

MODÉLISATION DU RÉSERVOIR TAGS DU CHAMP DE HAMRA (SUD EST ALGÉRIE)

Amar BOUDELLA*, Niama DJEDAA, Nacer GUERGUEB et Hadj * BENHALLOU*

RÉSUMÉ

Pour réaliser la modélisation mathématique des formations du Trias Argilo-Gréseux Supérieur (TAGS), seules les données des enregistrements de diagraphies ont été exploitées. Ainsi, les Z-plots de lithologie et de minéralogie ont permis la mise en évidence des constituants de la fraction solide. Cependant, les éléments fluides, de la fraction poreuse, sont évalués en exploitant le modèle de saturations à deux eaux. Aussi, la porosité a été estimée, le plus souvent, par la combinaison Densité-Neutron.

Deux puits du champ de Hamra du bassin de Berkine ont été sélectionnés. Il s'agit des sondages Hr 22 et Hr 17 qui traversent le TAGS. Les enregistrements du premier sondage ont été, surtout, exploités pour une détermination lithologique des formations traversées. Par contre, les données du puits Hr 17 ont permis, en plus de l'analyse lithologique, l'identification des minéraux, particulièrement, argileux ainsi que des autres liants, présents dans ces roches. C'est ainsi que, pour les formations du TAGS, les différents Z-plots, de lithologie et de minéralogie, réalisés donnent une matrice gréseuse. Les ciments sont, le plus souvent, mixtes. En effet, on distingue, dans la partie sommitale du réservoir, un liant argilo-anhydritique alors qu'à la base celui-ci est argilo-dolomitique. Cependant, la zone centrale est caractérisée, uniquement, par un ciment argileux. Par conséquent, le TAGS a été subdivisé en trois unités géologiques A, B et C, en relation surtout avec ces types de ciments. Ces derniers sont, aussi, mis en évidence par les représentations graphiques spécifiques à chacune de ces unités. Par ailleurs, les argiles sont constituées, surtout, d'illite avec une légère influence des interstratifiés Illite-Montmorillonite.

Une fois le modèle géologique de réservoir défini, sa solution mathématique est possible par l'utilisation du programme ELAN de Schlumberger. Les solutions obtenues confirment l'existence d'une matrice gréseuse à différents types de ciments. Aussi, la fraction de porosité utile est, potentiellement, riche en gaz.

Mots clés - Réservoir - TAGS - Z-plots - Lithologie - Minéralogie - Ciments - Modélisation

* FSTAG; BP 32 El Alia/USTHB -Département de Géophysique
BP 32. El-Alia Bab Ezzouar 16111.

- Manuscrit déposé le 30 Juillet, accepté après révision le 23 Septembre 2000

MATHEMATICAL MODELLING OF THE TAGS RESERVOIR IN THE HAMRA FIELD (SOUTH EAST OF ALGERIA)

ABSTRACT

Well logging data recordings have been used in the mathematical modelling of the Upper Shally-Sandstone Triassic formations (TAGS). The Z-plots of lithology and mineralogy have given the constituents of the solid fraction.

However, the fluid elements of the porous fraction have been evaluated while exploiting the model of saturations of two-waters. Also, the porosity has been estimated, mostly, by the Density - Neutron combination.

Two wells of the Hamra field of the Berkine basin have been selected. These are Hr 22 and Hr 17 that cross the TAGS. Recordings of the first well were, especially, exploited in order to determine the lithology of the crossed formations. On the other hand, data of the well Hr 17 has given, in addition to lithological analysis, the identification of minerals, particularly the clayey ones, as well as of the other binding minerals which are present in these rocks. This is how, for the TAGS formations, the different lithological and mineralogical Z-plots have given a sandy matrix. Cementation is most oftenly mixed. Indeed, one distinguishes that in the upper part of the reservoir the binding is shally-anhydritic whereas in the lower one is shally-dolomitic. However, the central zone is characterized, solely, by a clayey cementation. Therefore, the TAGS has been subdivided to three geological units A, B and C, in relation especially with these types of cementations. These units have also been put in evidence by the specific graphic representations for each of them. However, the clays are constituted, especially, of illite with a light influence of the embedded Illite-Montmorillonite.

Once the geological model of reservoir is defined, then its mathematical solution is possible by the use of the ELAN program of Schumberger. The obtained solutions confirm the existence of a sandstone matrix with different types of cementation. Also, the useful porosity fraction is, potentially, rich in gas.

Key Words: Reservoir - TAGS - Z-plots - Lithology - Mineralogy - Cementation - Modelisation

INTRODUCTION

La modélisation, en diagraphies, nécessite la définition d'un modèle géologique de base. Celui-ci est, généralement, obtenu par la compilation de toutes les données géologiques d'observation et de laboratoire, et/ou, géophysiques mesurées ou interprétées. Aussi, il faut noter que ce modèle est, par la suite, affiner, au fur et à mesure qu'un nouveau paramètre pétrophysique est introduit. En ce qui concerne ce travail, seules les données de diagraphies sont utilisées

pour arrêter ce modèle géologique. Ainsi, les méthodes graphiques d'interprétations permettent la mise en évidence, particulièrement, des éléments de la fraction solide. Celles-ci reposent sur les combinaisons, de minéralogie, principalement des argiles, et de lithologie, des paramètres enregistrés ou évalués en diagraphies. Pour calculer les saturations en fluides, de la fraction poreuse, le modèle de saturations à deux eaux est utilisé. En effet, ce dernier permet de déterminer l'ensemble des saturations, y compris celle du bound water S_{wb}

Pour cela, la combinaison des diagraphies de résistivités DLL-MSFL a été enregistrée (Hammack, 1971 et Log Interpretation Principales and Application, 1989). Ainsi, les résistivités mesurées, R_{UD} , R_{UB} et R_{MSFL} , permettent, en plus du calcul des différentes saturations des zones lavée et vierge (Akkouche et Meziane, 1989, et, Kherfallah et alliliche, 1999) de localiser, directement sur terrain, les réservoirs potentiels.

Les diagraphies nucléaires parmi lesquelles nous distinguons, dans le cas de la radioactivité naturelle, le GR et le NGS (Serra *et al.*, 1980 et Westaway *et al.*, 1980). La première est utilisée pour calculer le volume d'argiles V_{sh} . La seconde est, en plus de l'évaluation de V_{sh} utile à l'étude minéralogique, principalement des argiles, car elle permet d'établir le Z-plots de minéralogie Th-K. Les combinaisons de radioactivité provoquée Densité-Neutron, caractérisée par les sondes compensées FDC-CNL ou LDL-CNL (Alger *et al.*, 1971, et Log Interpretation Charts, 1989) sont, surtout, utilisées pour établir les abaques de lithologie.

En outre, il faut noter que le coefficient d'absorption photoélectrique P_e , associé aux données du NGS, permet de réaliser une étude minéralogique (Quirein *et al.*, 1982), particulièrement, des minéraux argileux les plus prépondérants, à savoir : l'Illite, la Montmorillonite, la Chlorite et la Kaolinite.

