

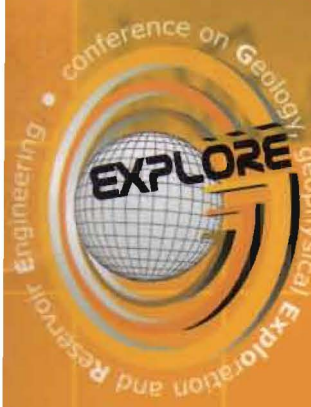
سوناطراك



SONATRACH

Institut Algérien du Pétrole

Proceedings



GEXPLOR2002

1st

Conference on Geology, geophysical **Exploration** and **Reservoir Engineering**

March **18-20**, 2002
Boumerdes, Algeria

Abstracts
Résumés

<http://www.gexplore2002.com>

Sponsored by



**Chairmen : Dr D. BEKKOUICHE (Sonatrach/EXP),
Dr A. C. TOUBAL (HB University)**

LE MAGMATISME MESOZOÏQUE DE L'OUEST DE LA PLATE-FORME SAHARIENNE

A. SEBAI ⁽¹⁾, M.C. CHABOU ⁽¹⁾, B. BENRABAH ⁽²⁾

⁽¹⁾ Ecole Nationale Polytechnique, Département Génie Minier, 10, avenue Hassen Badi,
B.P 182, El-Harrach, Alger. E-mail : mchabou@caramail.com

⁽²⁾ Sonatrach/DAI - Immeuble IAP -35000 Boumerdès.

Résumé - Durant le Mésozoïque, un important magmatisme s'est manifesté à l'ouest de la plate-forme saharienne (Algérie) sous forme de dykes et de sills qui recoupent la série primaire des bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar. L'étude pétrographique de quelques échantillons a montré qu'il s'agit de basaltes à structure doléritique à ophitique. Les principaux minéraux sont le plagioclase (labrador), l'augite, la magnétite et/ou l'ilménite, avec de l'olivine, de la biotite et de la micropegmatite peu abondante. D'un point de vue géochimique, la composition en éléments majeurs indique que la majorité de ces roches sont des tholéiites à quartz peu différenciées et relativement riches en titane. Les échantillons étudiés présentent une similitude pétrographique et géochimique avec les roches composant les dykes, les sills et les coulées de la Province Magmatique de l'Atlantique Central (PMAC), liée aux stades précoces de l'ouverture de l'Océan Atlantique au début du Jurassique. D'autre part, la mise en place de ce magmatisme, pourrait avoir une influence non négligeable sur l'accumulation en hydrocarbures dans cette région.

Mots clés : pétrographie, géochimie, tholéiites, Sahara algérien, océan Atlantique.

GEXPLORE 2002

LES MANIFESTATIONS TECTONIQUES HERCYNIENNES DANS LES CALCAIRES DU GIVETIEN DE BLED EL MASS

M. DAOUDI ⁽¹⁾, K. SADEG(I), H. HADDOUM ⁽²⁾

⁽¹⁾ Sonatrach, Direction Associations Division Exploration
Immeuble IAP, BP68M, Boumerdès, Algérie

⁽²⁾ Institut des Sciences de la Terre, USTHB, Bab Ezzouar, Alger.

Abstract - La tectonique compressive hercynienne se manifeste dans plusieurs secteurs de la plate-forme saharienne et ses effets sont très bien illustrés dans la région de Bled El Mass.

Sur le flanc occidental du synclinal, immédiatement à l'est de Djebel Aberraz, (Bled El Mass) les calcaires du Givetien sont le siège de déformations intenses. En effet, le Givetien formé de niveaux compétents (calcaires), semble encaisser le maximum d'effort tectonique hercynien.

LE MAGMATISME MÉSOSOÏ QUE DE L'OUEST DE LA PLATE-FORME SAHARIENNE

A. SEBAI⁽¹⁾, M.C. CHABOU⁽¹⁾, B. BENRABAH⁽²⁾

⁽¹⁾Ecole Nationale Polytechnique, Département Génie Minier, 10, avenue Hassen Badi,
B.P 182, El-Harrach, Alger. E-mail : mchabou@caramail.com

⁽²⁾Sonatrach/DAI – Immeuble IAP –35000 Boumerdès.

