

PREMIÈRES DONNÉES ISOTOPIQUES SUR LA MER TRIASIQUE DANS L'ATLAS SAHARIEN ORIENTAL (ALGÉRIE).

Sihem SALMI-LAOUAR*, Rabah LAOUAR*, Adrian J. BOYCE**,
Abdelhak BOUTALEB*** et Christian LAMOUREUX****

RÉSUMÉ

L'Atlas saharien du Nord-Est algérien est caractérisé par l'affleurement de roches triasiques qui recourent les séries carbonatées, marneuses et gréseuses du Crétacé et du Tertiaire. Ces appareils triasiques sont riches en matériel évaporitique, tel que le gypse, les dolomies et les argiles gypsifères. La quantité appréciable des sulfates dans ces roches a incité beaucoup de géologues à penser qu'ils sont à l'origine du dépôt des minéralisations sulfurées aux alentours de la majorité des ces appareils. Dans cette étude, l'analyse isotopique du soufre du gypse triasique a un double objectif: (1) déterminer la composition isotopique du Trias et donc des eaux de la mer triasique et (2) évaluer la contribution du Trias comme étant un réservoir potentiel du soufre pour les gîtes à Pb-Zn-Ba-F.

Les analyses isotopiques du soufre du gypse triasique ont donné des valeurs très proches de $\delta^{34}\text{S}$, comprises entre +13,4 à +16,0‰, avec une moyenne de +14,9‰, (n=17), à travers l'Atlas saharien oriental. Ces valeurs sont comparables à celles obtenues sur les sulfates triasiques des régions du bassin méditerranéen et aussi semblables à celles des eaux de la mer triasique dans le monde. D'autre part, les données isotopiques du soufre des sulfures associés à ces appareils évaporitiques sont comprises entre -2,2 et +10,4‰. La réduction thermochimique des sulfates dissous dans les saumures est le processus plausible du dépôt des minéralisations sulfurées. Les sulfates résiduels dans le fluide qui sont logiquement enrichis en isotope lourd, formeront la barytine avec des $\delta^{34}\text{S}$ qui oscillent entre +18 et +24‰.

Mots clés - Atlas saharien oriental - Trias - Evaporites - Gisements périapiriques - Isotopes du soufre.

* Département de Géologie, Université Badji Mokhtar Annaba, B.P. 12, 23000 Annaba.
E-mail: tlaouar@yahoo.fr

** Isotope Geosciences Unit, S.U.E.R.C., EastKilbride, Glasgow G75 0QF, Scotland.

***Département de Géologie, FSTGAT/U.S.T.H.B., BP. 32, El Alia, Bab Ezzouar, 16111 - Alger.

****UMR 8110 Processus et Bilans des Domaines Sédimentaires, U.S.T. Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq
Cédex France.

- Manuscrit déposé le 31 Janvier 2007, accepté après révision le 08 Avril 2007.

FIRST ISOTOPE DATA ON THE TRIASSIC SEAWATER IN THE EASTERN SAHARA ATLAS (ALGERIA)

ABSTRACT

The Saharan Atlas of north-east Algeria is characterized by the outcrop of Triassic evaporitic rocks that were intruded into carbonaceous, marly and sandstone rocks of the Cretaceous and Tertiary. These Triassic bodies are composed mainly of gypsum, dolomites and gypsum-rich clays. The large quantities of sulphates in these rocks incite many authors to attribute the origin of base-metal ore deposits to the Triassic formation. In this study, sulphur isotope analyses of the Triassic gypsum are used to: (1) determine the sulphur isotopic signature of the Triassic and hence the seawater sulphate of that period, and (2) assess the contribution of such sulphates as a potential sulphur reservoir to the deposition of Pb-Zn-Ba-F ores.