Par ailleurs, les diagraphies soniques où la sonde BHC enregistre le temps de parcours, Δt ($\mu s/ft$), de l'onde sonore de compression, émise le long des parois du sondage, permettent, par combinaisons aux diagraphies de radioactivité provoquée, de déterminer la porosité utile des formations traversées par le forage et de définir leur lithologie. En outre, ces combinaisons peuvent être utilisées pour évaluer le volume d'argiles V_{sh} .

Pour l'ensemble de ces combinaisons, on utilise, le plus souvent en Z, un paramètre pétrophysique sensible à l'argilosité.

Avant de commencer les interprétations des diagraphies, il est important de caler, en profondeur, l'ensemble des enregistrements et de réaliser le log composite (fig. 1). Aussi, certaines corrections peuvent être apportées aux mesures. Il s'agit, surtout, des effets d'environnement liés, essentiellement, à la colonne de boue, à la zone envahie et aux formations encaissantes.

Les applications minéralogiques et lithologiques, pour définir le modèle géologique de réservoir, sont réalisées sur les données des puits Hr 17 et Hr 22 du TAGS du champ de Hamra du bassin de Berkine. L'analyse des résultats des différents Z-plots de ce réservoir, ainsi que celle de la forme des enregistrements de GR et de Δt , particulièrement, ont permis la subdivision de ce réservoir en trois unités lithologiques A, B et C (fig.8). Celles-ci se distinguent, les unes des autres, de par les liants présents dans leur matrice gréseuse.

RÉALISATION ET INTERPRÉTATION DES Z-PLOTS

Les diagraphies de porosités ainsi que celles de radioactivité naturelle, réalisées dans les sondages Hr 17 et Hr 22, ont été exploitées pour définir les éléments de la fraction solide des formations du TAGS dans le bassin de Berkine (Algérie). En effet, les enregistrements du premier sondage sont utiles à l'établissement des Z-plots de lithologie (Clavier et Rust, 1976): $\rho_b - \Phi_N$ (GR en Z) (fig.2-a) et $\Delta t - \Phi_N$ (GR en Z) (fig. 2 -b). Aussi, ces derniers sont également, réalisés pour étudier la lithologie des unités A (fig.3-a et b), B (fig.4-a et b) et C (fig.5-a et b) du TAGS. D'autres abaques ont été établis, à partir des enregistrements du puits Hr 17, afin de confirmer la nature lithologique des formations du TAGS. Il s'agit des représentations graphiques, $\rho_b - \Phi_N$ (U en Z) (fig.6-a) et M-N plot (CGR en Z) (fig.6-b). Les Z-plots sont, surtout, basées sur les enregistrements de diagraphies

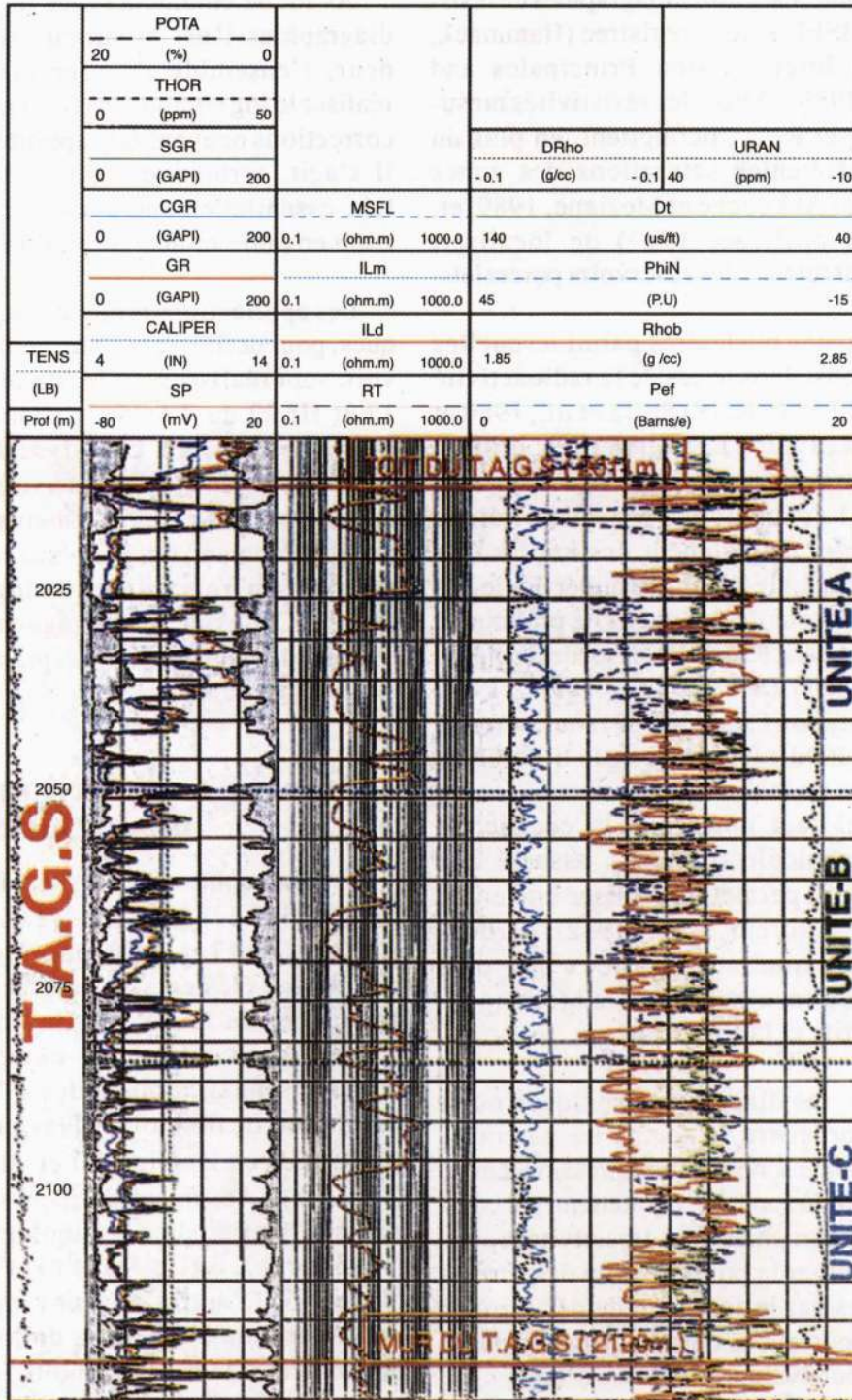


Fig. 1 - Log composite du sondage Hr 22, montrant les différentes unités du TAGS
 Log composite of the well Hr 22, showing the different units of the TAGS

MODÉLISATION DU RÉSERVOIR TAGS DU CHAMPS DE HAMRA (SUD EST ALGÉRIE)

