

NATURE ET ÉVOLUTION DES CIMENTS ARGILEUX DES GRÈS CAMBRIENS DU RÉSERVOIR Ra DE LA PARTIE NORD DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD (OUARGLA, ALGÉRIE).

Amar DJADOUN*, Amar BOUDELLA*, Mohamed MESBAH** et Mabrouk DJEDDI***

RÉSUMÉ

Les grès cambriens du réservoir principal Ra (réservoir anisométrique) du gisement de Hassi Messaoud présentent des variations granulométriques considérables allant du grain fin au très grossier. Ils montrent des changements verticaux de faciès à l'échelle du puits. La distribution de la fraction argileuse dans les grès et dans les niveaux silteux est anisotrope et complexe.

L'identification de la nature, du type (Schlumberger, 1978) et de l'évolution des ciments argileux des grès cambriens du réservoir Ra de la partie nord du gisement de Hassi Messaoud a été réalisée en utilisant les techniques de diagraphies différées. Il s'agit, essentiellement de la spectrométrie des rayonnements γ -naturels et de différentes combinaisons de diagraphies de porosités.

La présence du ciment argileux prédominant qui se traduit par de fortes valeurs de la radioactivité SGR (API) et la nature de la matrice gréseuse dans les grès cambriens du réservoir Ra ont été mises en évidence par les abaques de lithologie $\rho_b - Pe$ et $\rho_b - \Phi_N$.

Le type d'argile est défini par les Z-plots de minéralogie $Pe - Th/K$ et $Th - K$. Il faut noter qu'en Z le paramètre pétrophysique SGR (API), sensible à l'argilosité, est utilisé.

Les résultats obtenus montrent que ces argiles sont composées d'interstratifiées de kaolinite – montmorillonite – illite, avec présence de chlorites.

La spectroscopie RX a été utilisée pour déterminer le type des minéraux argileux des échantillons prélevés sur carottes en corrélation avec celui des diagraphies enregistrées in situ. Elle révèle qu'il s'agit essentiellement de la kaolinite représentée par sa variété polymorphique la dickite.

* Laboratoire de Géophysique, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et Aménagement du Territoire. USTHB, BP. 32, El-Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger.

** Département de Géologie, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et Aménagement du Territoire. USTHB, BP. 32, El-Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger.

*** Département de Géophysique, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie. UMMB, Avenue de l'indépendance, 35000, Boumerdes.

- Manuscrit déposé le 27 Juillet 2007, accepté après révision le 04 Décembre 2007.

En ce qui concerne l'évolution du volume d'argile en fonction de la profondeur à l'échelle du réservoir Ra, l'étude a été faite pour les trois niveaux de ce réservoir Ra, à partir des enregistrements de spectrométrie, de rayonnements γ -naturels et de litho densité (Boudella, 2004); il s'agit du Ra supérieur (D4), du Ra moyen (D3) et du Ra inférieur (constitué des drains D2, ID et D1).

La variation du rapport Th/K (entre 2,71 et 88,27) indique une certaine complexité dans l'évolution des minéraux argileux.

Mots clés - Grès - Cambrien - Hassi Messaoud - Réservoir anisométrique (Ra) - Argile - Litho densité - Abaque - Type - Carotte - Spectroscopie RX et drains.

NATURE AND EVOLUTION OF CLAYEY CEMENTS OF CAMBRIAN SANDSTONES OF RA RESERVOIR OF THE NORTHERN PART OF HASSI MESSAOUD FIELD (OUARGLA, ALGERIA).

ABSTRACT

The Cambrian sandstones of the main Ra reservoir (an isometric reservoir) of Hassi Messaoud field presents considerable granulometric variations energy comprising both fine grain and very coarse one. They show vertical changes of facieses at the well scale. The distribution of the clay part in sandstone and siltstone levels is anisotropic and complex.

Using the techniques of differed well logging carried out the identification of the nature, the type (Schlumberger, 1978) and the evolution of clay cements of the Cambrian sandstones of Ra reservoir of the Northern part of Hassi Messaoud deposits. It is mainly about the spectrometry of the natural radiations γ - and the various combinations of well logging porosities.

The presence of clays cement, which results in strong values of SGR (API) radioactivity and the nature of the sandstone matrix in the Cambrian sandstones of the Ra reservoir, were highlighted by the abacuses of lithology $\rho_b - Pe$ and $\rho_b - \Phi$

The type of clay is defined by the Z-studs of $Pe - Th/K$ and $Th - K$ mineralogy. It is worth noting that in Z, the SGR (API) petrophysic parameter, sensitive to the clay content (clayness), is used. The reached results show that these clays are made up of interstratified kaolinite - montmorillonite - illite, with presence of chlorites.

X-ray spectroscopy was used to perfect the type of clay minerals of samples taken on cores in connection to well logging recorded in situ. It shows that it is mainly about kaolinite represented by its polymorphic variety the dickite.

Concerning the evolution of the clay volume according to the depth on Ra reservoir scale, the survey was made for the three levels of the Ra reservoir based on spectrometry recordings of natural radiations γ -and on lithography density (Boudella, A., 2004); it is about Upper Ra (D4), Middle Ra (D3) and Lower Ra (made up of D2, ID and D1 drains).

The variation of the Th/K (between 2,71 and 88,27) report ratio shows some complexity in the evolution of clay minerals.

Key words - Sandstone - Cambrian - Hassi Messaoud - (Ra) anisometric reservoir - Clay Lithography density - Abacus - Type - Core - X-ray spectroscopy and drains.

INTRODUCTION

Les grès cambriens dans le champ de Hassi Messaoud sont subdivisés en trois lithozones, sur la base de la taille, de la forme des grains, de la nature des ciments et des valeurs des paramètres pétrophysiques de perméabilité et de porosité. Ces trois lithozones sont, de bas en haut, le R3, le R2 et le Ra « réservoir anisométrique », (Beuf *et al.*, 1971). Seul, le réservoir potentiel Ra fera l'objet de cette étude.

Cette lithozone Ra à laquelle nous nous intéressons forme le réservoir anisométrique

Elle constitue le principal réservoir du Cambrien. Son épaisseur est d'environ 145 mètres.

Les dépôts cambriens Ra ont fait l'objet de plusieurs subdivisions: en drains pétrophysiques (C.F.P. (A)*, 1960) et ensembles granulométriques: Ra inférieur, Ra moyen et Ra supérieur; (S.N.REPAL**, 1962; L'Hommer, 1966).

Ces ensembles correspondent à la subdivision du Ra en cinq drains: les drains D1, ID « InterDrain » et D2 (Ra inférieur), le drain D3 (Ra moyen qui correspond à la zone fine médiane (L'Hommer, 1967) et le drain D4 (Ra supérieur).