Résumé - Durant le Mésozoï que, un important magmatisme s'est manifesté à l'ouest de la plate-forme saharienne (Algérie) sous forme de dykes et de sills qui recoupent la série primaire des bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar. L'étude pétrographique de quelques échantillons a montré qu'il s'agit de basaltes à structure doléritique à ophitique. Les principaux minéraux sont le plagioclase (labrador), l'augite, la magnétite et/ou l'ilménite, avec de l'olivine, de la biotite et de la micropegmatite peu abondante. D'un point de vue géochimique, la composition en éléments majeurs indique que la majorité de ces roches sont des tholéiites à quartz peu différenciées et relativement riches en titane. Les échantillons étudiés présentent une similitude pétrographique et géochimique avec les roches composant les dykes, les sills et les coulées de la Province Magmatique de l'Atlantique Central (PMAC), liée aux stades précoces de l'ouverture de l'Océan Atlantique au début du Jurassique.

D'autre part, la mise en place de ce magmatisme, pourrait avoir une influence non négligeable sur l'accumulation en hydrocarbures dans cette région.

Mots clés : pétrographie, géochimie, tholéiites, Sahara algérien, océan Atlantique.

1. INTRODUCTION

Une intense activité magmatique a accompagné la fragmentation de la Pangée durant les stades précoces de l'ouverture de l'Atlantique Central au début du Jurassique [1]. Ce magmatisme forme l'une des plus vastes provinces volcaniques connues dans le monde, dénommée « **Province Magmatique de l'Atlantique Central (PMAC)** » [2].

La partie occidentale de la plate-forme saharienne a été affectée par ce magmatisme, qui s'est manifesté sous forme de coulées, de dykes et de sills [3]. Cependant, ce magmatisme reste encore mal connu en Algérie, comparativement aux autres régions de la PMAC.

Quelques analyses en éléments majeurs sur des roches de la région de Tindouf ont permis de reconnaître leur affinité tholéiitique [4] et une datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur le dyke de Ksi-Ksou (Béchar) a donné un âge de $198 \pm 1,8$ Ma [5]. Ces

rares études ont permis de rattacher ce magmatisme à celui de la grande province de l'Atlantique Central.

La présente étude, pétrographique et géochimique, concerne les roches magmatiques de l'ouest de la plate-forme saharienne, situées principalement dans les bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar. Ces études concernent aussi bien les roches magmatiques en affleurement, que celles en sondage. Une comparaison sera faite entre le magmatisme des régions étudiées et celui de la PMAC. Enfin, nous essayerons de connaître l'impact de ces formations magmatiques sur l'accumulation des hydrocarbures.

2. CADRE GEOLOGIQUE

Les bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar sont à remplissage paléozoï que, Cambrien à Namurien [3]. Le Méso-Cénozoï que y est peu développé (figure 1).

Du point de vue structural [6], la région d'étude a subi l'influence des phases tectoniques *panafricaine*, *taconique*, *calédonienne* et surtout *hercynienne*, qui serait responsable du plissement intense qu'ont subies les formations paléozoï ques du flanc nord du bassin de Tindouf, du flanc oriental du bassin de Reggane et du bassin de Béchar [7]. *La phase autrichienne* a affecté le Crétacé inférieur (anticlinaux à faible pendage) dans la région de Reggane [8], tandis que *la tectonique alpine* ne s'est manifestée qu'au nord de Béchar [9].

Au début du Mésozoï que, l'ouest de la plate-forme saharienne, à l'instar des autres régions de l'Afrique de l'Ouest et du Maroc, a connu une vaste activité magmatique liée aux phases de rifting de l'Atlantique Central [3]. Cette activité se traduit par la mise en place de dolérites (et probablement de basaltes aujourd'hui érodés [10]), dont l'extension est relativement importante.

Les échantillons que nous avons étudiés proviennent aussi bien de roches en affleurement : le dyke de Ksi-Ksou (Béchar) ; le dyke de Hassi Taï bine et le sill d'Aï n ech Chebbi (Reggane) ; que de roches en subsurface : sill ou dyke dans le Viséen du sondage Ran-1 et sill dans la région de Brini (bassin de Reggane) ; sill ou dyke au-dessus du socle du sondage Gsl-3 (bassin de Tindouf) ; sills ou dykes dans le Silurien et le Dévonien du sondage Hmk-1 (est de Béchar).

