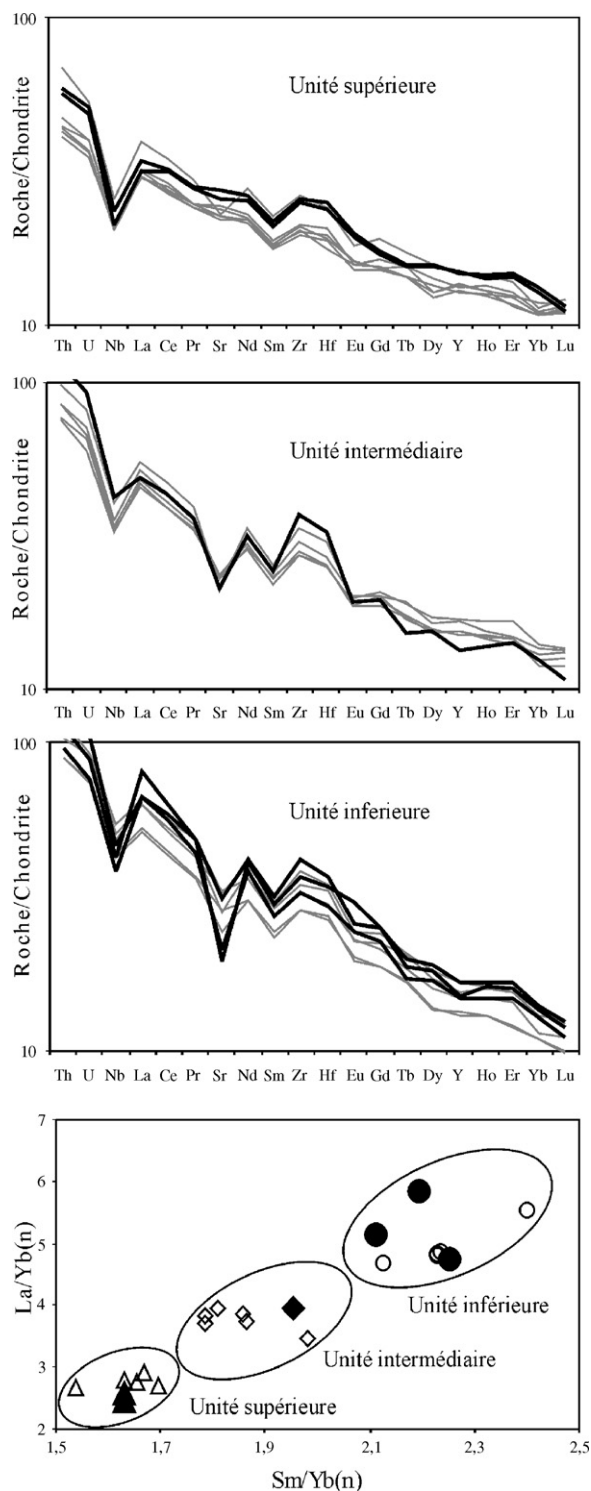


Fig. 2. (a) Spectres d'éléments traces des unités basaltiques des monts des Ksour comparés à ceux du Haut Atlas marocain. Traits noirs : monts des Ksour ; traits gris : Haut Atlas. Normalisation à la chondrite selon [20]. Tous les éléments ont été analysés par ICPMS, excepté Y (analysé par fluorescence X). (b) Évolution chimique de la série

unités inférieure, intermédiaire et supérieure, respectivement (Fig. 2b).

4. Discussion et conclusions

L'altération subie par les roches (notamment au niveau des plagioclases) exclut toute datation radiométrique. Les seuls marqueurs biostratigraphiques disponibles attribuent au Rhéto-Hettangien les premiers niveaux sédimentaires surmontant l'unité basaltique supérieure [2], tandis que les argilites situées à la base de la série sont considérées comme triasiques (Fig. 1c). Cela permet d'envisager un âge fini-Triasique ou de part et d'autre de la limite Trias–Jurassique pour les trois unités volcaniques.