D'autres découpages en unités (McCord, 1971) et en séquences sédimentologiques (Ghribi *et al.*, 1998), ont été proposés.

Pour des raisons pratiques et de commodité, nous utiliserons les subdivisions en ensembles granulométriques qui coïncident bien avec les drains pétrophysiques des producteurs.

Les travaux réalisés sur les carottes et les lames minces, complétés par les analyses qualitatives des enregistrements de diagraphies, ont permis de donner les descriptions succinctes de leur composition lithologique.

Afin de montrer l'évolution de la teneur en argile (l'argilosité) dans l'ensemble des drains

du réservoir Ra, le puits OMN471 a été sélectionné car il dispose d'un jeu complet d'enregistrements de diagraphies. Toutefois, les diagraphies exploitées sont les radioactivités naturelles du GR (Gamma Ray), du NGS (Spectrométrie des rayonnements γ -naturels), provoquées des sondes LDL (Litho-Density Log) et CNL (Compensated Neutron Log).

Pour la caractérisation des ciments argileux, les paramètres spécifiques suivants sont utilisés:

- le SGR (*Spectrometry Gamma Ray*), en unité API, qui correspond au comptage total du thorium (Th) + potassium (K) + uranium (U).

- le CGR (*Computed Gamma Ray*), en unité API. Il reflète la radioactivité liée uniquement au thorium et au potassium, sans la contribution de l'Uranium en,

- le Volume d'argile (Vsh) « *Volume of shale* », en pourcentages (%).

Pour la réalisation de cette étude, nous nous sommes basés sur les Z-plots de lithologie $\rho_b - Pe$ et $\rho_b - \Phi_N$ et de minéralogie, particulièrement, du ciment argileux $Pe - Th/K$ et $Th - K$. (Schlumberger, 1985; 1989 et 1995).

L'étude lithologique a été complétée par l'observation des carottés et des lames minces. Cependant, la nature des minéraux de la matrice (représentés par le quartz) est confirmée par la représentation graphique $\rho_b - \Phi_N$; en Z le SGR est utilisé.

Le but recherché est de reconsidérer le type des minéraux argileux obtenu par l'interprétation des méthodes indirectes dans les puits en faveur de celui acquis par la diffraction aux rayons X.

L'origine du ciment argileux et les conditions de sa mise en place ne feront pas partie de cette contribution.

COMPOSITION DES GRÈS CAMBRIENS DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD

L'observation macroscopique montre que le Ra inférieur et le Ra supérieur sont composés de grès et de grès-quartzites. Les grains de quartz sont subarrondis à arrondis; la granulométrie de ces grains est très variable (du grain moyen à grossier). Le Ra moyen (le drain D3) correspond à des grès fins. Il est à noter la fréquence de tigillites dans la partie supérieure du Ra supérieur et dans le Ra moyen. Les stratifications obliques à entrecroisées se trouvent essentiellement liées aux intervalles à grains grossiers. Les stratifications horizontales sont observées souvent dans les grès fins du Ra moyen. Occasionnellement des stratifications lenticulaires : des lentilles de grès très fins en alternance avec des argiles noires à gris verdâtre sont distinguées. De nombreuses passées de silts sont rencontrées dans les trois ensembles du réservoir Ra.

L'analyse pétrographique révèle qu'il s'agit d'ensembles silico-argileux à quartzitiques, Le ciment dominant est argileux. Toutefois, on note la présence de silice secondaire, de pyrite, d'anhydrite, de gypse, de barytine, de carbonates où se distinguent particulièrement la sidérite et des minéraux lourds.

L'étude de la radioactivité naturelle confirme que le ciment dominant dans le Ra est argileux (tableau I).

DÉTERMINATION DE LA LITHOLOGIE

Elle a été réalisée sur la base des reports graphiques de diagraphies $\rho_b - Pe$ « Bulk Density (RHOB), en g/cm^3 – Photoelectric effect (Pe), en bams / electron», (fig. 1a, b,c et échelle en z) et $\rho_b - \Phi_N$ «Bulk Density (RHOB) en g/cm^3 – Porosity Neutron en %» (fig. 2a, b, c et échelle en z), respectivement pour les drains du réservoir Ra inférieur, Ra moyen et Ra supérieur, avec le SGR en Z.

Les Z-plots, ainsi réalisés, montrent que la matrice est essentiellement gréseuse.

Le déplacement des points des niveaux réservoirs gréseux vers la zone des carbonates n'est dû qu'à la présence du ciment prédominant argileux. Celui-ci se traduit par de fortes valeurs de la radioactivité SGR (API).

IDENTIFICATION MINÉRALOGIQUE DU CIMENT ARGILEUX

L'analyse minéralogique par les diagraphies est donnée par rapport à la subdivision du réservoir Ra, déjà définie. Elle permet la mise en évidence de la nature des minéraux argileux en présence dans la formation réservoir.

1- Le réservoir Ra inférieur

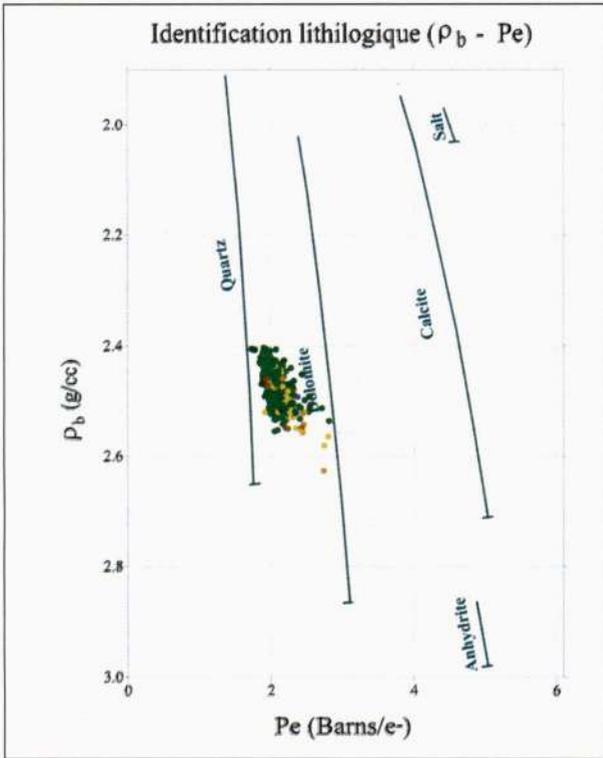
Dans ce réservoir (fig. 3a et b), la nature du ciment argileux est constituée d'interstratifiés :

Tableau I - Paramètres SGR, CGR et Vsh dans le réservoir Ra.