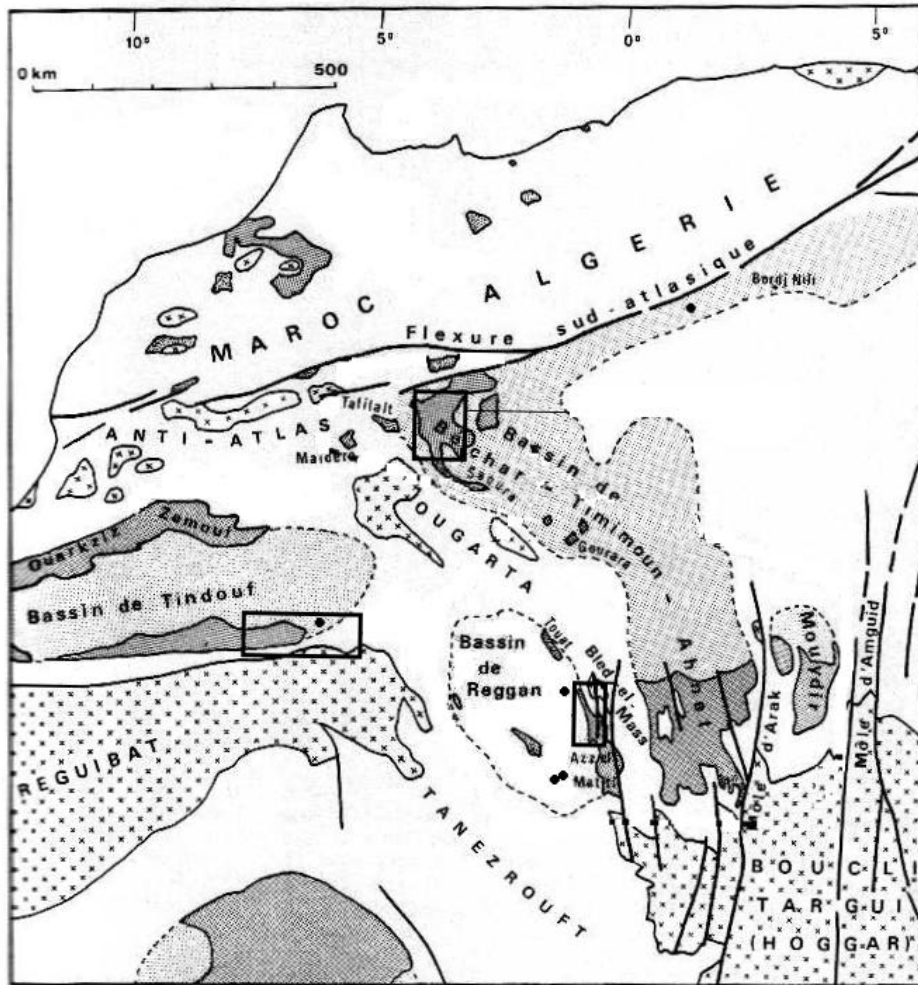


Fig.1. Carte montrant les régions étudiées.

▭ Régions, • Positionnement des sondages

3. CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES ET GEOCHIMIQUES

L'étude pétrographique a montré que les roches étudiées sont des basaltes à structure doléritique ou intersertale à ophitique. Les principaux minéraux sont le plagioclase (labrador), l'augite et les oxydes de fer essentiellement de la magnétite et de l'ilménite. Des plages de micropegmatite, de la biotite et de l'olivine peu abondante et souvent altérée complètent la paragenèse. Les minéraux d'altération sont principalement la chlorite, la calcite et l'épidote. Ces caractéristiques nous conduisent à conclure que l'ensemble des échantillons étudiés sont des dolérites. L'échantillon du sondage Hmk-1 se distingue par l'abondance d'olivine.

Les analyses chimiques (éléments majeurs et en traces) effectuées sur 14 échantillons de dolérites des bassins de Tindouf, de Reggan et de Béchar sont consignées dans le Tableau 1. Les éléments majeurs et mineurs des roches magmatiques ont été dosés au Laboratoire des rayons X (CRD Sonatrach, Boumerdès) sur un spectromètre de

fluorescence X. Les écarts types relatifs sont de 0,1 à 0,5 % pour les éléments majeurs, et de 10 à 25 % pour les éléments mineurs.

Les roches analysées dans ce travail correspondent chimiquement à des basaltes ($43,46 \leq \text{SiO}_2 \leq 52,20$). Mise à part trois échantillons de Hmk-1 et un de Gsl-3, les calculs normatifs CIPW (Cross, Iddings, Pirsson et Washington) indiquent que l'ensemble des roches sont à quartz normatif ($0,58 \leq Q_{\text{norm}} \leq 5,32$). Dans le diagramme TAS [11] (figure 2), les échantillons analysés occupent essentiellement le domaine des basaltes, à l'exception des trois échantillons du puits Hmk-1, qui se placent dans le champ des séries alcalines (domaine des basanites). Pour connaître les caractéristiques du magma initial, et afin de limiter les effets de l'altération qui modifie considérablement la concentration des éléments mobiles comme les alcalins (Na_2O et K_2O), nous avons utilisé le diagramme ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) [12] basé sur le rapport entre des éléments réputés immobiles. Dans la figure 3, il ressort clairement que le magmatisme du sondage Hmk-1 est différent de celui des autres régions.