Gypsum of the Triassic formation shows a narrow range of $\delta^{34}\text{S}$ values, between +13.4 and +16.0‰: mean = $+14.9 \pm 0.3\text{‰}$ (n=17), throughout the northeastern Saharan Atlas. These data are comparable to those of the Triassic sulphates of the Mediterranean regions and also similar to those of the Triassic seawater sulphates throughout the world. On the other hand, Pb-Zn mineralization yielded also a narrow range of $\delta^{34}\text{S}$ values, between -2.2 and +10.4‰, indicating a common source of sulphur derived most likely from the Triassic sulphates through hydrothermal processes. We suggest that SO_4^- leached from the Triassic masses was partly thermochemically reduced to H_2S and that the remaining SO_4^- was enriched in ^{34}S , resulting in relatively high $\delta^{34}\text{S}$ values. This is reflected in the barite $\delta^{34}\text{S}$ values which range between +18 and +24‰.

Keywords - North-eastern Saharan Atlas - Triassic - Evaporites - Peridiapiric ore deposits - Sulphur isotopes.

INTRODUCTION

Les eaux de mer et des océans sont généralement homogènes en terme de leur composition isotopique du soufre parce que le mélange des courants océaniques est rapide par rapport au temps de résidence des sulfates marins (Thode et Monster, 1964; Nielsen, 1973). De ce fait, la valeur de $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ des sulfates dissous est la même à travers l'actuelle eau océanique ($\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} \text{H} \approx +20\text{‰}$). Les sulfates des évaporites (gypse) sont enrichis de 1 à 2‰ en $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ par rapport aux sulfates dissous et sont également constants à travers le monde (Claypool et al., 1972). La composition isotopique des sulfates évaporitiques est donc, non seulement un bon indicateur sur $\delta^{34}\text{S}$ des saumures locales mais aussi sur la composition isotopique des eaux océaniques de

cette période. La variation systématique des valeurs des isotopes du soufre dans le réservoir océanique durant l'histoire géologique de la terre a été déduite de $\delta^{34}\text{S}$ enregistré dans les évaporites marines des différents âges géologiques.

Claypool et al., (1980) ont présenté une compilation d'analyses isotopiques du soufre des sulfates marins dans le monde à travers les temps géologiques. Cette compilation porte sur une centaine d'échantillons d'âge et de lieux différents (Amérique du nord, Amérique centrale, Brésil, Afrique, la Méditerranée, Europe du nord). Au cours du Trias jusqu'au Jurassique supérieur, la composition isotopique des sulfates est de l'ordre de $+16 \pm 1,5\text{‰}$.

Le but de notre étude est de présenter les résultats d'analyses isotopiques effectuées sur les sulfates triasiques. Ces résultats auront deux objectifs principaux: (i) déterminer la composition isotopique du soufre de ces sulfates et donc de la mer triasique au Nord-Est algérien (entre l'Ouenza au Nord et Tébessa au Sud) et les comparer aux données isotopiques des régions limitrophes et du monde, et (ii) évaluer la contribution du Trias comme étant un réservoir potentiel du soufre à la mise en place des gîtes «péridiapiriques» à Pb-Zn-Ba-F.

GÉOLOGIE

La province salifère des Monts du Mellègue (confins algéro-tunisiens), communément appelée «zone des diapirs», est caractérisée par des formations sédimentaires carbonatées, marneuses et gréseuses allant du Crétacé au Miocène, et un Quaternaire essentiellement continental (Dubourdieu, 1956). L'ensemble de ces formations est traversé par un matériel évaporitique d'âge triasique qui a suscité tant d'importance géologique et tant d'intérêt économique ces dernières décennies. Les formations typiques du Trias dans cette région sont composées principalement de gypse, de marnes bariolées à gypse, de dolomies et de débris de roches de différente nature.

Sur le plan géologique, le mode de mise en place de ces appareils évaporitiques a été récemment beaucoup débattu avec la naissance de l'hypothèse de «glacier de sel sous-marin» évoqué par Vila et ses collaborateurs (ex: Vila, 1994; Vila et al., 1996; Vila, 2001), et l'idée «diapirique», plus ancienne, de Dubourdieu (1956) et qui est admise par d'autres auteurs (ex: Rouvier et al., 1985; Perthuisot et al., 1998; Kowalski et Hamimed, 2000; Salmi-Laouar et al., 2004; Bouzenoune et al., 2006). Du point de vue économique, la mise en place de ce matériel triasique est accompagnée par le dépôt d'une minéralisa-

tion polymétallique à Pb-Zn-Ba-F-Fe parfois importante d'où le terme de «gisements péridiapiriques». Plusieurs auteurs ont présenté un grand nombre d'arguments géologiques (Dubourdieu, 1956; Othmanine, 1987) et géochimiques (Bouzenoune, 1993; Salmi-Laouar, 2004) qui témoignent de l'intime relation qui existe entre le Trias et les dépôts métallifères qui leur sont associés. Ces auteurs indiquent que le Trias est une source probable du soufre des gisements polymétalliques.