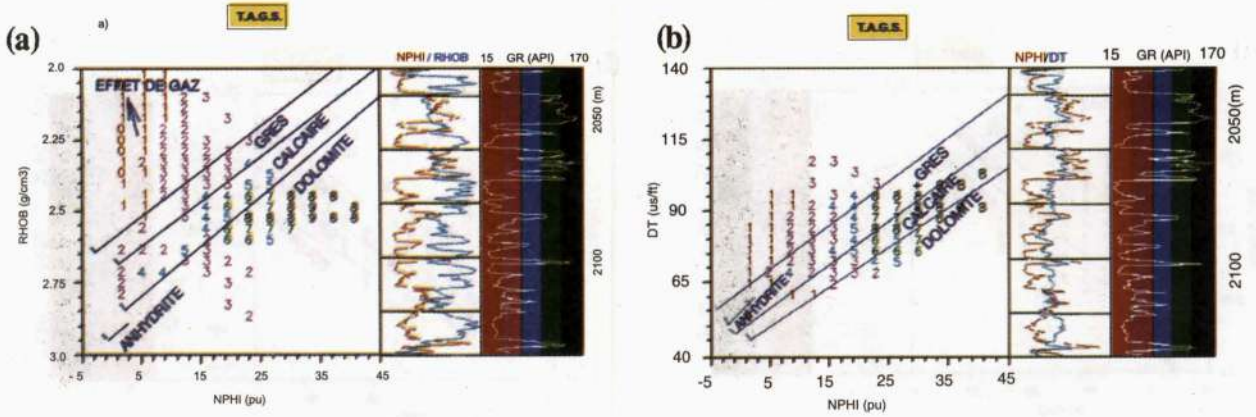


Fig. 2 - Détermination lithologique des formations du TAGS du sondage Hr 22.
Lithology determination of the TAGS formations for the well Hr 22.

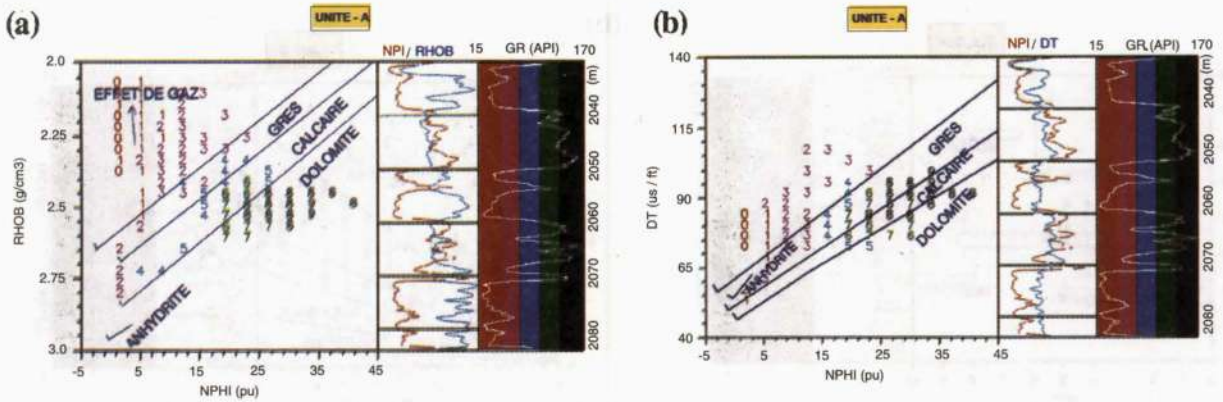


Fig. 3 - Détermination lithologique de l'unité A du TAGS dans le sondage Hr 22
Lithology determination of the unit A of the TAGS in the well Hr 22

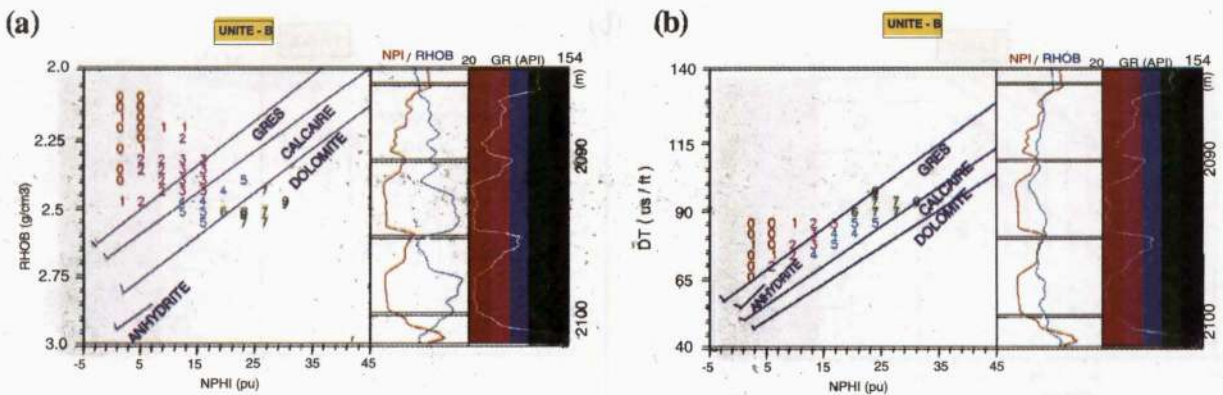


Fig. 4 - Détermination de la lithologie des formations de l'unité B du TAGS dans le sondage Hr 22
Determination of the lithology of the unit B for the TAGS formations in the well Hr 22

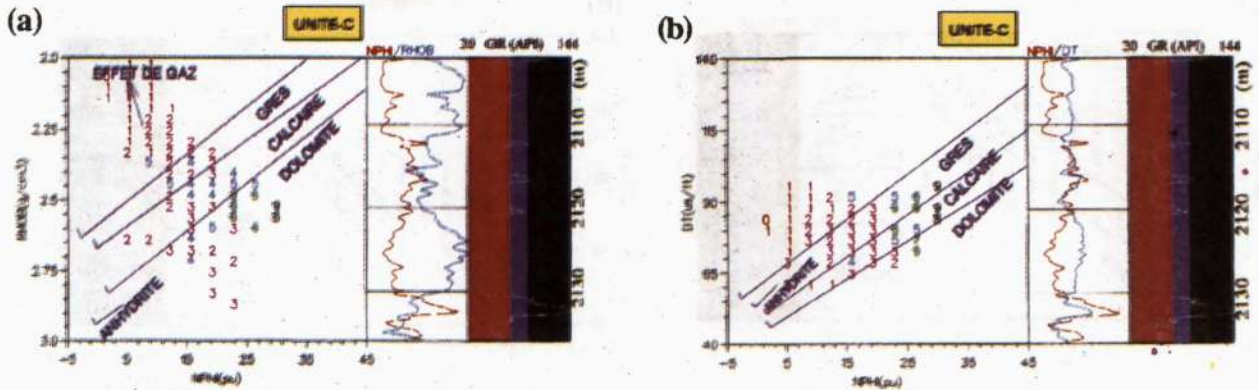


Fig. 5 - Détermination lithologique de l'unité C du TAGS dans le sondage Hr 22
 Lithology determination of the unit C of the TAGS in the well Hr 22

