



Le remplissage sédimentaire du bassin de Timgad et aquifères potentiels (atlas saharien Algérien oriental)

Djaiz FOUAD^{1*}, Brinis NAFAA¹ et Marmi RAMDANE²

¹Laboratoire de mobilisation et de la gestion des ressources en eau (MGRE),
Université de Batna, Route de Biskra, 05 000 Batna, Algérie

²Laboratoire de Géologie et Environnement (LGE), Université de Constantine,
Mentouri, 025 000 Constantine, Algérie

* Correspondance, courriel : djaizfou@yahoo.fr

Résumé

Le bassin de Timgad, orienté suivant une direction sub-latitudinale, appartient à l'Atlas Saharien nord-oriental. Il est bordé au nord par Dj. Bou Arif-Dj. Fedjoudj-Dj. Tarf et au sud par les Monts des Aurès. Il comprend un substratum mésozoïque correspondant à une série marine grés-carbonatée, surmonté en discordance par des formations du Néogène. Ces derniers sont représentés essentiellement par des sédiments détritiques où dominent les dépôts silicoclastiques. La puissance de toute la série dépasse les 1000 mètres. Le contact, entre les deux séries lithostratigraphiques, mésozoïque et néogènes, est souligné par une discordance majeure marquée tantôt par des conglomérats polygéniques, tantôt par des niveaux calcaires souvent gréseux. Le Plio-Quaternaire, représenté surtout par des sédiments détritiques grossiers, surmonte en discordance les séries antérieures.

Du point de vue structurale, le bassin est affecté par une tectonique polyphasée qui l'a compartimenté en blocs dont les accidents transverses NW-SE et NE-SW sont nettement exprimés. La phase compressive, située à la limite pliocène-quaternaire, serait à l'origine du modelé du relief actuel. L'étude géophysique, consistant en l'exploitation des profils sismiques et des coupes géo électriques, a permis de mettre en évidence d'une part la géométrie profonde des différents accidents dans le bassin et les aquifères potentiels d'autre part. Une formation relativement résistante, correspond à un intervalle gréseux du Miocène, revêt un intérêt particulier sur le plan hydrogéologique.

Mots-clés : *bassin de Timgad, sédimentation, tectonique, géophysique, aquifères, Atlas saharien.*

Abstract

The sedimentary fill of the basin of Timgad and potential aquifers (atlas Algerian Sahara east)

The Basin of Timgad is located in the north-eastern Saharan Atlas. It is limited on the north by Dj Bouarif, Dj.Fedjoudj, Dj.Tarf and on the south by the Aures Mountains. It consists of a Mesozoic substratum corresponding to a series marine sandstone-carbonate, surmounted in discordance by Neogene formations. These formations are represented essentially by detritic sediments dominated by siliciclastics. The Neogene serie exceeds 1000 meters.

The contact between the two lithostratigraphic series: Mesozoic and Neogene is characterized by a major discordance marked sometimes by polygenic conglomerates and other times by calcareous levels often gritty. The Plio-Quaternary is especially represented by gross detritic sediments, and overcoming in discordance on the previous series. The basin is affected by a polyphase tectonic that partitioned it into blocks. These accidents are oriented NW-SE and NE-SW. The compressive phase, situated at the end of Pliocene-Quaternary is the cause of modeling the actual relief. The geophysical by using seismic and geo-electric sections, helped us to have information about the geometry of the various accident and potential aquifers.

Keywords : *basin of Timgad, sedimentation, tectonics and geophysics, aquifers, Sahara.*

1. Introduction

Le bassin de Timgad comprend des dépôts rattachées à des environnements variés caractérisant un milieu marin essentiellement à dominante marno-carbonatée crétacée apparaissant dans les massifs de Bou-Arif et Djebel Amrane et constituant le substratum. Ce bassin qui fait partie de l'Atlas Saharien orientale, se caractérise par une épaisse série détritique terrigène est à l'origine du contrôle des ressources minérales à intérêt économique (eau, hydrocarbures et matériaux de construction). Il représente un potentiel hydrique important. Géographiquement, le bassin de Timgad se trouve à l'Est de Batna dans le NE algérien (**Figure 1**). Il occupe une aire d'environ un millier de Km² orientée E-W. Cette région possédant un important potentiel agricole connaît depuis quelques années une activité urale intense avec l'élargissement de son périmètre d'irrigation. Hormis un barrage réalisé à l'amont (Koudiet Medouar), l'essentiel des besoins en eau proviennent et continueront de provenir des eaux souterraines. L'étude de la qualité de ces eaux est indispensable du fait que les enjeux liés à cette ressource sont énormes.