Tableau 1- Analyses chimiques et norme cipw des dolerites de l'ouest de la plate-forme saharienne. le fer total est exprimé sous forme de Fe₂O₃. [Mg] = Mg / (Mg + Fe²⁺). Dans le calcul de [Mg], on a pris Fe³⁺ / Fe²⁺ = 0,15.

	Ab-1	Acb	Htb	Ran-1	S-28	S-29	KK	Gsl-3a	Gsl-3b	Gsl-3c	Hmk-1a	Hmk-1b	Hmk-1c	Hmk-1d
(%)														
SiO ₂	52,2	49,19	52,07	48,75	51,51	51,39	50,86	49,97	50,73	49,02	44,14	44,33	43,46	47,67
TiO ₂	1,303	1,223	1,163	0,93	0,835	0,858	1,044	0,993	1,015	0,929	1,896	1,813	1,791	1,977
Al ₂ O ₃	13,49	12,98	14,42	13,46	16,15	14,83	14,12	14,24	14,66	13,92	13,08	12,37	12,04	12,94
Fe ₂ O ₃	12,53	11,66	10,86	10,65	8,39	9,44	10,86	11,18	11,3	10,72	12,57	12,36	12,88	9,44
MnO	0,199	0,188	0,134	0,185	0,142	0,154	0,17	0,172	0,177	0,176	0,153	0,16	0,175	0,205
MgO	5,65	5,49	6,1	7,79	6,64	7,51	7,21	7,58	7,81	8,84	5,96	7,08	7,27	5,7
CaO	8,98	9,28	9,94	11,82	11,45	10,94	10,55	11,47	11,62	12,41	8,61	8,32	8,53	7,83
Na ₂ O	2,76	2,49	2,2	2,1	2,74	2,25	2,19	2,03	2,29	2,06	3,3	3,19	2,89	2,32
K ₂ O	0,85	0,69	1,53	0,34	0,64	0,58	0,41	0,46	0,45	0,76	0,45	0,49	0,39	1,61
P ₂ O ₅	0,174	0,145	0,14	0,097	0,128	0,131	0,144	0,119	0,122	0,098	0,303	0,292	0,248	0,294
Perte au feu	1,1	7,2	1,1	3,2	1,2	0,7	0,8	0,5	0,4	2,2	9,9	9,1	9,8	9,6
Total	99,23	100,6	99,89	99,52	99,82	98,78	98,35	98,71	100,57	101,13	100,36	99,50	99,47	99,58
[Mg]	0,51	0,52	0,56	0,62	0,64	0,64	0,6	0,61	0,61	0,65	0,52	0,57	0,56	0,58
Quartz	4,90	4,40	4,07	0,69	1,51	3,23	4,11	1,85	0,58	-	-	-	-	5,32
Orthose	5,02	4,08	9,04	2,01	3,78	3,43	2,42	2,72	2,66	4,49	2,66	2,9	2,30	9,51
Albite	23,35	21,07	18,61	17,77	23,18	19,04	18,53	17,18	19,38	17,43	27,92	26,99	24,45	19,63
Anorthite	21,91	22,20	24,95	26,29	29,88	28,65	27,48	28,38	28,39	26,49	19,57	18	18,75	20,14
Népheline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diopside	17,69	18,79	19,12	25,72	21,03	20,00	19,43	22,56	23,13	27,84	17,28	17,35	17,86	13,41
Hypersthène	17,32	15,29	15,54	17,29	13,36	17,66	18,74	18,87	19,29	9,24	4,82	6,42	7,85	11,89
Olivine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,08	8,08	8,93	8,76	-
Magnétite	4,06	3,94	3,86	3,52	3,38	3,41	3,69	3,61	3,65	3,52	4,92	4,80	4,77	5,04
Illménite	2,47	2,32	2,2	1,77	1,59	1,63	1,98	1,89	1,93	1,76	3,6	3,44	3,4	3,75
Apatite	0,40	0,33	0,32	0,22	0,3	0,30	0,33	0,28	0,28	0,23	0,70	0,68	0,57	0,68