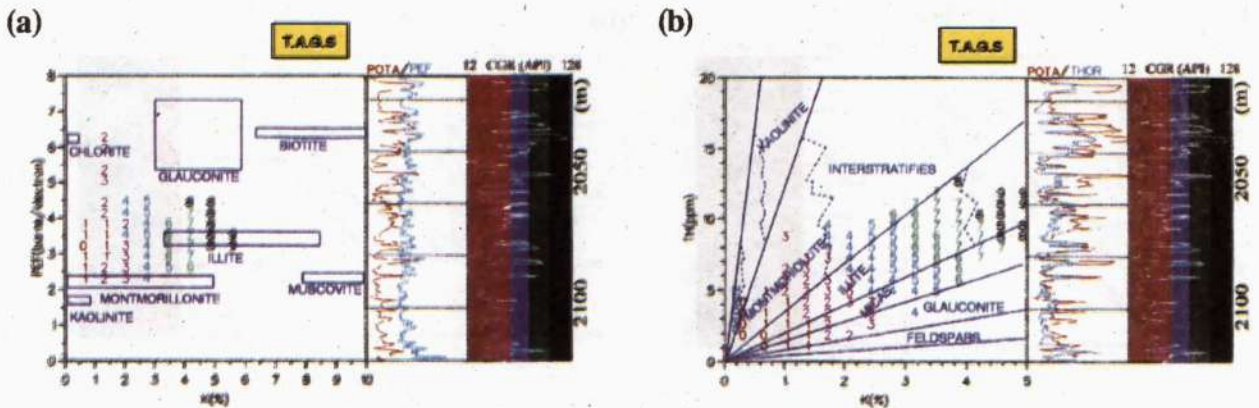


Fig. 6 - Identification des minéraux, principalement, argileux des formations du TAGS dans le sondage Hr 17
 Identification of, mainly, clayed minerals of the TAGS formations in the well Hr 17

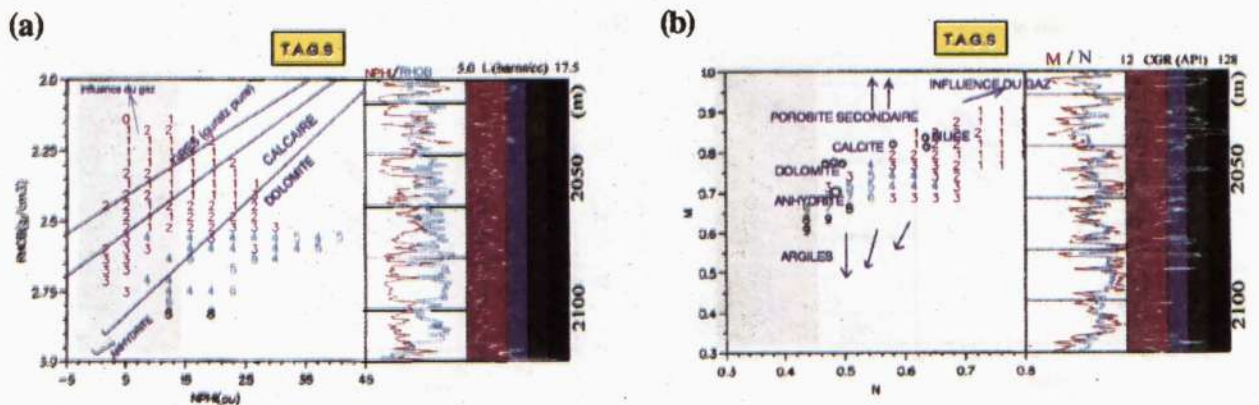


Fig. 7 - Détermination lithologique des formations du TAGS du sondage Hr 17.
 Lithology determination of the TAGS formations for the well Hr 17.

soniques et de radioactivité provoquée dites de porosités. Ils permettent, en outre, la mise en évidence des influences des gaz et de la fracturation secondaire.

En ce qui concerne la minéralogie, particulièrement, des éléments argileux, les représentations graphiques concernant, uniquement, le puits Hr 17 où les enregistrements du NGS et du LDT (Burk *et al.*, 1976) ont eu lieu. Celles-ci sont définies par P_{gr} -K (fig.6-a) et Th-K (fig.6-b) avec le CGR en Z.

Les influences des différents liants, y compris le ciment argileux, et des gaz des formations du réservoir TAGS, sont mises en évidence par les Z-plots, U-K (fig.8-a) et ρ_b -K (fig.8-b) où Th est en Z. Toutefois, il est à rappeler que l'influence des gaz est décelable sur l'ensemble des abaques de lithologie.

Les échelles en Z sont subdivisées, linéairement, en intervalles. A chacun d'eux, un chiffre de 0 à 9 est attribué. L'évolution de ces chiffres est en rapport avec l'augmentation du volume d'argiles V_{ah} . Par conséquent, pour une formation propre ($V_{ah}=0\%$) le zéro est affecté. Cependant, le neuf est inscrit pour les niveaux d'argiles ($V_{ah}=100\%$).

La figure 6, réalisée pour l'identification des minéraux, particulièrement du ciment argileux, montrent que l'illite est le minéral prépondérant. Toutefois, on remarque une légère influence des interstratifiés Illite-Montmorillonite.

L'ensemble des Z-plots de lithologie réalisés montre que la matrice du réservoir TAGS est gréseuse. Le principal ciment est celui argileux. Ce dernier se caractérise par de fortes valeurs de la radioactivité naturelle, donnée par le GR ou le NGS, de la porosité neutron ρ_N et du temps de parcours Δt . Par ailleurs, on note l'influence de deux autres liants. Il s'agit des ciments anhydritique et carbonaté (fig. 8) qui se

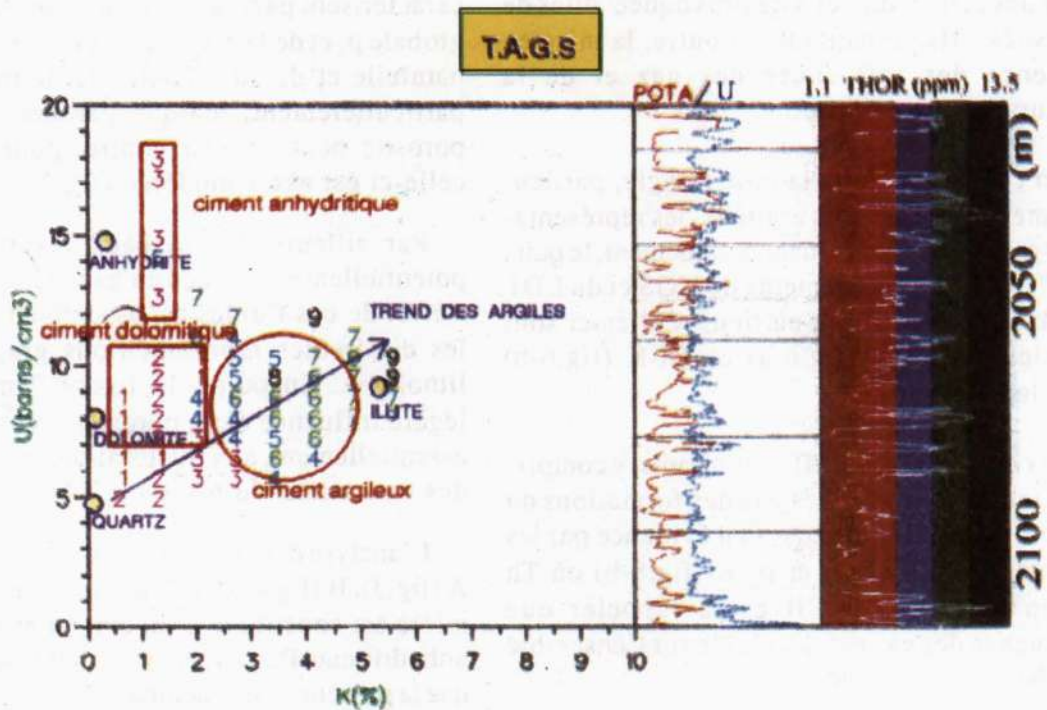
caractérisent par une augmentation de la densité globale ρ_b et de faibles valeurs de la radioactivité naturelle et de Δt . Toutefois, le premier est, particulièrement, marqué par une très faible porosité neutron. Par contre, pour le second celle-ci est assez modérée (fig.2 et 7).