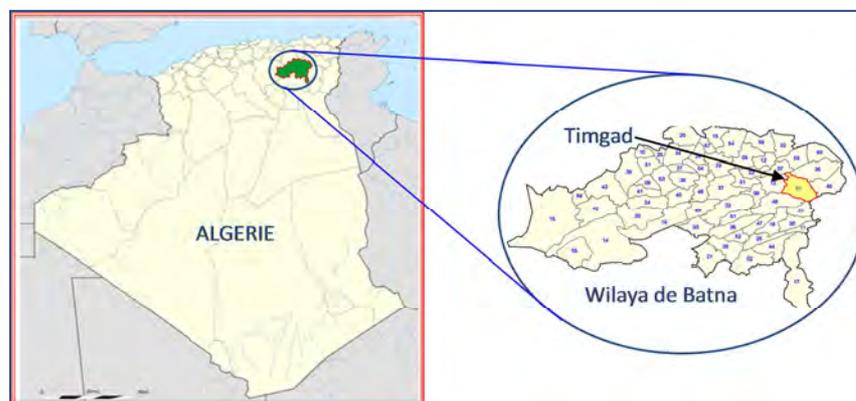


Figure 1 : *Situation du bassin de Timgad*

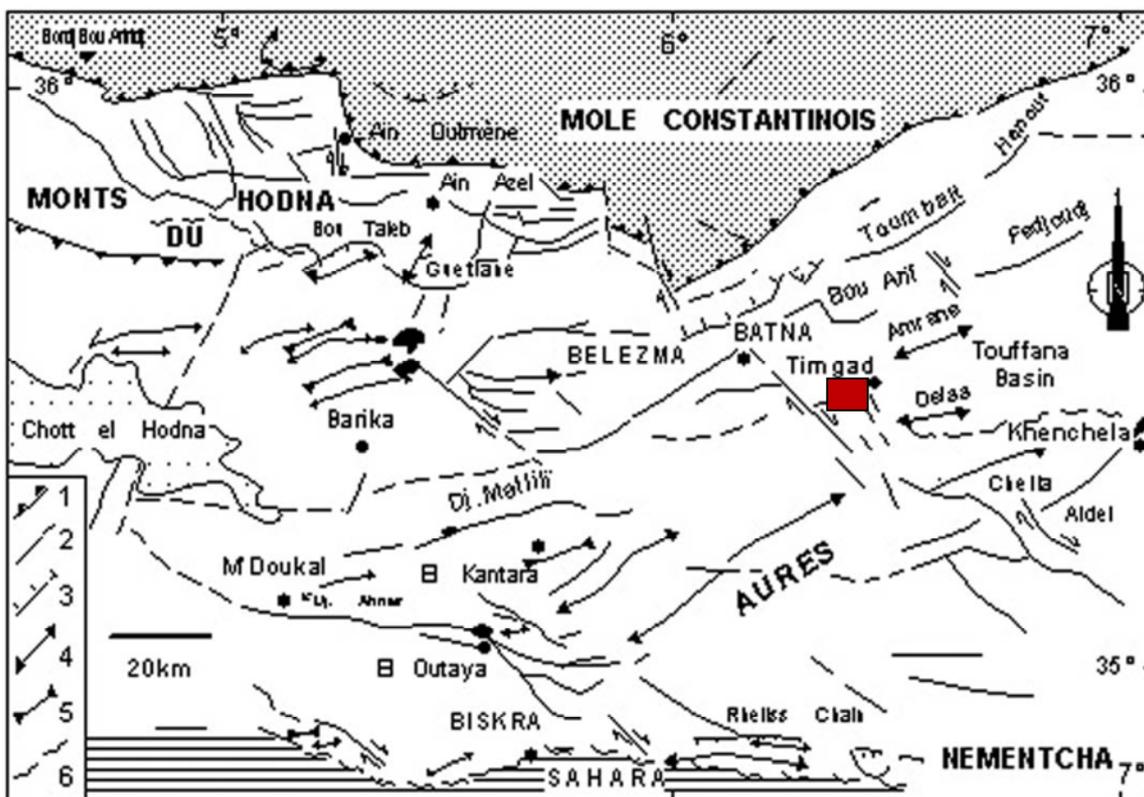
La région d'étude appartient à une zone semi-dont la moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 400 à 800 mm. L'hydrologie tribulaire du relief est la conséquence directe des eaux de surface et la fonte des neiges provenant des hauteurs du versant nord du massif de Chelia. Les travaux récents ont apporté plus d'information en appliquant des techniques nouvelles sur cette région d'Algérie Nord orientale en utilisant des moyens d'investigations plus appropriés. Les nouvelles techniques dans les sciences de la Terre ont permis l'émergence de nouvelles disciplines tels que la géophysique responsable de la résolution de beaucoup de problèmes en relation avec le développement durable.