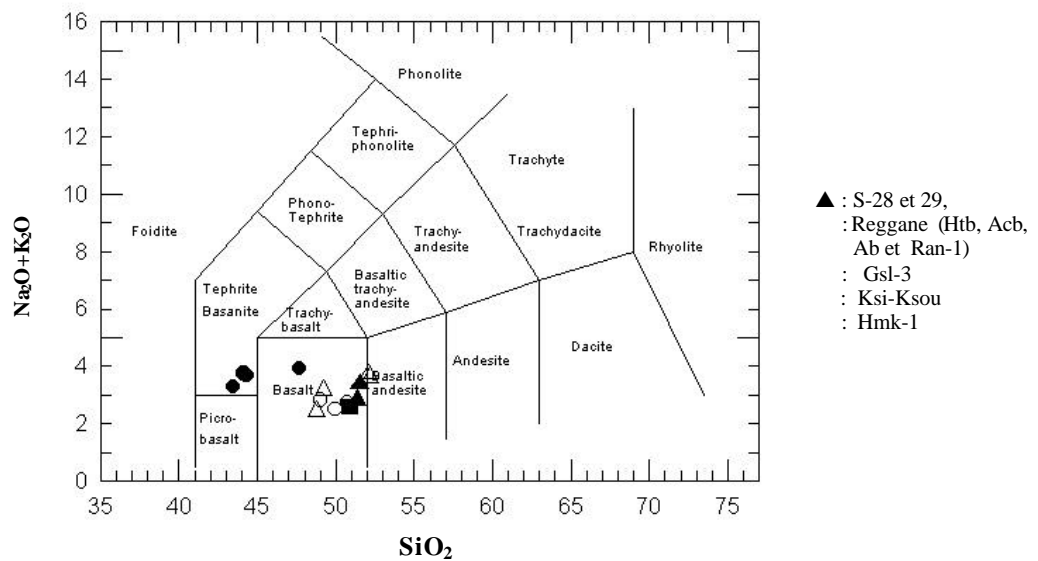


Fig.2. Représentation des roches magmatiques triasico-liasiques de l'ouest de la plate-forme saharienne dans le diagramme TAS.

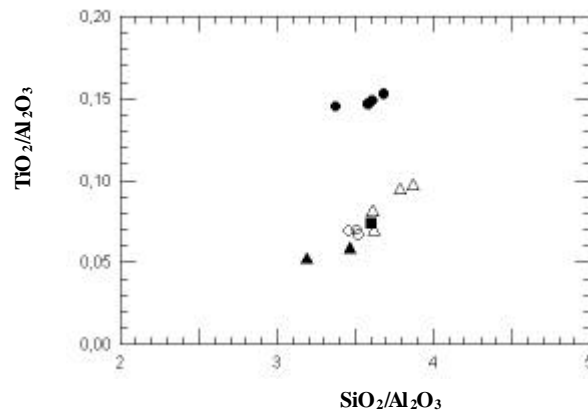


Fig.3. Projection des échantillons dans le diagramme TiO_2/Al_2O_3 vs. SiO_2/Al_2O_3 . Pour les symboles, voir figure 1.

4. COMPARAISONS REGIONALES ET IMPLICATIONS GEODYNAMIQUES

Les résultats ainsi obtenus indiquent que la composition pétrographique et l'affinité géochimique du magmatisme mésozoïque de bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar (Ksi-Ksou) sont identiques à ceux du magmatisme de même âge du Maroc [13], de la péninsule Ibérique [14] et de l'Amérique du Nord [15,16,17]. D'après la figure 4, représentant le diagramme $(TiO_2 * 10 - Fe_2O_3 + FeO - MgO)$ de classification des roches de la PMAC de McHone [18] (nous y avons ajouté celles des roches magmatiques mésozoïques de l'ouest de la plate-forme saharienne), l'ensemble des échantillons que nous avons analysés se place dans le domaine des tholéïtes à titane intermédiaire (ITi). Les dykes, les sills et les basaltes du Nord-Est des Etats-Unis et du Canada [15,16,17], du Sud européen [19,14] et ceux du Nord-Ouest africain [20] sont constitués

uniquement par ce groupe, et la figure 4 indique qu'il en est de même pour les sills et les dykes de l'ouest de la plate-forme saharienne. D'autre part, l'orientation des dykes de Ksi-Ksou, de Hassi-Taï bine (Reggane) et du bassin de Tindouf est NE-SO. Ces dykes sont parallèles à ceux de Foum Zguid (Maroc) [21], de Messejana (Espagne) [14], de l'Amérique du Nord [18] et de l'Afrique de l'Ouest [20] si les continents bordant l'Atlantique sont replacés dans leur position pré-ouverture. Les dolérites mésozoïques de l'ouest de la plate-forme saharienne appartiennent donc à la même province géochimique et au même domaine géodynamique lié aux stades précoces de l'ouverture de l'Océan Atlantique Central. Concernant les roches éruptives du puits Hmk-1, l'étude géochimique a montré leur caractère alcalin probable. On n'a jusqu'à présent pas trouvé de roches d'affinité alcaline faisant partie de la PMAC. Il est possible que ce magmatisme ne fasse pas partie de la PMAC, et pourrait résulter d'un phénomène