Cette étude porte sur quelques affleurements triasiques situés entre l'Ouenza au Nord et Tébessa au Sud. Ces appareils montrent une grande similitude tant par leurs structures que par la nature des roches encaissantes. Les corps triasiques dans ces régions présentent des dimensions variables et une forme généralement elliptique. Ils se distribuent sur deux bandes parallèles orientées NE-SW depuis les territoires algériens jusqu'aux territoires tunisiens. Les affleurements étudiés sont ceux de l'Ouenza, Mesloul, Boujaber, et Hameimat (fig. 1). Au niveau du massif d'Essouabaa, où les minéralisations polymétalliques ont été étudiées (Sami, 2003; Salmi-Laouar, 2004), le Trias n'affleure pas en surface mais il est soupçonné en profondeur.

TECHNIQUES ANALYTIQUES

L'étude des isotopes du soufre a porté sur le gypse, porteur de cet élément chimique si abondant dans le Trias. Dix-sept (17) échantillons ont été prélevés aussi bien en surface, suivant des coupes, qu'en profondeur à partir des carottes de sondages. Le gypse a été manuellement séparé sous binoculaire avec pour souci permanent d'obtenir la phase minérale aussi pure que possible. Les analyses isotopiques du soufre ont été effectuées au laboratoire "Isotope Geosciences Unit", Scottish Universities Environmental Research Centre, East Kilbride, Glasgow, Grande-Bretagne.

RESULTATS

Les résultats d'analyse isotopique du soufre des sulfates triasiques sont donnés dans le tableau I et schématisés sur la figure 2. Ils sont repartis sur les massifs comme suit:

- Ouenza (3 mesures) avec des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ variant entre +13,4 et 16,0‰.
- Mesloulou (8 mesures) dont les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ varient entre +14,9 et +15,5‰.
- A Boujaber (3 mesures) dont les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ varient de +14,6 à +15,4‰.
- A Hameimat (3 mesures) dont les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ varient entre +13,4 et +15,1‰.

Tableau I - Composition isotopique du soufre des sulfates triasiques (gypse) de l'Atlas saharien oriental.

Sulphur isotopic composition of the Triassic sulphates (gypsum) of the eastern Saharan Atlas.

Localité	Secteur	Echantillon	Observations	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}(\text{‰})$
Ouenza	Ilot: Centre de l'Ouenza	OZA-16	Trias	+16,0
		OZA-15	Trias à 30m de l'Aptien basal	+13,4
		OZA-14	Trias près du contact avec l'Aptien basal	+14,3
Mesloulou	M'Khiriga	Mes 1	Trias	+15,4
	Partie NE, entre Kef Rahma-Petit Jaber	SML 13-59m	Trias	+15,2
		SML5-39m	Trias	+14,9
		SML5-162m	Trias	+15,3
		SML5-242m	Trias près du contact avec l'Aptien	+14,6
	Partie centre de Mesloulou, NW de Kef Bouguern-Bardo	SML5-264m	"	+15,1
		SML6-181m	Trias près du contact avec l'Aptien	+15,5
		SML6-192m	"	+14,9
SML6-192m		"	+14,9	
Boujaber	Partie Est du massif	S10-165,5m	Tias	+15,4
		S40	"	+14,6
	Partie Ouest du massif	S26-160m	Trias en injection entre le Cénomanién et l'Aptien	+15,3
Hameimat	Flanc SW	SHN23b35m	Trias	+15,1
	Partie Ouest du massif sur le flanc SW	SHN8 58m	"	+13,4
		SHN9 24m	"	+14,8

L'ensemble des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ pour les différents massifs oscillent donc dans un intervalle très serré entre +13,4‰ à +16,0 ‰ avec une moyenne = +14,9‰ (n = 17).