Par ailleurs, les niveaux réservoirs sont, potentiellement, riches en gaz. C'est ainsi que l'effet de ces fluides est assez bien visible sur les différentes représentations graphiques de lithologie. En outre, la figure 7 montre une légère influence de la porosité secondaire liée, essentiellement, aux fracturations et fissurations des formations du réservoir TAGS.

L'analyse des abaques de lithologie, des unités A (fig.3), B (fig.4) et C (fig.5), montre que la première est constituée d'un ciment mixte argilo-anhydritique. Par contre, dans l'unité B, on remarque la présence, uniquement, du ciment argileux. Cependant, la partie basale du réservoir, correspondante à l'unité C, est à liant argilo-dolomitique. Par conséquent, on peut dire que le milieu de dépôt des formations du TAGS, en allant du sommet vers la base, est relativement calme et transgressif. La figure 8 confirme l'existence des différents liants présents dans ces niveaux réservoirs.

Des différentes analyses, lithologique et minéralogique, ainsi que du calcul des saturations, à l'aide du modèle de saturations à deux eaux, le tableau I a été élaboré pour résumer le modèle géologique des formations du TAGS. En effet, celui-ci montre les compositions minéralogiques de la fraction solide de même que les fluides de ce réservoir, contenus dans la fraction de porosité utile. Cette dernière est évaluée, généralement, par une combinaison Densité-Neutron. Le modèle à deux eaux permet d'évaluer les saturations en eau S_{wb} et S_w ; respectivement celle attribuée aux argiles "bound water" et celle de la matrice poreuse et perméable ou eau libre (Clavier *et al.*, 1984). Celle-ci inclut les fractions d'eau mobile et liée. Par conséquent, le modèle géologique est ainsi défini.

(a)



(b)

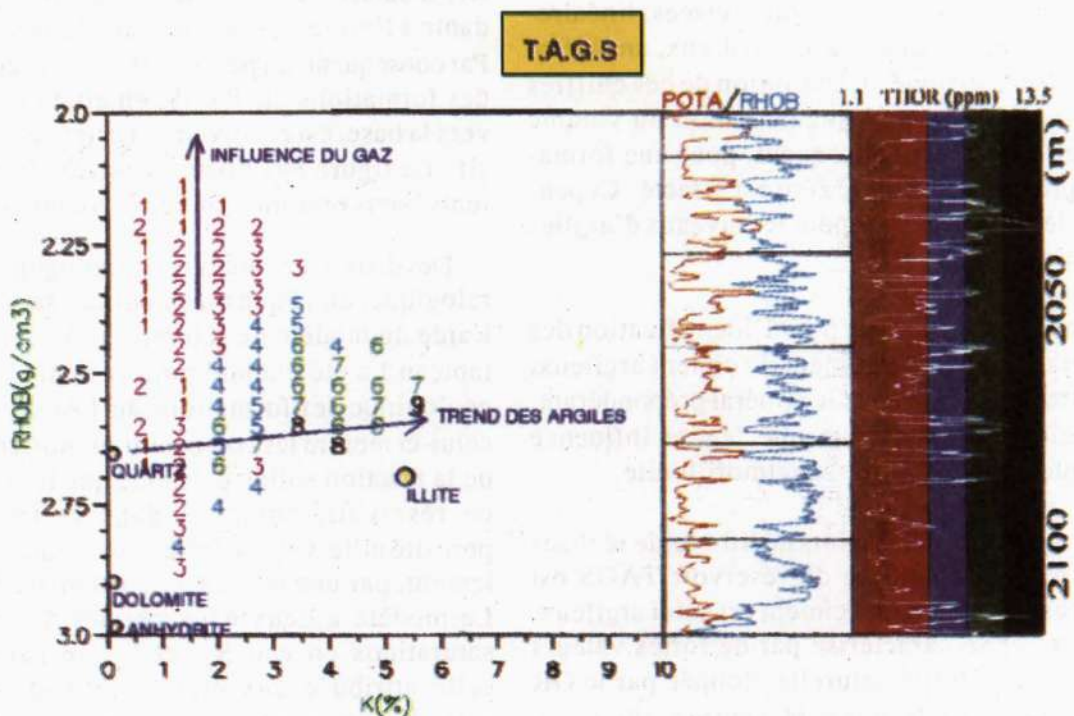


Fig. 8 - Détermination lithologique des formations du TAGS du sondage Hr 17.

Lithology determination of the TAGS formations for the well Hr 17.

Tableau I - Modèle géologique défini par les diagraphies pour le réservoir TAGS
Geological model defined by the well logging for the TAGS reservoir

		Fraction solide						
		Matrice	Liants					
			Anhydritique	Dolomitique				Argileux
Principaux	Quartz			Illite	Gaz	Eau	Eau	
Minéraux	avec	anhydrite	Dolomite	Montmorillonite		mobile	liée	
	présence					Eau libre		
	d'ortoclases							
				Bound water	Porosité utile			
Fraction fluide								

APPLICATION DU PROGRAMME ELAN

Chaque enregistrement E peut être représenté mathématiquement par la relation :

$E = \sum P_i \cdot V_i$, P_i et V_i sont, respectivement, le paramètre matriciel et le volume du $i^{\text{ème}}$ élément de la fraction solide du modèle géologique retenu. Ainsi, le système d'équations, obtenu pour l'ensemble des enregistrements de diagraphies d'un puits donné, est traduit par la relation matricielle : $[E] = [P] \cdot [V]$. En se fixant une incertitude à chaque paramètre introduit, la matrice des erreurs $[D]$ peut être définie. La solution la plus probable est celle qui permet de minimiser la fonction d'incohérence (*Inco*) qui n'est autre que la relation des écarts quadratiques entre les enregistrements réels et calculés. La résolution est alors exprimée par : $Inco = \{[P] \cdot [V] - [E]\}^T \cdot [D] \{[P] \cdot [V] - [E]\}$. Pour chaque itération, une analyse comparative est réalisée entre ces enregistrements réels et théoriques $[E_{th}]$, sachant que ces derniers sont définis par : $[P] \cdot [V] = [E_{th}]$. La solution retenue est celle qui donne une meilleure superposition de

ces courbes (Djedaa et Guergueb, 1996). La figure 9 illustre l'exemple pratique du sondage Hr 22.