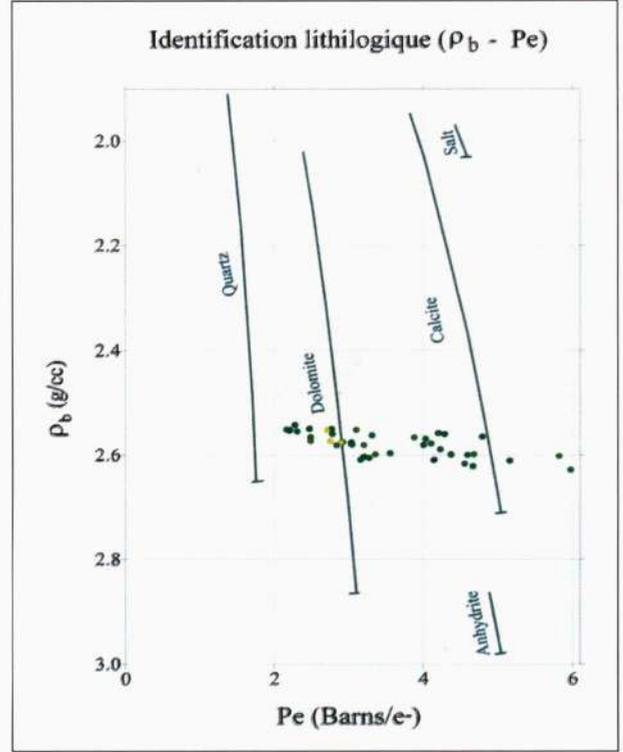
Parameters SGR, CGR and Vsh in the reservoir Ra.

Paramètres	Nombre Points lus	Minimum	Maximum	Moyenne Arithmétique	Ecarttype
SGR(API)	404	13,28	105,20	30,51	10,55
CGR(API)	404	3,73	44,47	24,18	8,38
Vsh (%)	404	0,00	34,70	17,42	7,13

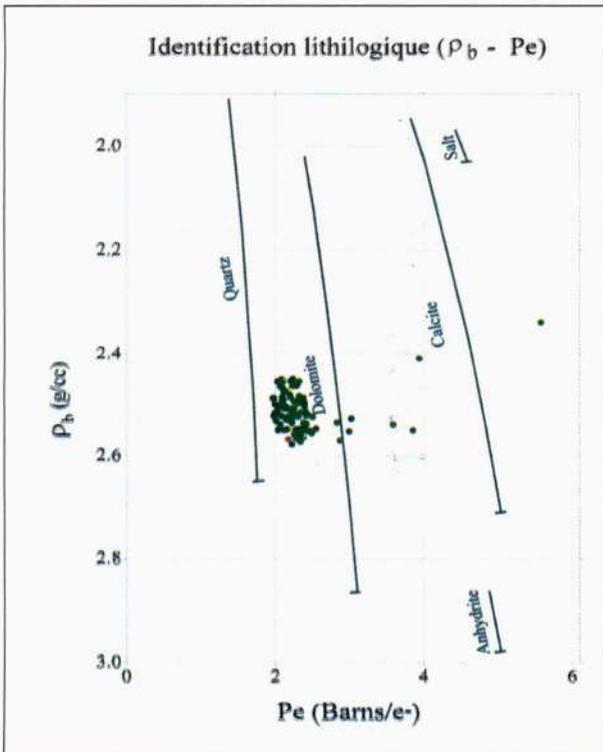
NATURE ET ÉVOLUTION DES CIMENTS ARGILEUX DES GRÈS CAMBRIENS DU RÉSERVOIR Ra DE LA PARTIE NORD DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD (OUARGLA, ALGÉRIE)



(a)



(c)



(b)

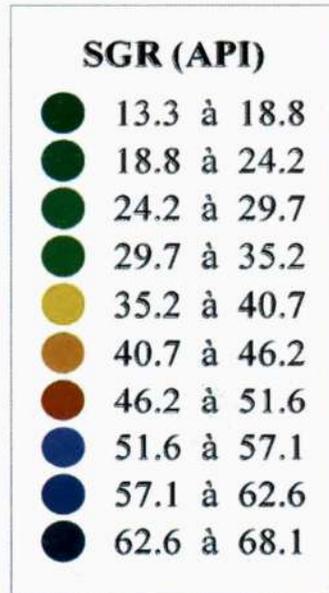
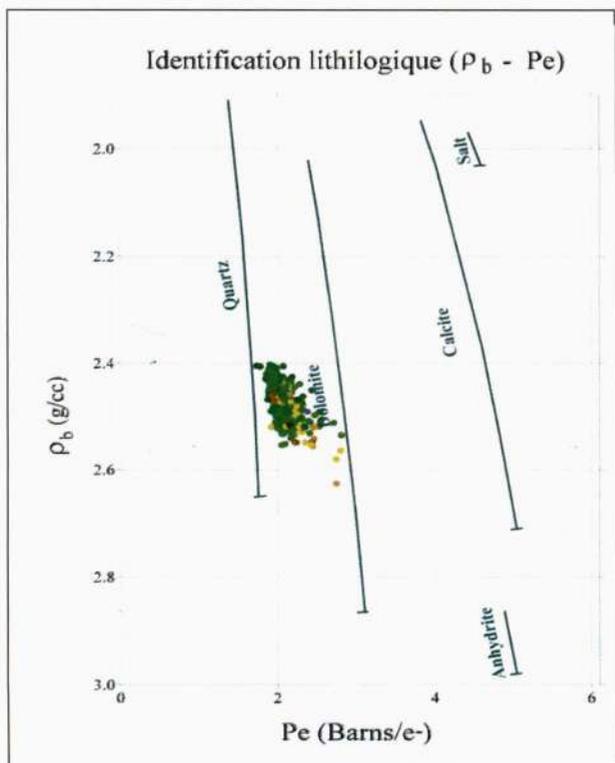
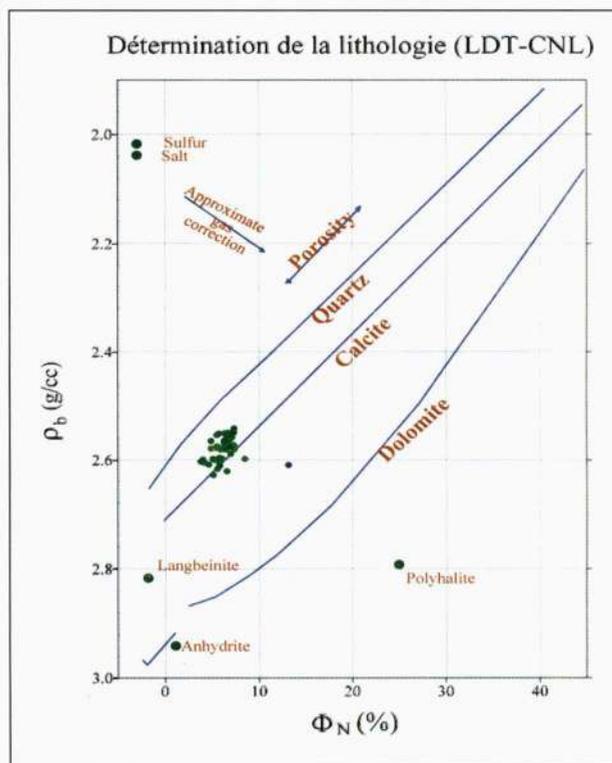


Fig.1a, b, c et échelle en z : Lithologie du réservoir Ra par la combinaison r_b -Pe.