Sur le plan géochimique, les basaltes des monts des Ksour s'apparentent aux tholéïtes pauvres en Ti de la CAMP en Afrique de l'Ouest. Ils peuvent être plus précisément corrélés avec la série volcanique triasico-liasique du Haut Atlas marocain, où quatre unités (inférieure, intermédiaire, supérieure et récurrente) ont été identifiées [3,13]. Sur la base des éléments majeurs (Ti, P) et des éléments traces immobiles, les unités inférieure, intermédiaire et supérieure montrent, respectivement, les mêmes spectres multiéléments (Fig. 2a) et la même évolution chimique (Fig. 2b) dans les monts des Ksour et dans le Haut Atlas marocain. En se référant aux critères utilisés au Maroc [10,13], les coulées basaltiques des monts des Ksour pourraient donc s'être épanchées de part et d'autre de la limite Trias–Jurassique. Seule l'unité récurrente, limitée aux bassins les plus matures du Haut Atlas, n'est pas représentée dans les monts des Ksour.

Ces résultats permettent de préciser l'évolution géodynamique du domaine atlasique à la limite Trias–Jurassique et l'extension de la CAMP en Algérie :

- le volcanisme du bassin des monts des Ksour retrace, avec le remplissage sédimentaire associé, les différentes étapes de la distension triasico-liasique qui

volcanique des monts des Ksour comparée à celle du Haut Atlas marocain. Symboles pleins : monts des Ksour ; symboles vides : Haut Atlas. Normalisation à la chondrite selon [20].

Fig. 2. (a) Trace elements spectra of the basaltic units from the Ksour Mountains compared with those from the Moroccan High Atlas. Black lines: Ksour Mountains; grey lines: High Atlas. Chondrite normalized after [20]. All elements analyzed by ICPMS, except Y (analyzed by XRF). (b) Chemical evolution of the volcanic series from the Ksour Mountains compared with that from the Moroccan High Atlas. Full symbols: Ksour Mountains; empty symbols: High Atlas. Chondrite normalized after [20].

structure le bassin intracontinental atlasique. Il est contemporain, de part et d'autre de la limite Trias–Jurassique, du passage d'un cycle évaporitique aux premières invasions de la plate-forme carbonatée du Lias ;

- l'Atlas saharien occidental et le Haut Atlas occidental ont été les témoins, à près de 1000 km de distance, des mêmes épanchements volcaniques, enregistrant une évolution commune et probablement synchrone, mais d'épaisseur beaucoup plus réduite à l'est (10–15 m) qu'en direction de la marge atlantique (150–300 m) ;
- le volcanisme des Ksour appartient donc à la province géante CAMP, associée à un système de rifts précédant l'ouverture de l'Atlantique central : le rift des Ksour, situé entre les Hauts Plateaux et la plate-forme saharienne, représente la branche la plus orientale de ce système, parallèle à l'axe principal du rift atlasique marocain. Ce volcanisme pourrait marquer la limite de la CAMP vers l'est.

Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien de l'accord-programme 02 MDU 555 et du programme GDR Marges. Nous remercions Paul Capiez et Chantal Douchet pour les analyses chimiques.