Les sorties du modèle mathématique des puits Hr 17 (fig.10) et Hr 22 (fig.11) comportent quatre colonnes ou "Tracks". Dans le Track 1, est représenté le GR pour une meilleure localisation des niveaux réservoirs. Le second est réservé à la saturation en eau S_w . La distribution des fluides dans la fraction de porosité utile est montrée dans le Track 3. La dernière colonne est consacrée à la représentation du modèle de réservoir, proprement dit. En effet, dans celle-ci, sont résumés l'ensemble des minéraux de la fraction solide ainsi que la distribution des fluides dans la porosité (Coast *et al.*, 1982; Mayer et Sibbit, 1980). On remarque alors, sur la courbe de GR, que l'argilosité diminue en fonction de la profondeur pour le sondage Hr 17. Ce qui se traduit par des unités B et C, particulièrement, riches en gaz. Par ailleurs et pour tout le réservoir, le minéral dominant de la matrice est le quartz. Ces observations restent valables pour le puits Hr 22. Cependant, la partie basale de son unité A est, aussi, potentiellement à gaz.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

A travers cette étude, nous avons montré que les diagraphies permettent la mise en évidence des constituants de la fraction solide. En effet, six éléments, caractérisant la matrice et les différents liants, ont été définis à l'aide d'un ensemble de Z-plots, de lithologie et de minéralogie. Il s'agit du quartz, de l'illite, de la montmorillonite, de la dolomite, de l'anhydrite et des orthoclases. Par ailleurs, le modèle à deux eaux permet la détermination des éléments fluides. Les résultats obtenus donnent un réservoir TAGS, potentiellement, riche en gaz. Ces informations sont consignées dans les sorties de la modélisation mathématique qui restent un document important à l'interprétation. En effet, elles permettent de visualiser les zones potentielles et de pouvoir calculer les réserves (Bouzemat et Stasaid, 1998) car ceux-ci dépendent des dimensions du réservoir et des paramètres de saturations et de porosités. Les valeurs moyennes de ces paramètres, pour les deux puits étudiés, sont résumés dans le tableau II.

Ce tableau montre que les porosités sont assez bonnes. Par conséquent, comme les saturations en eau sont modérées et que le rapport

Hu/Ht, des unités B et C, est proche de l'unité, les réserves en place de ces dernières sont considérables.

CONCLUSION

Actuellement, les diagraphies interviennent dans, pratiquement, tous les domaines de l'exploration et de l'exploitation des ressources naturelles. En effet, elles permettent de fournir différents paramètres pétrophysiques. Aussi, certains enregistrements, d'imagerie par exemple, sont utiles aux interprétations structurales et sédimentologiques. C'est ainsi que le travail réalisé montre que les diagraphies sont en mesure de déterminer tous les paramètres de réservoir des fractions solide et fluide. Aussi, elles renseignent sur leur évolution en fonction de la profondeur. De ce fait, elles permettent de localiser les zones potentielles et/ou présentant des anomalies, surtout de perméabilité. En effet, les diagraphies sont utiles à la détermination de la lithologie de la matrice et des différents liants en présence. De même, elles permettent d'identifier les minéraux, surtout, argileux par la réalisation d'un ensemble de Z-plots.

Tableau II - Paramètre de réservoir des puits Hr 17 et Hr 22

Reservoir parameters of the well Hr 17 and Hr 22

			Ht (m)	Hu (m)	Φ (%)	Sw (%)
Ré sér voir	Puits Hr 17	TAGS	109.0	74.4	15.8	26.3
		Unité A	38.0	17.2	13.8	21.5
		Unité B	33.0	25.6	17.3	28.3
		Unité C	38.0	31.6	15.6	27.2
à G a z	Puits Hr 22	TAGS	106.0	67.6	15.8	24.9
		Unité A	54.02	8.0	16.2	16.6
		Unité B	18.0	14.2	13.3	31.5
		Unité C	34.0	25.4	16.7	30.2

MODÉLISATION DU RÉSERVOIR TAGS DU CHAMPS DE HAMRA (SUD EST ALGÉRIE)