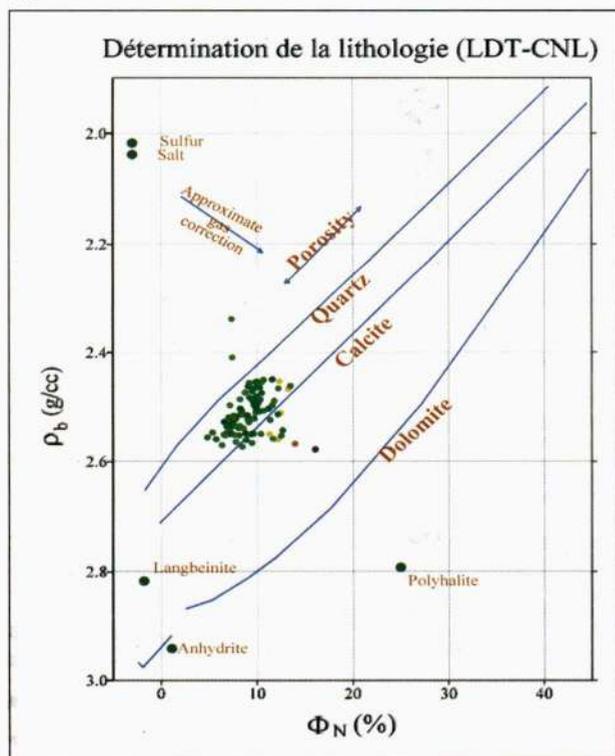
Lithology of the reservoir Ra by the combination r_b -Pe.



(a)



(c)



(b)

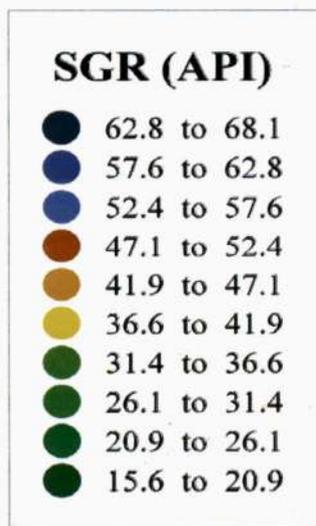
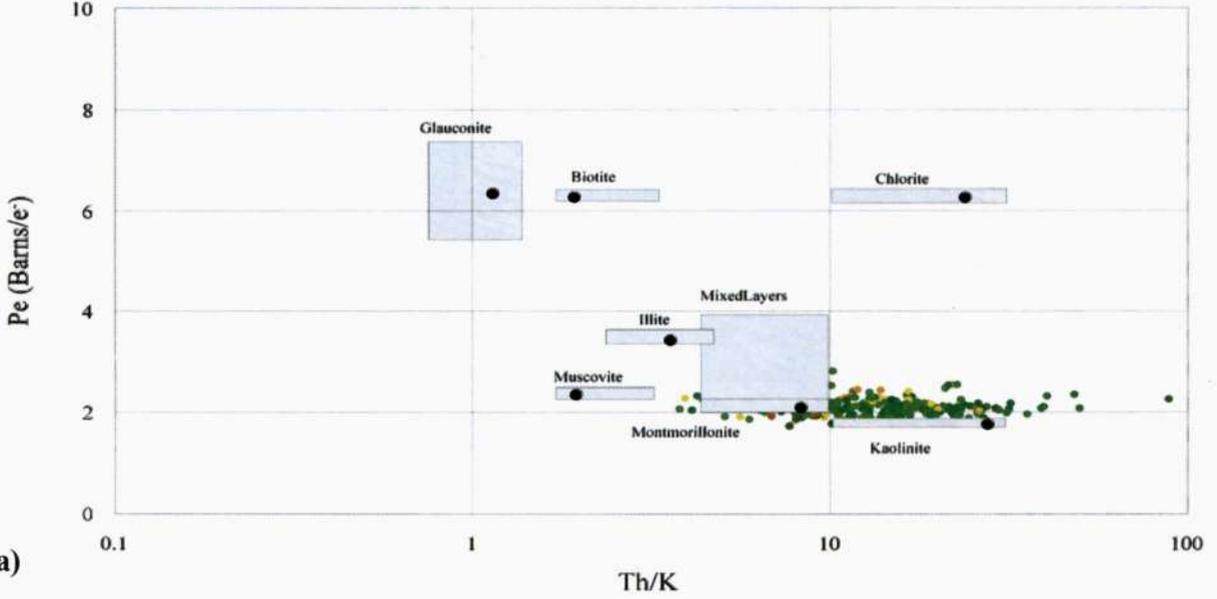


Fig. 2a, b, c et échelle en z : Lithologie du réservoir Ra par la combinaison $\rho_b - \Phi_N$.

Lithology of the reservoir Ra by the combination $\rho_b - \Phi_N$.

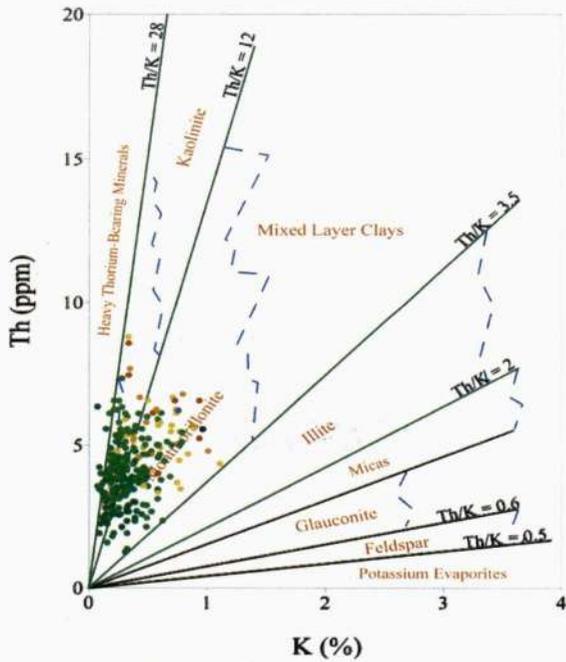
NATURE ET ÉVOLUTION DES CIMENTS ARGILEUX DES GRÈS CAMBRIENS DU RÉSERVOIR Ra DE LA PARTIE NORD DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD (OUARGLA, ALGÉRIE)

Identification minéralogique
Abaque (Pe - Th/K)



(a)

Identification des minéraux argileux
par la diagraphie NGS



(b)

Fig.3a et b : Z-plots de minéralogie des argiles du Ra inférieur par les combinaisons de Litho Densité et NGS.