DISCUSSION

La précipitation des sulfates marins sous forme de gypse se produit, soit par une augmentation de l'activité de Ca^{2+} et de SO_4^{2-} dans les eaux de mer à travers l'évaporation, soit par l'augmentation de l'activité de Ca^{2+} dans les eaux marines à travers l'interaction avec les roches et sédiments. À 25°C, les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ du gypse et de l'anhydrite sont enrichies par environ 1,5‰ par rapport à la valeur du sulfate dissous (Thode et Monster, 1965). Les sulfates des évaporites reflètent donc approximativement les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ des eaux de la mer en question.

La composition isotopique du soufre du gypse triasique des différents affleurements de la région de Tebessa montre des valeurs serrées de $\delta^{34}\text{S}$ oscillant entre +13,4‰ à +16,0‰. Ceci indique que les sulfates sont isotopiquement homogènes et qu'il n'y a pas eu lieu de grandes interactions

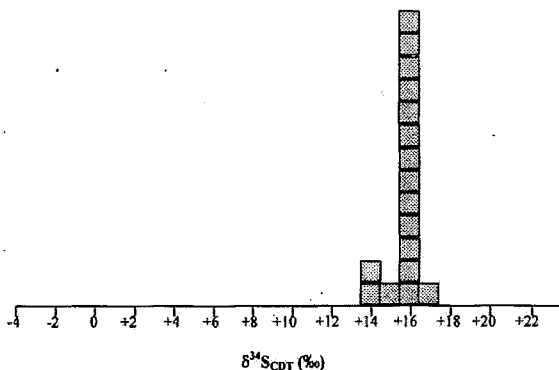


Fig. 2 - Histogramme montrant la composition isotopique du soufre du gypse triasique de l'Atlas saharien oriental.

Histogram showing the sulphur isotopic composition of the Triassic gypsum of the eastern saharan Atlas

depuis leurs dépôts. Ils reflètent ainsi la composition isotopique de la mer de cette époque dans la région.

La comparaison de ces valeurs isotopiques avec celles des sulfates triasiques des zones limitrophes (ex: Tunisie; Charef, 1986; Charef *et al.*, 1986; Sheppard *et al.*, 1996) ainsi qu'à celles obtenues dans la plupart des formations triasiques dans le monde, montre qu'elles sont semblables (fig. 3). Ces valeurs tombent dans la fourchette des compositions isotopiques du soufre des autres réservoirs naturels triasiques dans le monde (en moyenne +15‰) (Claypool *et al.*, 1980).

Source du soufre des minéralisations polymétalliques

Les travaux géologiques et miniers effectués dans l'Atlas saharien indiquent une relation directe entre la mise en place des masses triasiques et le dépôt des minéralisations polymétalliques (ex: Dubourdiou, 1956; Othmanine, 1987; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune *et al.*, 1995; Salmi-Laouar, 1998; Salmi-Laouar, 2004). Ces minéralisations, composées de galène, sphalérite, tétraédrite, barytine, fluorine et rarement cinabre, sont encaissées dans les formations carbonatées, généralement karstiques, de l'Aptien et de l'Albien. Elles sont sous forme de filons au niveau des failles et fractures, de disséminations dans les roches carbonatées ou de remplissages au niveau des vides karstiques.

Les isotopes du soufre sont un outil très efficace pour déterminer la source du soufre des minéralisations à Pb-Zn existantes dans cette région. Pour cela, des analyses isotopiques du soufre des sulfures et sulfates des gisements périadiapiriques ont été entreprises par Salmi-Laouar (2004). Malgré la distance importante qui sépare les différents massifs (*cf.* fig.1) et les différences qui existent quant à la nature, la morphologie et la distribution spatiale (en surface ou en profondeur) de la minéralisation, les échantillons de sulfures analysés (galène,

sphalérite et tétraédrite) montrent des variations légères en $\delta^{34}\text{S}$, avec une gamme relativement serrée, oscillant entre -2,2 et +10,4‰. D'autre part, les résultats d'analyse des sulfates de gangue (barytine) montrent des valeurs élevées ($\delta^{34}\text{S}$ varient entre +18 et +24‰) (fig. 4). En outre, la composition isotopique du soufre des