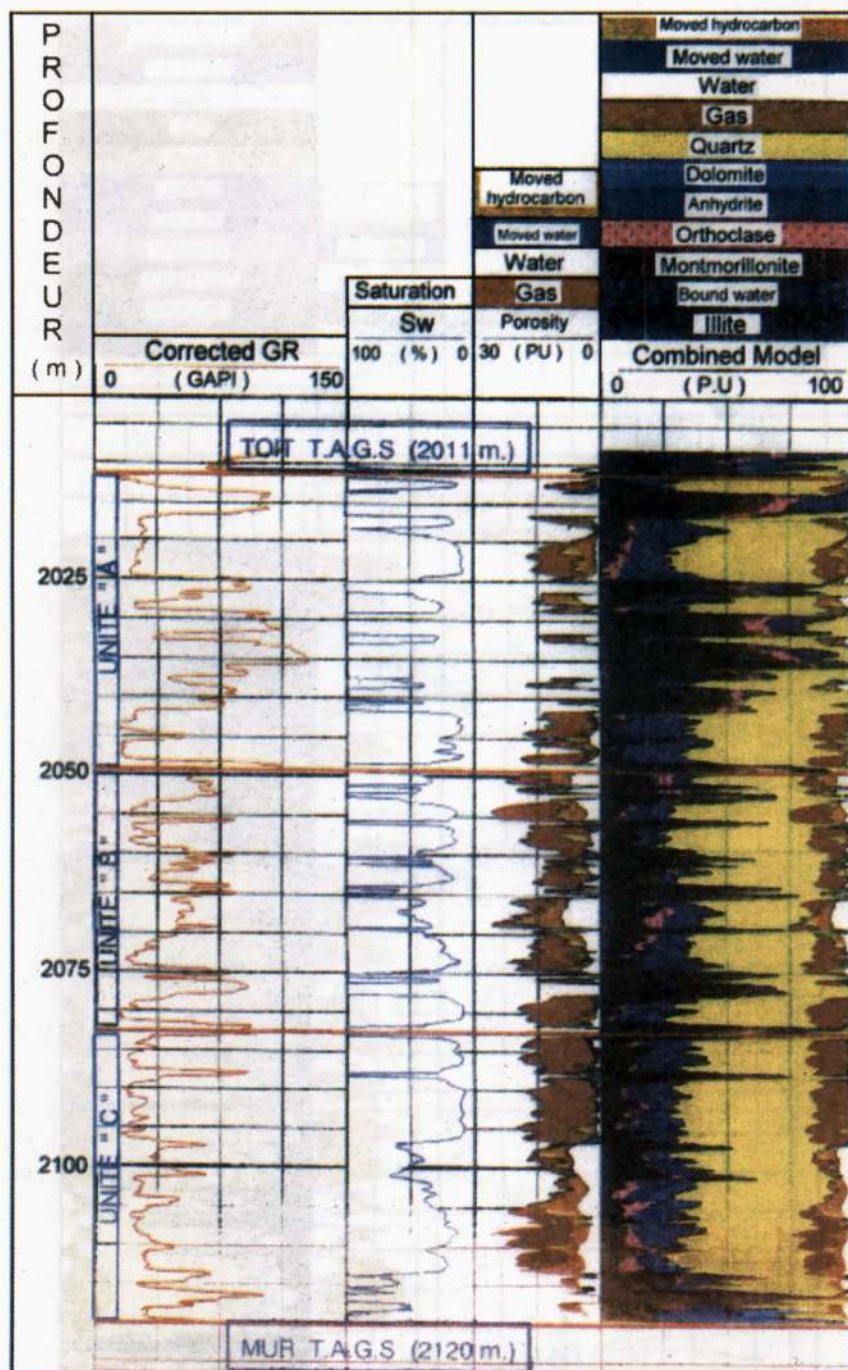


Fig. 9 - Modélisation par le programme ELAN des formations du TAGS dans le puits Hr 22

ELAN model for the TAGS formations in the well Hr 22

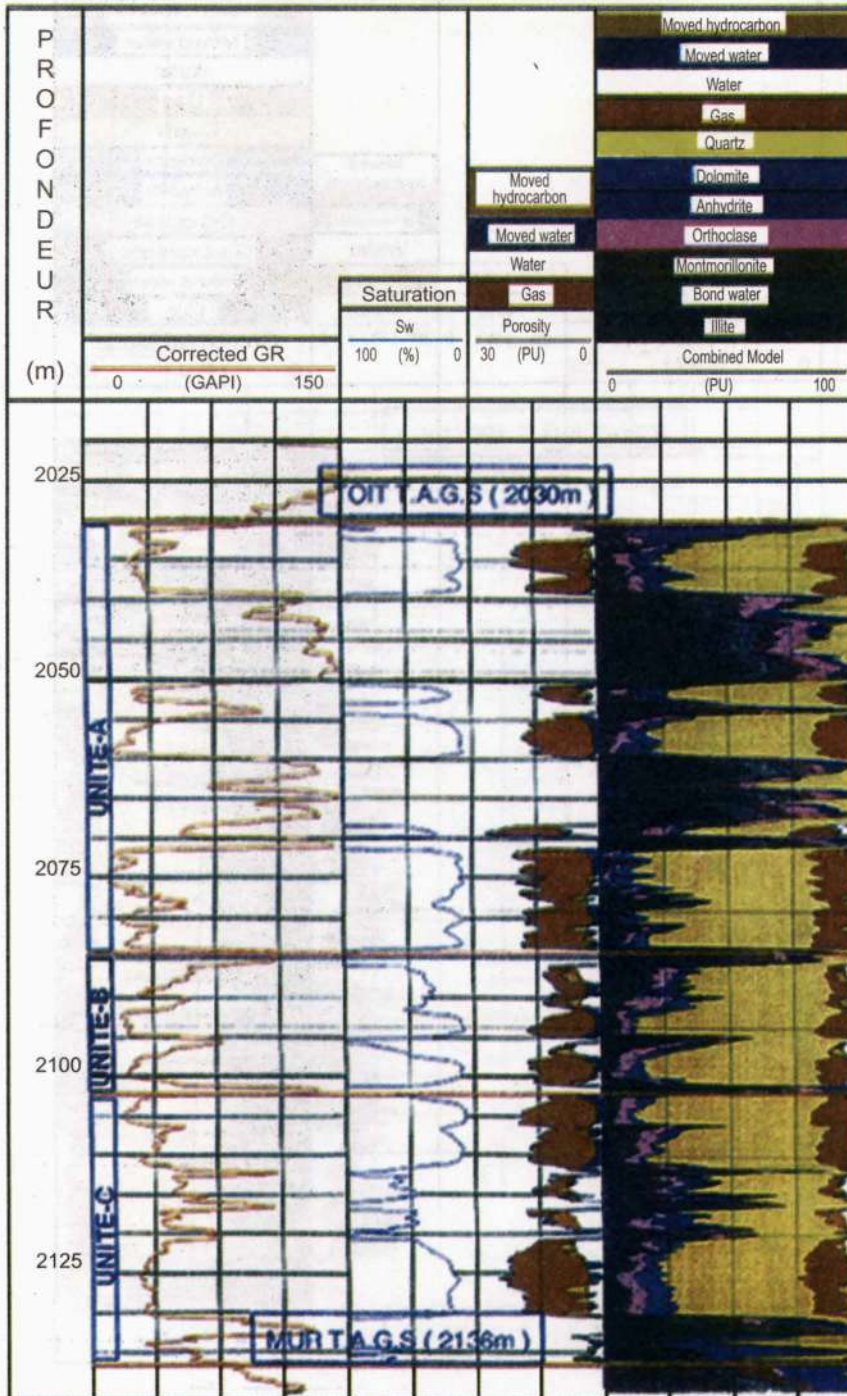


Fig. 10 - Modélisation par le programme ELAN des formations du TAGS dans le puits Hr 17

ELAN model for the TAGS formations in the well Hr 17

MODÉLISATION DU RÉSERVOIR TAGS DU CHAMPS DE HAMRA (SUD EST ALGÉRIE)