Z-plots of mineralogy of clays of lower Ra by the combinations of Litho Density and NGS.

kaolinite - montmorillonite - illite. On remarque la présence, mais en proportion infime, de chlorites.

Les diagrammes de la diffraction aux rayons X, établis entre -3370,00 m et -3442,00 m, révèlent que le ciment argileux est représenté

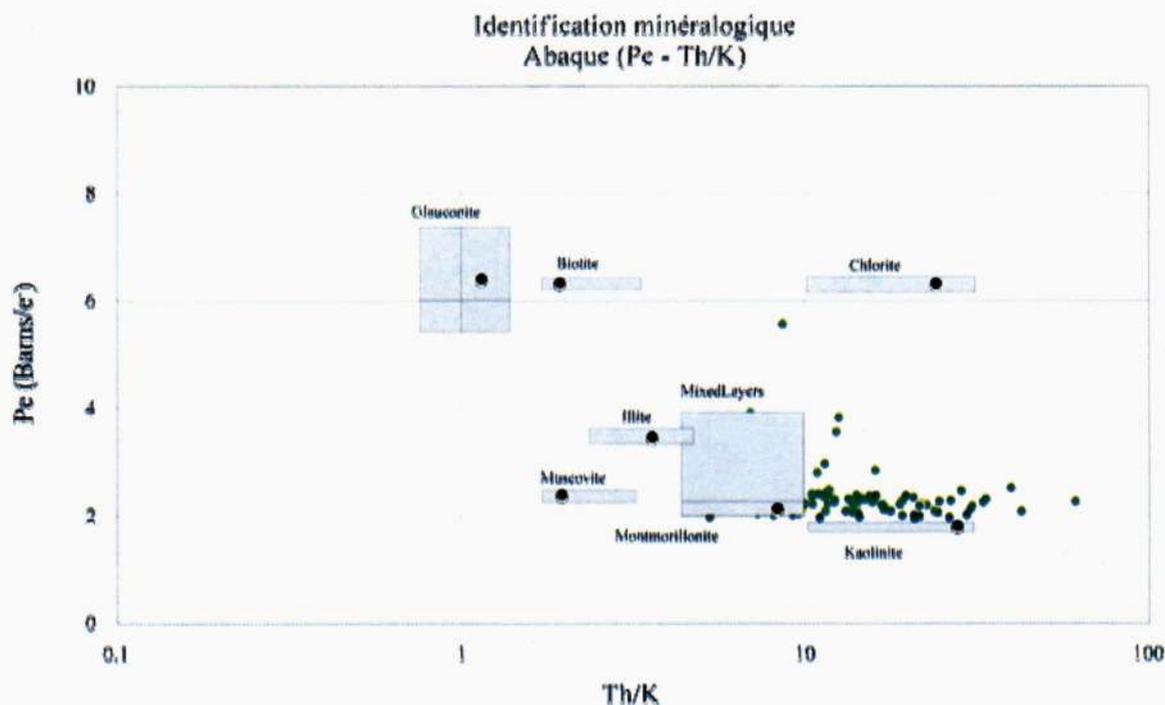
par la dickite, avec présence de l'illite dont la teneur est comprise entre 5% et 30%.

Le tableau II résume les paramètres pétrophysiques du volume d'argiles Vsh et de la spectrométrie de rayonnements γ -naturels.

Tableau II - Paramètres pétrophysiques de Vsh et des concentrations de la spectrométrie NGS dans le réservoir Ra inférieur.

Petrophysic parameters of Vsh and the concentrations of spectrometry NGS in the lower Ra.

Paramètres	Nombre Points lus	Minimum	Maximum	Moyenne Arithmétique	Ecart type
SGR (API)	262	13,28	68,08	28,11	8,38
CGR(API)	262	6,54	44,18	23,93	7,68
VSH (%)	262	2,40	34,46	17,21	6,54
U (ppm)	262	0,26	3,26	0,87	0,40
K (%)	262	0,07	1,11	0,36	0,20
Th (ppm)	262	1,05	17,69	5,82	3,11
Th/K	262	3,78	88,27	14,67	8,87



(a)

NATURE ET ÉVOLUTION DES CIMENTS ARGILEUX DES GRÈS CAMBRIENS DU RÉSERVOIR Ra DE LA PARTIE NORD DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD (OUARGLA, ALGÉRIE)

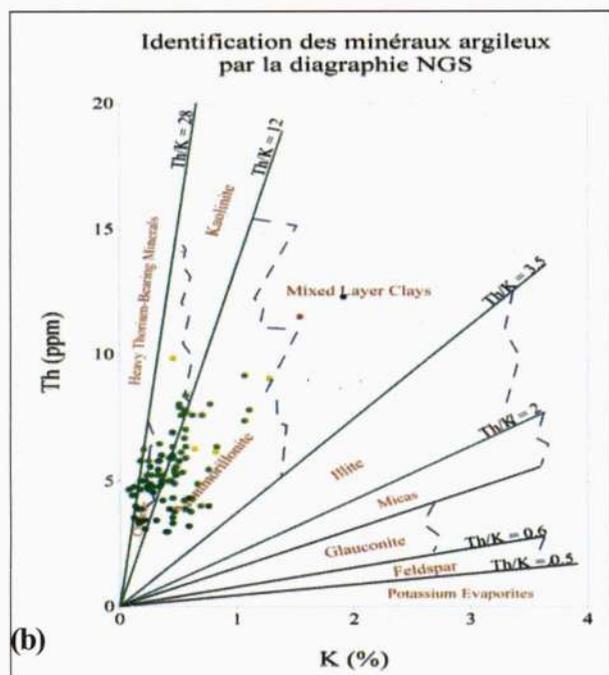


Fig. 4a et b : Z-plots de minéralogie des argiles du Ra moyen par les combinaisons de Litho Densité et NGS.

Z-plots of mineralogy of clays of medium Ra by the combinations of Litho Density and NGS.

2- Le réservoir Ra moyen

Les représentations graphiques (fig. 4a et b), établies pour le Ra moyen, montrent que le ciment est également composé d'interstratifiés kaolinite-montmorillonite-illite. Il faut noter une présence insignifiante de chlorites.