Références

- [1] R. Ait Ouali, Le *rifting* des monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées, place dans les ouvertures mésozoïques au Maghreb, thèse d'État, USTHB, Alger, Algérie, 1991.
- [2] J.-P. Bassoulet, Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie), thèse d'État, université de Paris-6, 1973.
- [3] H. Bertrand, The Mesozoic tholeiitic province of northwest Africa: A volcano-tectonic record of the early opening of the central Atlantic, in : A.B. Kampunzu, R.T. Lubala (Eds.), The Phanerozoic African plate, Springer Verlag, New York, 1991, pp. 147–188.
- [4] H. Bertrand, J. Dostal, C. Dupuy, Geochemistry of Early Mesozoic tholeiites from Morocco, Earth Planet. Sci. Lett. 58 (1982) 225–239.
- [5] M. Douihassi, Étude géologique de la région d'Ain-Ouarka Boussemghoun (partie centrale des monts des Ksour), thèse de 3^e cycle, université d'Oran, Algérie, 1976.
- [6] S. Elmi, Y. Alméras, M. Ameer, J.-P. Bassoulet, M. Boutakiout, M. Benhamou, A. Maroc, L. Mekahli, A. Mekkaoui, R. Mouterde, Stratigraphic and paleogeographic survey of the Lower and Middle Jurassic along a north–south transect in western Algeria, in : S. Crasquin-Soleau, S. Barbier (Eds.), Peri-Tethys, MNHN, Paris, 179, 1998, pp. 145–211.
- [7] P.A. Floyd, J.A. Winchester, Magma type and tectonic setting, Discrimination using immobile elements, Earth Planet. Sci. Lett. 27 (1975) 211–218.
- [8] D. Galmier, Photogéologie de la région d'Aïn Séfra (Algérie), Publ. Serv. Géol. Algérie 42 (1972).
- [9] M. Hafid, Triassic–Early Liassic extensional systems and their Tertiary inversion, Essaouira Basin (Morocco), Mar. Pet. Geol. 17 (2000) 409–429.
- [10] K.B. Knight, S. Nomade, P.R. Renne, A. Marzoli, H. Bertrand, N. Youbi, The Central Atlantic Magmatic Province at the Triassic–Jurassic boundary: paleomagnetic and ⁴⁰Ar/³⁹Ar evidence from Morocco for brief, episodic volcanism, Earth Planet. Sci. Lett. 228 (2004) 143–160.
- [11] E. Laville, J.-P. Petit, Role of synsedimentary strike-slip faults in the formation of the Moroccan Triassic basins, Geology 12 (1984) 424–427.
- [12] P. Leroy, A. Piqué, Triassic–Liassic western Moroccan synrift basins in relation to the central Atlantic opening, Mar. Geol. 172 (2001) 359–381.
- [13] A. Marzoli, H. Bertrand, K.B. Knight, S. Cirilli, N. Buratti, C. Verati, S. Nomade, P. Renne, N. Youbi, R. Martini, K. Allenbach, R. Neuwerth, C. Rapaille, L. Zaninetti, G. Bellieni, Synchrony of the Central Atlantic magmatic province and the Triassic–Jurassic boundary climatic and biotic crisis, Geology 32 (2004) 973–976.
- [14] A. Meddah, Étude géologique des appareils diapiriques des monts des Ksour. Atlas saharien occidental (Essai de synthèse sur les diapirs atlasiques), thèse de magistère, USTHB, Alger, 1998.
- [15] A. Meddah, S. Elmi, L'appareil diapirique de Tiout (Atlas saharien occidental, Algérie) : Activités volcaniques et phénomènes halocinétiques, in : 1^{er} Coll. nat. Jurass., Maroc, Rabat, 1999.
- [16] F. Medina, Superimposed extensional tectonics in the Argana Triassic formations (Morocco), related to the early rifting of the central Atlantic, Geol. Mag. 128 (1991) 525–535.
- [17] L. Mekahli, Hettangien–Bajocien supérieur des monts des Ksour. Biostratigraphie, sédimentologie. Évolution paléogéographique et stratigraphique séquentielle, Doc. Lab. Geol. Lyon 147 (1998) (319p.).
- [18] M. Oujidi, S. Elmi, Évolution de l'architecture des monts d'Oujda (Maroc oriental) pendant le Trias et au début du Jurassique, Bull. Soc. geol. France 171 (2000) 169–179.
- [19] A. Sebai, G. Féraud, H. Bertrand, J. Hanes, ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating and geochemistry of tholeiitic magmatism related to the early opening of the central Atlantic rift, Earth Planet. Sci. Lett. 104 (1991) 455–472.
- [20] S.S. Sun, W.F. McDonough, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes, in : M.D. Saunders, M.J. Norry (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. Spec. Publ. 42 (1989) 313–345.
- [21] A.K. Yelles-Chauche, R. Ait-Ouali, R. Bracène, M.E.M. Derder, H. Djellit, Chronologie de l'ouverture du bassin des Ksour (Atlas saharien, Algérie) au début du Mésozoïque, Bull. Soc. geol. France 172 (2001) 285–293.