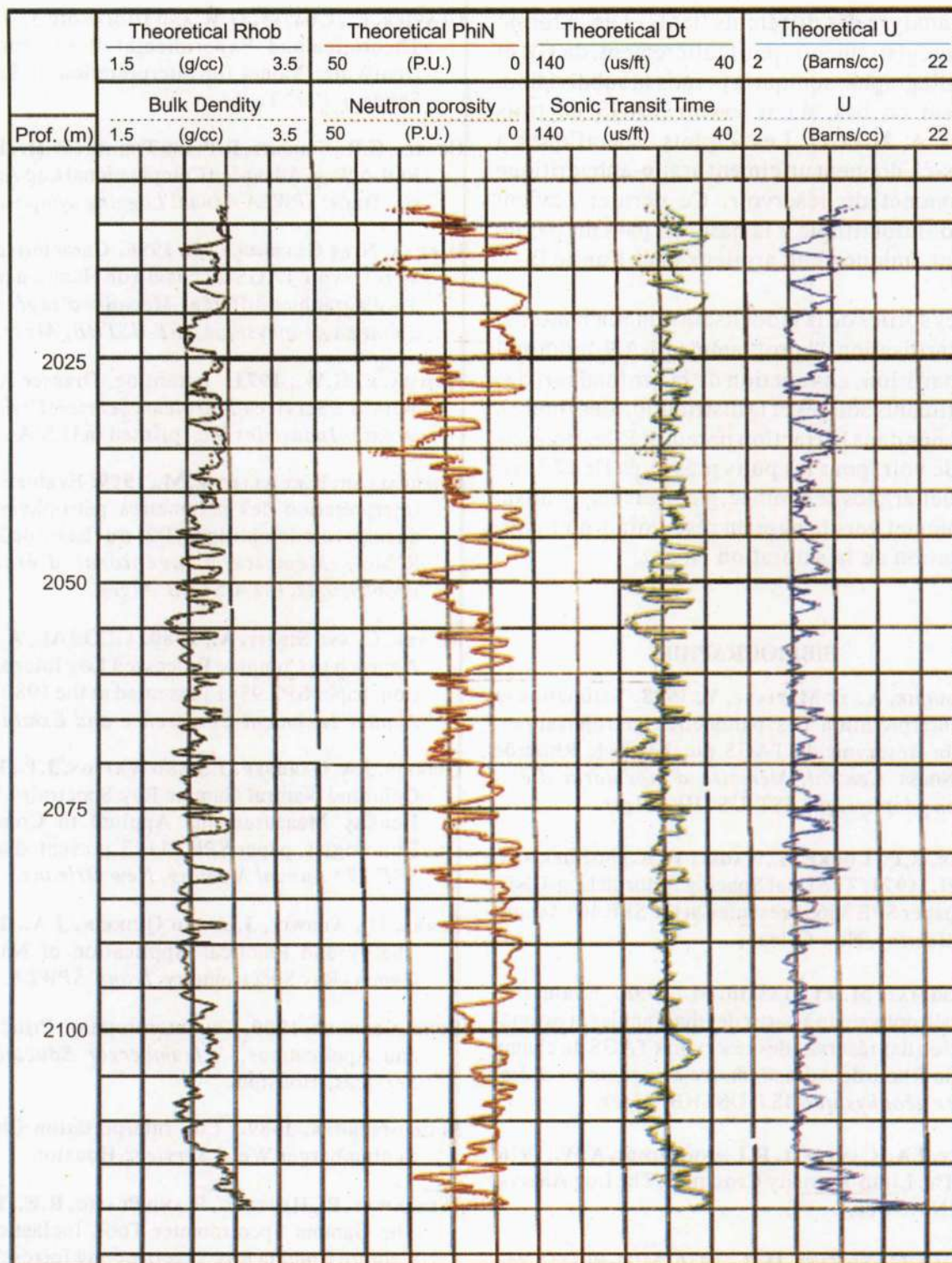


Fig. 11 - Comparaison des courbes réelles et théoriques pour le sondage Hr 22

Real and theoretical curves comparison for the well Hr 22

L'analyse des différents liants et de la forme des enregistrements, particulièrement, du GR et de la diagraphie sonore a permis la subdivision, de haut en bas, du réservoir TAGS en trois unités A, B et C. Les Z-plots, spécifiques à celles-ci, donnent un ciment argilo-anhydritique au sommet du réservoir. Ce dernier devient argilo-dolomitique à la base, en passant par un ciment, uniquement, argileux dans l'unité B.

Les sorties de la modélisation mathématique, par l'utilisation du programme ELAN, montrent la répartition, en fonction de la profondeur, des constituants solides et la distribution des fluides, contenus dans la fraction poreuse. Elles permettent de voir, pour les puits présentés Hr 17 et Hr 22, quel'argilosité diminue, globalement, en allant du sommet vers la base du réservoir d'où l'augmentation de la saturation en gaz.

BIBLIOGRAPHIE

- AKKOCHE, A., ET MEZIANE, Y., 1998.** Estimation et interprétation des paramètres pétrophysiques du réservoir du TAGS du champ de Rhourde Nouss Central, *Mémoire d'ingéniorat d'état en géophysique, IST-USTHB, Alger.*
- ALGER, R.P., LOCKE, S., NAGEL, W.A. AND SHERMAN, H., 1971.** The Dual Spacing Neutron Log-CNL, paper SPE 3565 presented at the SPE 46th Annual Meeting, New Orleans.
- BOUZELMAT, M. ET STASAI, M., 1998.** Evaluation pétrophysique à partir des diagraphies et estimation des réserves des réservoirs TAGS du champ de Rhourde Adra, *Mémoire d'ingéniorat d'état en géophysique, IST-USTHB, Alger.*
- BURKE, J.A., CAMPBELL, R.L. AND SHIMDT, A.W., 1976.** The Litho-Porosity Crossplot, *The Log Analyst* (Nov.-Dec.).
- CLAVIER, C. AND RUST, D.H., 1976.** MID-PLOT: New Lithology Technique, *The Log Analyst* (Nov.-Dec.).
- CLAVIER, C., COATES, G.R. AND DUMANOIR J., 1984.** Theoretical and Experimental Bases for the Dual Water Model for interpretation of Shaly Sands, *J. Pet. Tech.*
- COATES, G.R., SCHULTZ, R.P. AND THROOP, W.H., 1982.** VOLAN: an Advanced Computational Log Analysis, *Trans. SPWLA Annual Logging symposium.*
- DJEDAA, N. ET GUERGUEB, N., 1996.** Caractérisation du réservoir TAGS du champ de Hamra à partir des diagraphies différées. *Mémoire d'ingéniorat d'état en géophysique, IST-USTHB, Alger.*
- HAMMACK, G.W., 1971.** Laterolog, Dresser Atlas, Wireline Services, *Petroleum Services Division, Dresser Industries Inc.,* printed in U.S.A.
- KHERFALLAH, K. ET ALLICHE, M., 1999.** Evaluation et interprétation des paramètres pétrophysiques du réservoir dolomitique (D2) du champ de Hassi R'Mel, *Mémoire d'ingéniorat d'état en géophysique, IST-USTHB, Alger.*
- MAYER, C. AND SIBBIT, A., 1980.** GLOBAL, A New Approach to Compute Processed Log Interpretation, paper SPE 9341 presented at the 1980 SPE Annual Technical Conference and Exhibition.
- QUIREIN, J.A. GARDNER, J.S. AND WATSON, J.T., 1982.** Conibind Natural Gamma Ray Spectral/Litho-Density Measurements Applied to Complex Lithologies, paper SPE 11143 presented at the SPE 57th Annual Meeting, New Orleans.
- SERRA, O., ALDWIN, J.L. AND QUIREIN, J.A., 1980.** Theory and Practical Application of Natural Gamma Ray Spectrometry, *Trans., SPWLA.*
- SCHLUMBERGER, 1989.** Log Interpretation Principles and Applications, *Schlumberger Educational Services, Houston.*
- SCHLUMBERGER, 1989.** Log Interpretation Charts, *Schlumberger Well Services, Houston.*
- WESTAWAY, P., HERTZOG, R. AND PLASIC, R.E., 1980.** The Gamma Spectrometer Tool, Inelastic and Capture Gamma Ray Spectroscopy for reservoir Analysis, paper SPE 9461 presented at the SPE 55th Annual Meeting, Dallas.