La diffraction aux rayons X des argiles du Ra moyen donne une composition à plus de 60% en dickite avec présence d'illite.

Les paramètres pétrophysiques de ce réservoir sont consignés dans le tableau III.

3 Le réservoir Ra supérieur

Celui-ci constitue la partie la moins argileuse du réservoir Ra. Le tableau IV résume les valeurs des paramètres pétrophysiques de la spectrométrie des rayonnements γ -naturels et du volume d'argiles Vsh, spécifiques à ce réservoir.

Tableau III - Paramètres pétrophysiques de Vsh et des concentrations de la spectrométrie NGS dans le Ra moyen.

Petrophysic parameters of Vsh and the concentrations of spectrometry NGS in the medium Ra.

Paramètres	Nombre de points lus	Minimum	Maximum	Moyenne Arithmétique	Ecart type
SGR(API)	97	19,96	105,20	38,23	12,06
CGR(API)	97	15,11	44,47	28,32	7,41
VSH (%)	97	9,70	34,70	20,94	6,31
U(ppm)	97	0,26	2,55	0,97	0,48
K (%)	97	0,08	1,91	0,47	0,29
Th(ppm)	97	2,97	12,27	5,50	1,77
Th/K	97	5,26	61,04	15,32	9,01

Tableau IV - Paramètres pétrophysiques de Vsh et des concentrations de la spectrométrie NGS dans le Ra supérieur.

Petrophysic parameters of Vsh and the concentrations of spectrometry NGS in the up upper Ra.

Paramètres	Nombre de points lus	Minimum	Maximum	Moyenne Arithmétique	Ecart type
SGR(API)	45	14,95	80,41	27,85	10,77
CGR(API)	45	3,73	34,92	16,74	8,83
Vsh (%)	45	0,00	26,57	11,09	7,52
U(ppm)	45	0,37	3,05	1,34	0,58
K (%)	45	0,08	1,10	0,26	0,21
Th(ppm)	45	0,62	9,02	3,27	1,62
Th/K	45	2,71	40,60	16,30	8,87

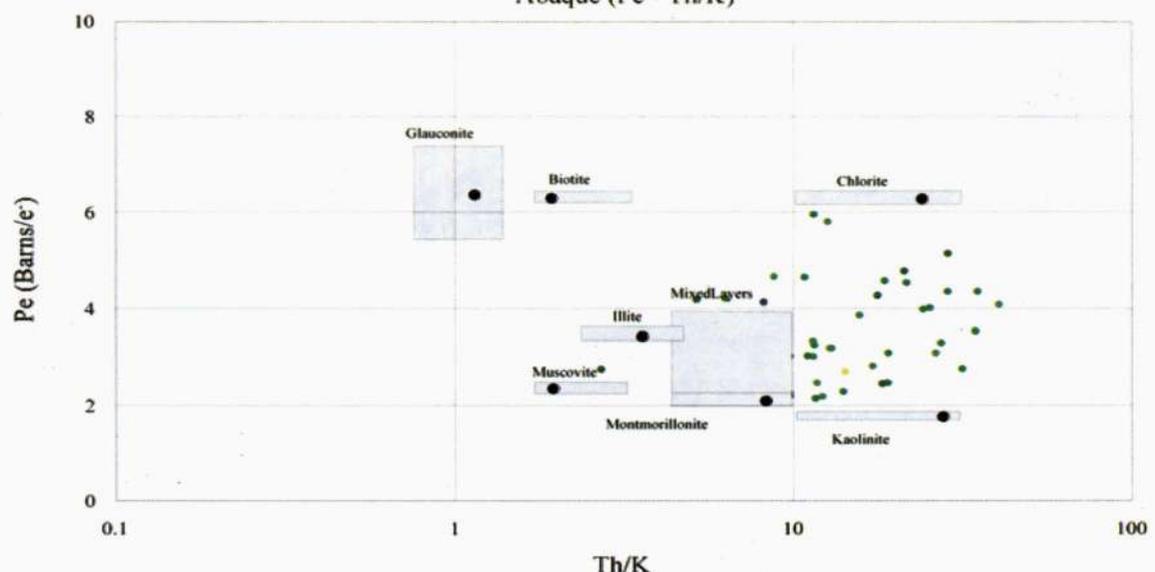
Le Z-plot Pe - Th/K (fig. 5a), établi pour ce réservoir montre que le ciment argileux est à composition complexe. Il est constitué essentiellement d'interstratifiés de kaolinite-illite-montmorillonite et chlorites.

Cette nature d'argiles est mieux mise en évidence par le Z-Plot Th-K (fig. 5b). Pour

ces deux abaques, le paramètre pétrophysique SGR (API), déjà défini sur la figure 2, est en Z.

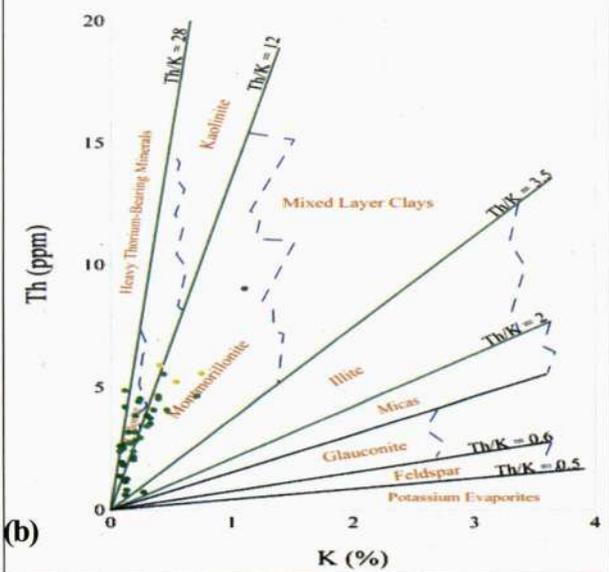
L'analyse ponctuelle de huit (8) diagrammes du ciment argileux entre -3331,5 m et -3339,0 m par la diffraction aux rayons X permet de confirmer qu'il s'agit de dickite.

Identification minéralogique
Abaque (Pe - Th/K)



(a)

Identification des minéraux argileux
par la diagraphie NGS



(b)

Fig. 5a et b : Z-plots de minéralogie des argiles du Ra supérieur par les combinaisons de Litho-Densité et NGS.

Z-plots of mineralogy of clays of upper Ra by the combinations of Litho Density and NGS.