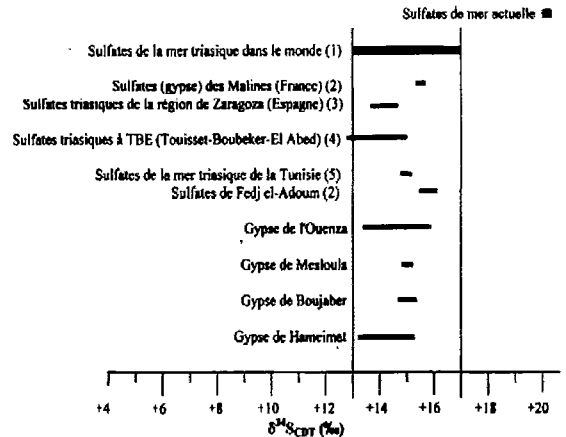


Fig. 3 - Composition isotopique du soufre du gypse triasique de l'Atlas saharien oriental en comparaison avec les sulfates triasiques dans le monde.

Sulphur isotopic composition of the Triassic gypsum of eastern saharan Atlas in comparison to the Triassic sulphates throughout the world.

(1) Claypool *et al.*, (1980); (2) Charef *et al.* (1986); (3) Birnbaum et Coleman (1979); (4) Bouabdellah *et al.*, (1999); (5) Sheppard *et al.*, (1996).

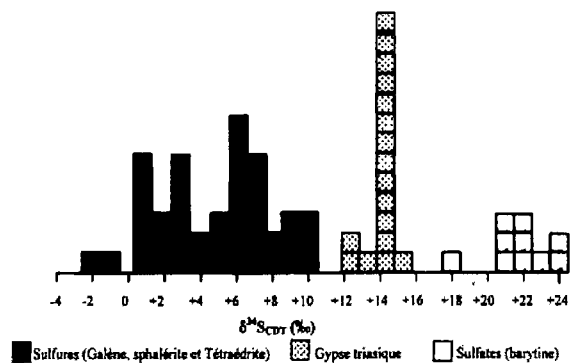


Fig. 4 - Histogramme montrant la composition isotopique du soufre des minéralisations sulfurées et sulfatées.

Histogram showing the sulphur isotopic composition of sulphide and sulphate ores

principaux sulfures présente des valeurs relativement homogènes, aussi bien pour les phases précoces que pour les phases tardives. Ceci suggère que les différents épisodes sulfurés sont génétiquement liés et que le soufre dérive de la même source, c'est-à-dire du Trias.

L'étude des inclusions fluides entreprise par certains auteurs dans la "zone des diapirs" montre des températures d'homogénéisation généralement entre 100 et 200°C (Charef et Sheppard, 1987; Bouzenoune et al., 1995; Orgeval, 1995; Sheppard et al., 1996; Paraire-Akrour, 1991; Bouzenoune et al., 2006). Dans de telles températures, la réduction du soufre des sulfates triasiques par les processus biologiques est exclue parce que les bactéries ne peuvent pas survivre à ces températures élevées (Machel, 2001). Par contre, la réduction thermochimique peut avoir lieu; le soufre réduit en H₂S, pauvre en ³⁴S, se dépose sous forme de sulfures, alors que le SO₄²⁻ restant dans le fluide, enrichi en isotope lourd, se dépose sous forme de sulfate (barytine).

La composition isotopique des minéralisations polymétalliques périadiapiriques de l'Atlas saharien est semblable à celle des minéralisations liées aux diapirs triasiques des régions limitrophes: Espagne (Velasco et al., 1994; Fernandez-Martinez et Velasco, 1996; Grandia et al., 2003), Maroc (Bouabdellah et al., 1999) et Tunisie (Charef, 1986; Sheppard et Charef, 1990; Orgeval, 1994). Elle présente également des caractéristiques isotopiques semblables à celles des gisements de type Mississippi Valley (MVT) (Salmi-Laouar et al., 2004).