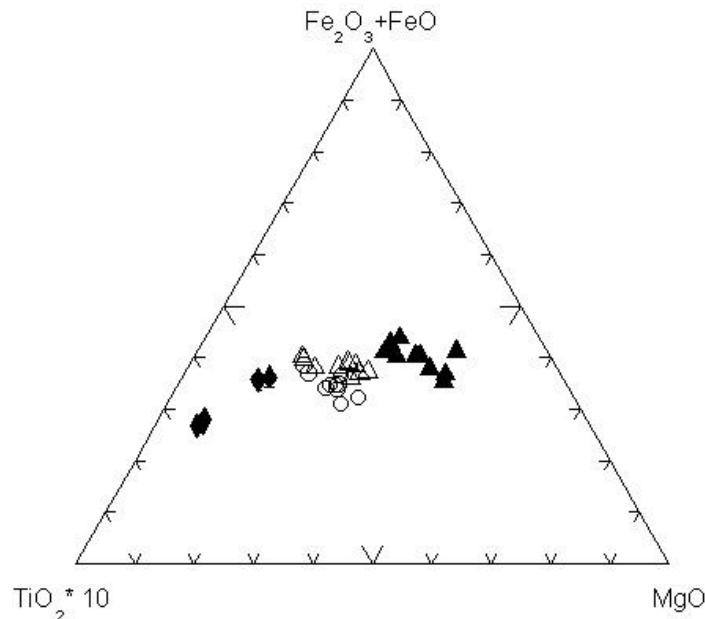


Fig.4. Projection des échantillons de diverses régions de la PMAC et ceux étudiés dans ce travail dans le diagramme $(TiO_2 * 10 - Fe_2O_3 + FeO - MgO)$.
 ▲ : Tholéïtes pauvres en Ti (LTI) de la PMAC, ○ : Tholéïtes étudiés dans ce travail, △ : Tholéïtes à Ti intermédiaires (ITi) de la PMAC,
 □ : Tholéïtes riches en Ti (HTI) de la PMAC.

local, car le sondage Hmk-1 se trouve dans une région située au-dessus d'un accident profond du socle. Cet accident aurait joué en distension et aurait permis la mise en place d'un magmatisme alcalin.

5. RELATION MAGMATISME-HYDROCARBURES

Un événement thermique majeur d'âge triasico-liasique (200 Ma) a été récemment mis en évidence dans le bassin de Reggane [22]. Cet épisode thermique, également connu au Maroc [23], coïncide avec la mise en place du

magmatisme lié à la phase de rifting de l'Atlantique central dans la région.

Cet événement thermique aurait eu une grande influence sur la maturation de la matière organique dans les bassins de l'ouest de la plate-forme saharienne. Toutes les études effectuées sur les bassins de Tindouf et de Reggane indiquent que le maximum de génération des hydrocarbures se situe vers 300-350 Ma, en ne tenant compte que de l'histoire d'enfouissement. Nous proposons ici un nouveau diagramme de l'histoire du système pétrolier de ces bassins en tenant compte de l'existence de cet événement (figure 5).

6. CONCLUSION

1. Les roches magmatiques mésozoïques des bassins de Tindouf, de Reggane et de Béchar présentent des similitudes pétrographiques et géochimiques. A l'exception des échantillons du sondage Hmk-1, toutes ces roches correspondent à des tholéiites continentales à quartz, peu différenciés et relativement riches en titane, et sont comparables à celles liées aux stades précurseurs de l'ouverture de l'Océan Atlantique.

Les roches du puits Hmk-1 semblent présenter une affinité alcaline, mais ses conditions de mise en place demeurent inconnues.

2. La mise en place de ce magmatisme, contemporain d'un événement thermique majeur récemment mis en évidence dans les bassins sédimentaires de l'ouest de la plate-forme saharienne pourrait avoir une influence non négligeable sur le potentiel en hydrocarbures de ces bassins.