NATURE ET ÉVOLUTION DES CIMENTS ARGILEUX DES GRÈS CAMBRIENS DU RÉSERVOIR Ra DE LA PARTIE NORD DU GISEMENT DE HASSI MESSAOUD (OUARGLA, ALGÉRIE)

La présence des chlorites est due vraisemblablement à l'aggradation «fixation d'ions supplémentaires dans des conditions de pression et de température favorable (Dunoyer De Segonzac, et al., 1968)» de la kaolinite.

en fonction de la profondeur (m) du réservoir Ra (fig. 6), que les concentrations spécifiques à l'argilosité (K et Th) sont presque invariantes sur toute la hauteur du réservoir.

ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION DES ARGILES DANS LE RÉSERVOIR Ra

1-Diagramme des concentrations Th (ppm), U (ppm) et K (%) en fonction de la profondeur :

On remarque, d'après le log composite des concentrations en Th (ppm), U (ppm) et K (%)

De ce fait, on peut conclure que ce réservoir possède les mêmes caractéristiques minéralogiques des liants argileux prépondérants.

Par ailleurs la spectrométrie des rayonnements γ -naturels permet une meilleure délimitation des unités ou drains d'un réservoir donné. Dans le cas du réservoir Ra, les limites de séparation entre les drains sont parfaitement nettes.

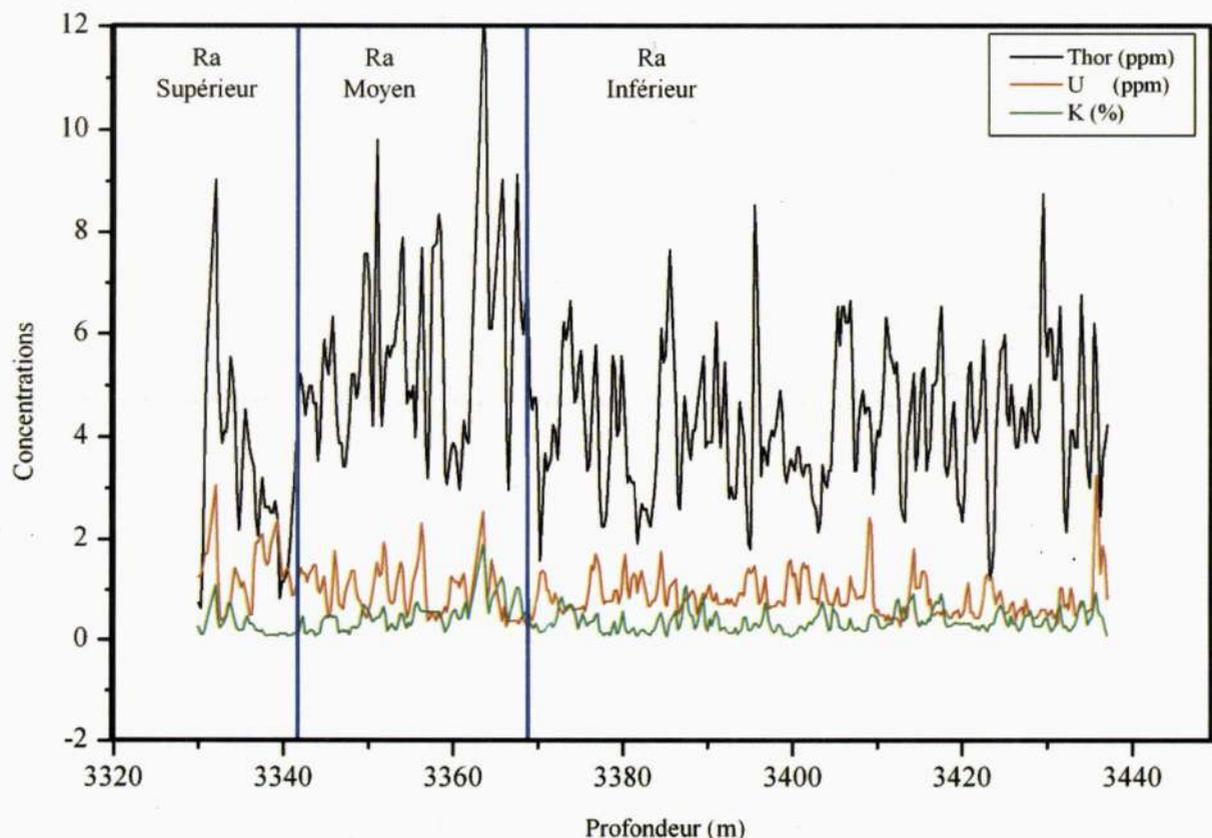


Fig. 6 - Evolution des teneurs en Th (ppm), U (ppm), K (%) dans les argiles du réservoir Ra en fonction de la profondeur.

Evolution of the contents Th (ppm), U (ppm), K (%) in clays of the reservoir Ra versus the depth.

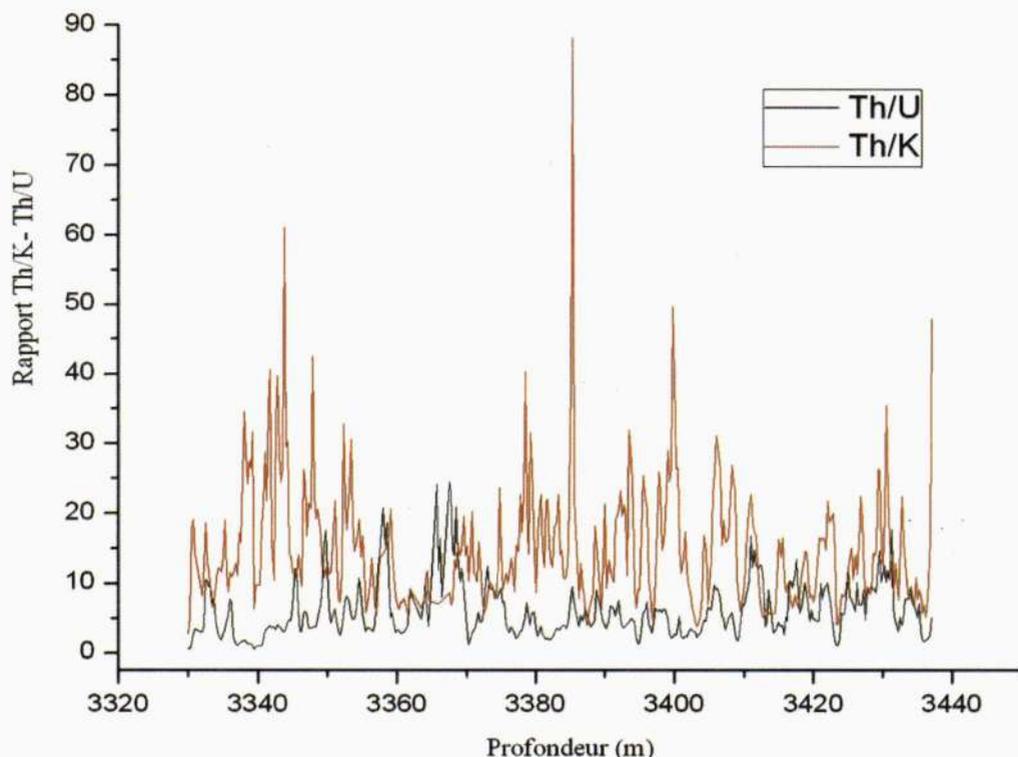


Fig.7 - Evolution des rapports Th/K et Th/U dans les argiles du réservoir Ra en fonction de la profondeur.