CONCLUSION

L'étude des isotopes du soufre apporte pour la première fois de nouvelles informations sur la composition isotopique de la mer triasique dans l'ensemble des massifs appartenant à la «zone des diapirs» de l'Atlas saharien oriental. Cette composition est semblable à celle obtenue sur la

mer triasique dans le monde. D'autre part, les données isotopiques du soufre des minéralisations périadiapiriques confirment l'idée du «Trias réservoir du soufre» qui a été longtemps proposée par les différents auteurs.

Remerciements : Les auteurs expriment leur gratitude à tous les responsables de l'O.R.G.M., notamment l'ex-PDG Dr. M.T. Bouarroudj, le Directeur de la Division Est et l'ex-PDG Dr. Semiani qui n'ont pas hésité à nous aider à mener les travaux de terrain à terme. Nos remerciements s'adressent également aux responsables de l'Isotope Geosciences Unit, S.U.E.R.C., Glasgow : Prof. A.E. Fallick, Directeur du laboratoire, C. Taylor, N. Donnely et P. Gorman pour les analyses isotopiques et le support technique. AJB est financé par NERC de l'Isotope Community Support Facility au SUERC. Ce travail est une contribution à l'Accord Programme Tassili 05 HCV003 dont Salmi-Laouar S., Laouar R. et Ch. Lamouroux font partie. Finalement, nous remercions le Prof. D.E. Aissa et le Prof. R. Marmi pour leur précieuse lecture et leur critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AOUDJEHANE, M. 1991.** Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidéritique dans le N-E algérien. In M. Pagel et J. Loroy (eds): *Source, Transport and deposition of metals*. Belkema, Rotterdam, pp. 419-422.
- BIRNBAUM AND COLEMAN, M. L. 1979.** Source of sulphur in the Ebro Basin (Northern Spain). Tertiary non marine evaporite deposits as evidenced by sulphur isotopes. *Chemical Geol.*, 25, pp. 163-168.
- BOUABDELLAH, M., FONTBOTÉ, L., HAEBERLIN, Y., LLINARES, L., LEACH, D. AND SPANGENBERG, J. 1999.** Zoned sulphur isotope signatures at the Mississippi Valley-type Touisset-Bou Bekker-El Abed district (Morocco-Algeria) - Evidence for thermochemical sulphate reduction and mixing of sulphur sources. In C.J. Stanley et al. (eds). *Mineral deposits: processes to processes to processing*, Balkema, Amsterdam, pp. 821-824.
- BOUZENOUNE, A. 1993.** Minéralisations périadiapiriques de l'Aptien calcaire: les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie Orientale). *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 209 p.