REFERENCES

- [1] A. PIQUE, E. LAVILLE: "L'ouverture initiale de l'Atlantique central," *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Vol. 6, 1995, pp. 725-738.
- [2] A. MARZOLI, P.R. RENNE, E.M. PICCIRILLO, M. ERNESTO, G. BELLINI, A. De MIN: "Extensive 200 Million Year-Old Continental Flood Basalts of the Central Atlantic Magmatic Province," *Science*, Vol. 284, 1999, pp. 616-618.
- [3] J. FABRE, *Introduction à la géologie du Sahara Algérien*, SNED, Alger, 1976.
- [4] S. Guerrak, *Les minéralisations ferrifères du bassin de Tindouf: le gisement de fer oolithique dévonien de Mecheri Abdelaziz (Sahara algérien)*, Thèse de Doctorat d'Etat, Alger, 1984, 325 p.
- [5] A. SEBAÏ, 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.*, Vol. 104, 1991, pp. 455-472.
- [6] J. FABRE: "Structure de l'Algérie saharienne. Eléments pour une carte tectonique," *Publ. Serv. Geol. Algérie (Nelle Série)*, Vol. 41, 1971, pp. 161-185.
- [7] M. DONZEAU, J. FABRE, A. MOUSSINE-POUCHKINE: "Comportement de la dalle saharienne et orogénèse varisque. Essai d'interprétation," *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. Alger*, Vol. 69, 1981, pp. 137-172.
- [8] J. CONRAD: "La part des déformations post-hercyniennes et de la néotectonique dans la structuration du Sahara central algérien, un domaine relativement mobile de la plate-forme africaine," *C. R. Acad. Sci. Paris*, Vol. 292, 1981, pp. 1053-1056.
- [9] C. PAREYN, *Les massifs carbonifères du Sahara sud-oranais. T. I: stratigraphie et tectonique*. Publ. Centre Rech. Sahar., sér. Géol., n°1. 1961, 325 p.

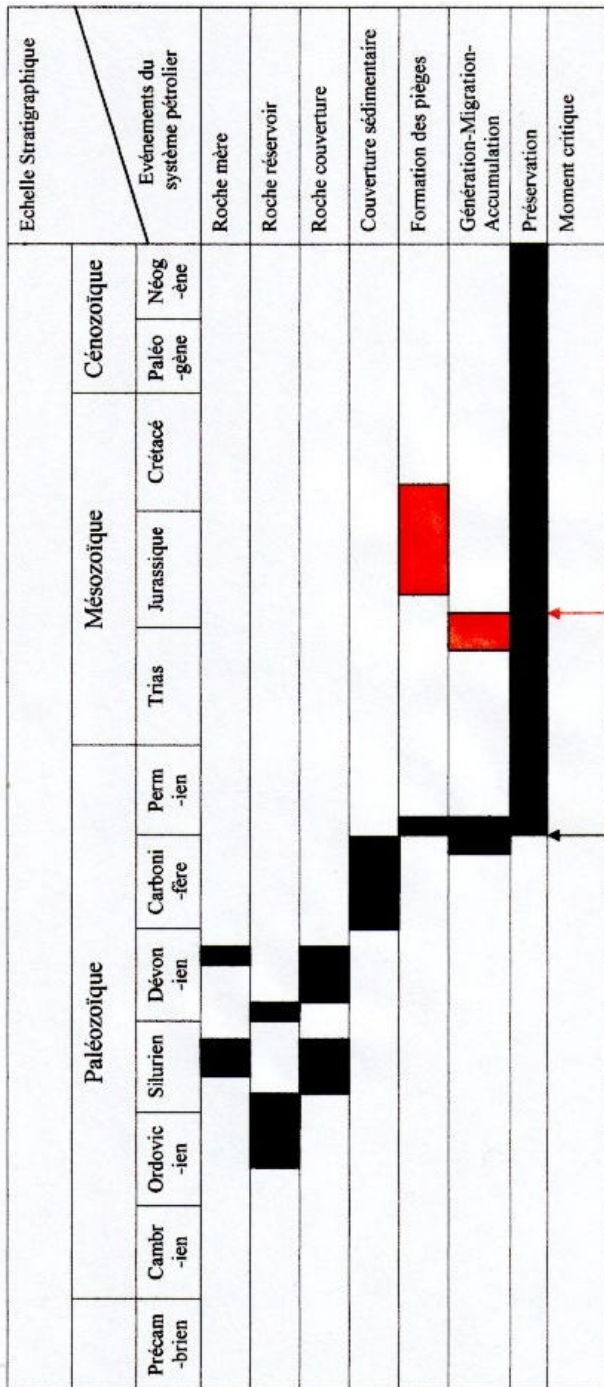


Fig. 5. Proposition de diagramme des événements du système pétrolier des bassins de Reggane et de Tindouf.