Evolution of the reports Th/K and Th/U in clayey minerals of the reservoir Ra versus the depth.

2 - Évolution des rapports Th/K et Th/U en fonction de la profondeur

Le diagramme Th/K et Th/U (fig.7) ne montre aucun changement important dans la composition des liants argileux des grès du réservoir Ra. La moyenne et l'écart type du rapport Th/K, sont presque constants le long du réservoir Ra (voir tableaux II, III et IV).

Toutefois, les variations de ce rapport indiquent que la minéralogie des argiles de ce réservoir Ra est complexe.

Ce résultat est en conformité avec les Z-plots de la spectrométrie NGS. Par ailleurs, il a été établi par Hassan *et al.*, 1976, que par compaction la montmorillonite se transforme en illite en passant par une phase intermédiaire au cours de laquelle se forme une couche mixte montmorillonite-illite.

L'illite par dégradation (soustraction d'ions) se transforme partiellement en dickite stable entre -3000 m et -5000 m (Beaufort *et al.*, 1998; Lanson *et al.*, 2002 et Bessa, 2004). Il est à noter que ces conditions sont réunies dans le réservoir Ra du gisement de Hassi Messaoud.

CONCLUSION

Les abaques de lithologie montrent que le ciment des grès cambriens du réservoir Ra de la partie nord du gisement de Hassi Messaoud est à dominante argileuse. Les Z-plots de minéralogie, particulièrement des argiles Pe-Th/K et Th-K, révèlent la présence d'interstratifiés complexes : kaolinite-montmorillonite-illite avec présence de chlorites.

L'analyse ponctuelle des diagrammes d'argiles par la diffraction aux rayons X, donne une

structure qui correspond à celle de la dickite (variété polymorphique de la kaolinite), avec des teneurs pouvant atteindre 35 % d'illite.

Cette composition: coexistence de dickite et d'illite (Lanson et *al.*, 2002) est stable dans les conditions de profondeur semblables à celles du gisement de Hassi Messaoud.

La différence entre les résultats de la spectrométrie NGS-Litho Densité et l'analyse ponctuelle par diffraction aux rayons X n'est due qu'aux conditions d'échantillonnage, les diagraphies étant enregistrées in situ.

Les paramètres spécifiques à l'argilosité (Th et K) sont presque constants le long du réservoir Ra. Ceci se traduit par la même composition minéralogique des liants argileux dans les différents drains du réservoir cambrien Ra.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUFORT, D., CASSAGNADE, A., PETIT, S., LANSON, B., BERGER, G., LACHARPAHNE, J.C. AND JOHANCEN, H. 1998. Kaolinite to Dickite reaction in sandstone reservoirs, *Clay mineral*, v. 33, pp. 297 - 316.
- BESSA, F. 2004. Reservoir characterization and reservoir modeling in the Northwestern part of Hassi Messaoud field, Algeria. *Ph D, Department of Earth Sciences of University of Hamburg, Hamburg, Germany*, 98 p.
- BEUF, S., BIJU-DUVAL, B., DE CHAPEL, O., ROGNON, P., GARIEL, O. ET BENNACEF, A. 1971. Les grès du Paléozoïque inférieur du Sahara. Sédimentation et discontinuités; évolution structurale d'un craton. *Pub. IFP. Coll. Sci. Et Tech. Du pétrole*, N°18, Technip. Ed. Paris.
- BOUDELLA, A. 2004. Caractérisation et modélisation des réservoirs pétroliers par les techniques de diagraphies différées, *Thèse de Doctorat d'Etat, FSTGAT-USTHB, Alger*. 160p.
- C.F.P. (A), 1960. Etude de la limite Cambrien-Ordovicien dans la région de Hassi Messaoud. *Rapport interne*. pp. 604-648.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G., FERRERO, J. ET KUBLER, B. 1968. Sur la cristallinité de l'illite dans la diagenèse et l'anchimétamorphisme. *Sedimentology*, 10 (2), 137-143.
- GHRIBI, A., AIT ALI, Z. ET HAMMOUCHE, CH. 1998. Révision du modèle géologique du Cambrien «Ra» de Hassi Messaoud, *JST3, Sonatrach, Alger*, C2A7, 1-13,
- HASSAN, M., HOSSIN, A. AND COMBAZ, A. 1976. Fundamentals of the differential gamma ray log interpretation technique. *SPWLA 17th Annual Symposium Transactions*. pp 8, 1-7.
- LANSON, B., BEAUFORT, D., CASSAGNADE, A., BERGER, G., CASSAGNABÈRE, A. AND MEUNIER, A. 2002. Authigenic Kaolin and Illitic minerals during burial diagenesis of sandstones, *Clays mineral*, V.37, pp. 1 - 22.
- L'HOMMER, A. 1966. Observations sédimentologiques sur carottes dans la partie supérieure du réservoir de Hassi Messaoud (Puits Md-83). *Rapport interne - SN REPAL, Direction exploration - District Sahara oriental*.
- L'HOMMER, A. 1967. Précision sur la lithologie et la sédimentologie des grès du cambrien (zone Ra et Ri) à Hassi Messaoud Sud. *Pub. Serv. Géol. (nouvelle série)*, bulletin N°35, p.105 - 125.
- MCCORD, D.R. AND ASSOCIATES, 1971. Champ de Hassi Messaoud. *Synthèse Géologique - Propriétés du Réservoir*. Volume I. Dallas, Texas, 75207
- SN REPAL. 1962. Le Cambrien de la région de Hassi Messaoud, Erg El Agreb. Etude stratigraphique et sédimentologique. *Colloque de la stratigraphie saharienne*. 621- 623.
- SCHLUMBERGER, 1978. Log Interpretation Charts, *Schlumberger Limited, New York*. 108 p.
- SCHLUMBERGER EDUCATIONAL SERVICES, 1985. Log Interpretation, Principles and Applications, *Houston*, 112 p.
- SCHLUMBERGER WELL SERVICES, 1989. Log Interpretation Charts, *Houston*, 1989. 114 p.
- SCHLUMBERGER, 1995. Wireline and Testing, *Houston, Texas*, Document No. SMP-7006.
- Bull. Serv. Géol. Nat. Vol. 19 n° 2. 2008*