Les monographies réalisées sur l'avant pays atlasique, par nos prédécesseurs, ont permis d'établir les grands traits de la géologie régionale et ont édifié les bases de la stratigraphie et de la tectonique des régions étudiées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Géologie

Le bassin de Timgad se trouve à la convergence du domaine pré-atlasique qui se caractérise par un style tectonique marqué par le chevauchement profond des massifs septentrionaux [1 - 3] Monts de Bélezma-Chaïnon de Bou Arif) et du domaine atlasique autochtone (Massif de l'Aurès) (**Figure 2**). Il est bien individualisé et bordé par des accidents diagonaux NE-SW et NW-SE, lui conférant une forme globalement losangique. Cette structuration est le résultat des différentes phases tectoniques du Mésozoïque et du Cénozoïque [4,5]



1, front de nappe; 2, faille; 3, faille inverse; 4, anticlinal; 5, synclinal; 6, flexure.

1, overlapping front; 2, fault; 3, reverse fault; 4, anticline; 5, syncline; 6, flexure.

■ Région étudiée

Figure 2 : Esquisse tectonique des Aurès et du Hodna (d'après Guiraud, 1977; Marmi, 2005)

Sur le plan stratigraphique, les formations néogènes du bassin de Timgad comprennent une série sédimentaire essentiellement terrigène. Elle repose en discordance sur les séries du Crétacé par le biais de niveaux détritiques le plus souvent grossiers [6 - 8].

Les affleurements de cette série sont souvent soulignés à la base par une alternance de niveaux gréseux et marneux (600-700 m), surmontés par des barres gréseuses à glauconies intensément fracturées (5-15m) datées du tortonien. Ces dernières sont fréquentes dans les régions de Koudiate Safia et Djebel Amrane) et les bordures Sud et Nord du bassin. La partie centrale du bassin est représentée par une puissante assise d'argiles grises datées du messinien, avec de rares niveaux gypseux à la fois parallèles et sécants à la stratification. Au sommet de cette série, dans le Douar de Sidi Mançar affleurent des argiles rouges de milieu oxydant avec des niveaux centimétriques de gypse fibreux interstratifiés. Ces dépôts gypsifères seraient en relation avec une intense évaporation qui s'est effectuée sous une faible tranche d'eau. Cette assise appauvrie en faune, d'une épaisseur de 500 à 800 m dans la partie centrale du bassin (Dj. Tagratine) est alignée suivant une direction globalement E-W [9].