- [10] J. FABRE, A. ARNAUD-VANNEAU, Z. BELHADJ, Th. MONOD: "Evolution des terrains méso-cénozoïques d'une marge à l'autre du craton ouest-africain, entre le Tanezrouft (Algérie) et l'Adrar de Mauritanie," in L. Bitam et J. Fabre (Eds.), *Géodynamique du craton ouest africain central et oriental : héritage et évolution post-panafricains*. Mémoires du Service Géologique de l'Algérie, n°8, Boumerdès, 1996, pp. 187-229.
- [11] M.J. LeBASAs, R. LeMAITRE, A. STRECKEISEN, B. ZANETTIN: "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram," *J. Petrol.*, Vol. 27, 1986, pp. 745-750.
- [12] J.G. McHONE: "Mafic dike suites within Mesozoic igneous provinces of New England and Atlantic Canada," in J.H. Puffer and P.C. Ragland (Eds.), *Eastern North American Mesozoic Magmatism*, *Geol. Soc. Am. Sp. Paper*, Vol. 268, 1992, pp. 1-11.
- [13] H. BERTRAND, J. DOSTAL, C. DUPUY: "Geochemistry of early Mesozoic tholeiites from Morocco," *Earth Planet. Sci. Lett.*, Vol. 58, 1982, pp. 225-239.
- [14] H. BERTRAND: "Le magmatisme tholéitique continental de la marge ibérique, précurseur de l'ouverture de l'Atlantique central : Les dolérites du dyke de Messejana-Plasencia (Portugal-Espagne)," *C.R. Acad. Sci. Paris*, Vol. 304, 1987, pp. 215-220.
- [15] R.P. TOLLO, D. GOTTFRIED: "Petrochemistry of Jurassic basalt from eight cores, Newark basin, New Jersey," in J.H. Puffer and P.C. Ragland (Eds.), *Eastern North American Mesozoic Magmatism*, *Geol. Soc. Am. Sp. Paper*, Vol. 268, 1992, pp. 233-260.
- [16] J. DOSTAL, J.D. GREENOUGH: "Geochemistry and petrogenesis of the early Mesozoic North Mountain basalts of Nova Scotia, Canada," in J.H. Puffer and P.C. Ragland (Eds.), *Eastern North American Mesozoic Magmatism*, *Geol. Soc. Am. Sp. Paper*, Vol. 268, 1992, pp. 149-159.
- [17] L.G. WOODRUFF, A.J. FROELICH, H.E. BELKIN, D. GOTTFRIED: "Evolution of tholeiitic diabase sheet systems in the eastern United States : Examples from the Culpeper Basin, Virginia-Maryland, and the Gettysburg Basin, Pennsylvania," *J. Volc. Geotherm. Res.*, Vol. 64, 1995, pp. 143-169.
- [18] J.G. McHone: "Non-plume magmatism and rifting during the opening of the central Atlantic Ocean," *Tectonophysics*, Vol. 316, 2000, pp. 287-296.
- [19] M. CAROFF et al.: "Magmatisme fissural Triasico-Liasique dans l'ouest du Massif armoricain (France) : Pétrologie, âge et modalités de la mise en place," *Can. J. Earth Sci.*, Vol. 32, 1995, pp. 1921-1936.
- [20] H. BERTRAND: "The Mesozoic tholeiitic province of northwest Africa: A volcano-tectonic record of the early opening of the central Atlantic," in A.B. Kampunzo and R.T. Lubala (Eds.), *The Phanerozoic African Plate*, Springer-Verlag, New York, 1991, pp. 147-191.
- [21] E.M. AARAB, A. RAHIMI, G. ROCCI: "Un exemple de différenciation transverse : le grand dyke de Foum Zguid (Anti-Atlas, Maroc)," *C. R. Acad. Sci. Paris*, Vol. 319, 1994, pp. 209-215.
- [22] P. LOGAN, I. DUDDY : "An investigation of the thermal history of the Ahnet and Reggane Basins, Central Algeria, and the consequences for hydrocarbon generation and accumulation," in D.S. MacGregor, R.T.J. Moody, D.D. Clark-Lowes (Eds.), *Petroleum Geology of North Africa*, *Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.*, Vol.132, 1998, pp.231-263.
- [23] S. HUON, J.J. CORNEE, A. PIQUE, N. RAIS, N. CLAUER, N. LIEWIG, R. ZAYANE: "Mise en évidence au Maroc d'événements thermiques d'âge triasico-liasique liés à l'ouverture de l'Atlantique," *Bull. Soc. Géol. France*, Vol. 64 (1993), pp.165-176
-