- BOUZENOUNE, A., ROUVIER, H. ET THIBIÉROZ, J. 1995.** Trias de l'Ouenza: contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, Vol. 6, N° 1, pp. 3-24.
- BOUZENOUNE, A., ROUVIER, H. ET THIBIÉROZ, J. 2006.** Chronologie relative et conditions de mise en place des minéralisations du massif de l'Ouenza (Algérie NE). *Bulletin du Service Géologique National*, Vol. 17, N° 1, pp. 3-27.
- CHAREF, A. 1986.** La nature et le rôle des phases fluides associées à la minéralisation Pb-Zn dans les formations carbonatées et leurs conséquences métallogéniques: étude des inclusions fluides et des isotopes (H, C, O, S, Pb) des gisements des Malines (France), Jbel Hallouf-Sidi Bou Aouane et Fedj-el-Adoum (Tunisie). *Thèse d'Etat, INPL - CRPG, Nancy, France*, 303p.
- CHAREF, A., SHEPPARD, S.M.F. AND MICHARD, A. 1986.** Pb-Zn mineralization associated with diapirism: fluid inclusion and stable isotope (H, C, O, S, Pb) evidence for the origin and evolution of the fluids at Fedj-el Adoum, Tunisia (abs). *Geological Society of America, Abstract with Programs, San Antonio, TX*, pp.563.
- CHAREF, A. AND SHEPPARD, S.M.F. 1987.** Pb-Zn mineralization associated with diapirism: fluid inclusion and stable isotope (H, C, O), evidence for the origin and evolution of the fluid at Fedj-el Adoum, Tunisia. *Chem. Geol.*, vol. 61, pp. 113-134.
- CLAYPOOL, G. E., HOLSER, W.T., KAPLAN, I. R., SAKAI, H. AND ZAK, I. 1972.** Sulfur and oxygen isotope geochemistry of evaporite sulfates. *Geological Society of America, Abstract Programs*, 4, p. 473.
- CLAYPOOL, G. E., HOLSER, W.T., KAPLAN, I. R., SACHET, H. AND ZAK, I. 1980.** The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulphate and their mutual interpretation. *Chemical Geology*, 28, pp. 199-260.
- DUBOURDIEU, G. 1956.** Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). *Thèse des Sciences, Paris, Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie*, Bulletin, N° 10, Vol. 1, 659 p.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. AND VELASCO, F. 1996.** The Troya Zn-Pb carbonate-hosted SEDEX Deposit, Northern Spain. *Society of Economic Geologists. Special Publication*, n°4, pp. 364-377.
- GRANDIA, F., CARDELLACH, E., CANALS, A. AND BANKS, D. A. 2003.** Geochemistry of the fluids related to epigenetic carbonate-hosted Zn-Pb deposits in the Maestrat Basin, Eastern Spain: Fluid inclusion and isotope (Cl, C, O, S, Sr) evidence. *Economic geology*, Vol. 98, pp. 933-954.
- KOWALSKI, W. M. ET HAMIMED, M. 2000.** Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien? Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bull. du Ser. Géol. de l'Alg.*, Vol. 11, n°1, pp. 29-60.
- MACHEL, H.G. 2001.** Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings-old and new insights. *Sedimentary Geol.*, 140, pp. 143-175.
- NIELSEN, H. 1973.** Model evaluation on the sulfur isotope budget of ancient oceans. In: A. P. Vinogradov (ed.), *Mezhdunar. Geokhim. Kongr. (Dokl.)*, 1st, 4, (Part 1), pp. 127-140.
- ORGEVAL, J. J. 1994.** Peridiapiric metal concentrations: example of the Bougrine deposit (Tunisian Atlas): in Fontboté, L., and Boni, (eds). *Sediment-Hosted Zn-Pb Ores, Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp.354-389.
- ORGEVAL, J. J. 1995.** Peridiapiric metal concentration at Bou Grine (Tunisian Atlas): Some Geochemical characteristics. In: Pasava, Kribek et Zak (eds). *Min. Deposits Balkema, Rotterdam*, pp. 299-302.
- OTHMANINE, A. 1987.** Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tebessa-Morsott (Algérie). Relation entre paléogéographie aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. *Thèse de 3ème Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France*, 221 p.
- PARAIRE-AKROUR, H. 1991.** Fluid inclusion of the F-Ba-Pb late paragenesis of borders of the Ouenza, Mesloulou, Hameimet ed Dahra diapirs (N-E Algeria). In: Pagel and Leroy (editors). *Source, Transport, and Deposition of Metals. Balkema, Rotterdam*, pp. 219-222.

PREMIÈRES DONNÉES ISOTOPIQUES SUR LA MER TRIASIQUE DANS L'ATLAS SAHARIEN ORIENTAL (ALGÉRIE)

- PERTUISOT, V., AOUJJEHANE, M., BOUZENOUNE, A., ATIRA, N., LAATAR, E., MANSOURI, A., ROUVIER, H., SMATI, A. ET THIBIÉROZ, J. 1998.** Les corps triasiques des monts du Mellègue sont-ils des diapirs ou des «glaciers de sel»? *Bulletin de la Société Géologique de France*, 169, pp. 53-61
- ROBINSON, B. W. AND KUSAKABE, M. 1975.** Quantitative preparation of sulfur dioxide, for $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ analyses, from sulfides by combustion with cuprous oxide. *Analytical Chemistry*, 47, pp.1179-1181
- ROUVIER, H., PERTUISOT, V. AND MANSOURI, A. 1985.** Pb-Zn Deposits and salt-bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Eco. Geol.*, 80, pp. 666-687
- SALMI-LAOUAR, S., 1998.** Le Massif de Boujaber (NE algérien): Sédimentologie, biostratigraphie et contribution des isotopes du soufre à la reconnaissance du mode de mise en place des masses triasiques et minéralisations à Pb-Zn-Ba. *Th. de Magister, Univ. de Annaba, Algérie.* 92p.
- SALMI-LAOUAR, S. 2004.** Contribution à l'étude géologique et géochimie des isotopes stables (S, O, C) des minéralisations polymétalliques (Zn, Pb, F, Ba, Fe, Hg) de la «zone des diapirs» du nord de Tébessa (NE algérien). *Nouvelle Thèse de Doctorat, Univ. Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie,* 190 p.
- SALMI-LAOUAR, S., LAOUAR, R., BOYCE, A.J., ZERDAZI, A. ET ARROUCHE, Y. 2004.** Rapports isotopiques du soufre de l'oxygène et du carbone dans le massif de Boujaber, NE algérien: Origine des minéralisations à Pb-Zn-Ba et Source des fluides. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, Vol. 15, n°1, pp.3-25.
- SAMI, L. 2003.** Contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Mésékiana : Exemple des indices d'Es Souabaa et de M'Khiriga. (Atlas saharien oriental, Algérie). *Thèse de Magister, U.S.T.H.B., Alger*, 124p.
- SHEPPARD, S.M.F. AND CHAREF, A. 1990.** Isotopic studies (H, C, O, S, Pb) on carbonate-shale hosted Pb-Zn deposits. *Document du B.R.G.M.*, Vol. 183, pp.37-49.
- SHEPPARD, S.M.F., CHAREF, A. ET BOUHLEL, S. 1996.** Diapirs and Zn-Pb mineralization: A general model based on Tunisian (N. Africa) and Gulf Coast (U.S.A.) deposits. *Soc. of Geol. Special Publication*, n°4, pp. 230-243.
- THODE, H.G. AND MONSTER, J. 1964.** Sulfur isotope abundances in evaporites in the ancient oceans. In: A.P. Vinogradov (ed.), *Khimiia Zemnoi Kori*, 2, pp. 589-600.
- THODE, H.G. AND MONSTER, J. 1965.** Sulfur isotope geochemistry of petroleum, evaporates, and ancient seas. *American Association of Petroleum geology Mem.*, 4, pp. 367-377.
- VELASCO, F., HERRERO, J.M., GIL, P.P., ALVAREZ, L. AND YUSTA, I. 1994.** Mississippi Valley-Type, Sedex, and iron deposits in lower Cretaceous rocks of the Basque-Cantabrian basin, northern Spain. In: Fonboé, L., Boni, M. (eds). Sediment-Hosted Zn-Pb Ores. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Special Publication, N° 10 Soc. Geology Applied to Mineral Deposits*, 246-270.
- VILA, J. M. 1994.** Mise au point et données nouvelles sur les terrains triasiques des confins algéro-tunisiens: Trias allochtone « glaciers de sel » sous marins et vrais diapirs. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie*, N° 6, pp. 105-152.
- VILA, J.M. 2001.** Les avantages d'une approche multi-source (biostratigraphie, sédimentologie, forages, profils sismiques et gravimétrie) pour l'étude de l'holocène crétacée («glaciers de sel», tectonique en radeaux et dômes de sel) et de l'halotectonique tertiaire (plissement des «glaciers de sel», genèse des dômes de sel-plis) des confins algéro-tunisiens. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, Vol. 12, n°2, pp. 129-167.
- VILA, J. M., BEN YUCEF, M., CHIKHAOUI, M., GHANMI, M. ET KECHID-BENKHEROUF, F. 1996.** Les grands <glaciers de sel > sous-marins albiens des confins algéro-tunisiens. *Entreprise Tunisienne d'Activités Pétrolières. Tunisie. Mém.*, N°10, p 273-322.