La limite entre le tortonien et le messinien est cartographique. Le Plio-Quaternaire continental (Djebel Tagratine-Kef Lakhel), constitue une couverture discordante sur l'ensemble des formations antérieures. Il occupe les dépressions intra-montagneuses et parfois il culmine à de hautes altitudes. Les déformations tectoniques sont essentiellement compressives dont les plus importantes sont datées à la limite Aquitano-Burdigalien ($N40^{\circ}-50^{\circ}E$) [10] qui est associée à la transgression burdigalienne et post-Messinien de direction $N110^{\circ}-140^{\circ}E$. Ces dernières bien visible dans les bordures N, W et S du massif de l'Aurès [9] est responsable d'une nouvelle surrection accompagnée de plissement de direction E-W et probablement génératrice du chevauchement majeur à vergence sud. Le Néogène-Quaternaire marin et/ou continental, le plus souvent détritique présente des indices d'une tectonique récente [6]. L'analyse des populations de microfossiles relevées dans les barres gréseuses du Miocène supérieur fait apparaître aussi un épisode distensif qui se caractérise par une extension orientée globalement E-W.

2-2. Géophysique

L'identification des aquifères dans le bassin de Timgad ainsi que l'étude de leurs étendues, leurs géométries en profondeur et leurs prolongements en surface, nous a amené à la combinaison entre l'étude géologique, les résultats d'une campagne géophysique (méthode électrique) et les corrélations établies à partir de quelques logs de forages dans la région. La campagne géophysique des sondages électriques verticaux réalisée sur l'ensemble du bassin de Timgad par l'Entreprise Nationale de Géophysique (ENAGEO) [11] dont la ligne AB s'étend jusqu'à 4000 m avait comme objectif l'identification de la disposition lithologique des formations en sub-surface. En total plus de 280 sondages ont été réalisés et sont répartis sur 13 profils orientés NW-SE (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M). Les résultats de cette étude font apparaître des plissements, des accidents, des discontinuités exprimant des discordances angulaires et des lacunes stratigraphiques. L'ensemble de ces particularités structurales est en relation étroite avec les épisodes tectoniques alpins ayant affectés la région d'étude.

3. Résultats

3-1. Couplage géophysique-géologie

A partir de ces investigations, nous avons établi et réinterprété des coupes géo-électriques [12] correspondant aux profils A et M, orientées selon une direction NW-SE. La première à l'Ouest du bassin recoupant Djebel Tagratine (*Figure 3a*) montre une partie Nord effondrée formant probablement un graben constitué d'argiles de silt et de grés de faible résistivité (5-32 Ohm.m). Certains niveaux profonds gréseux non fissurés présentent des pertes partielles. La partie Sud soulevée par une faille normale est constitué par des grés fissurés de forte résistivité (690 ohm-m).

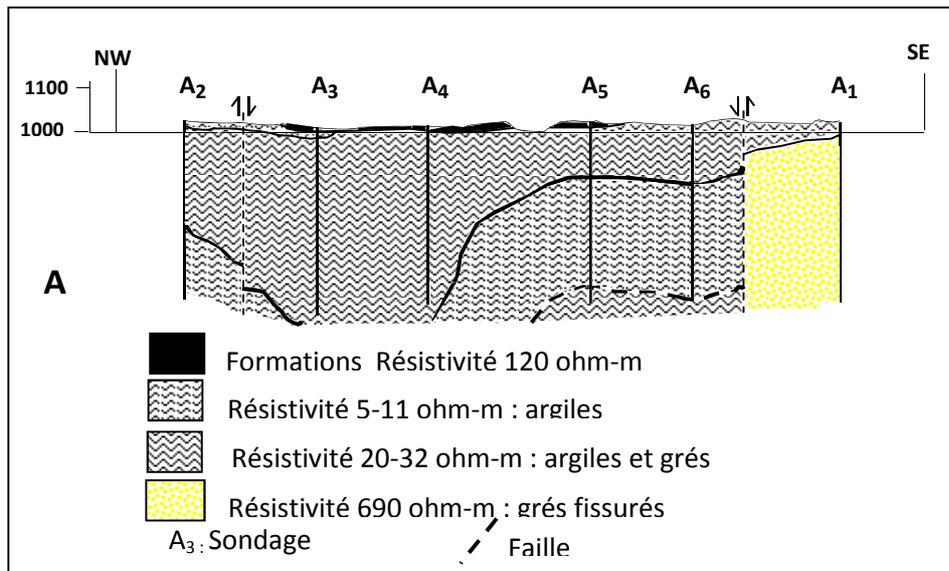


Figure 3a : Coupe géoelectrique

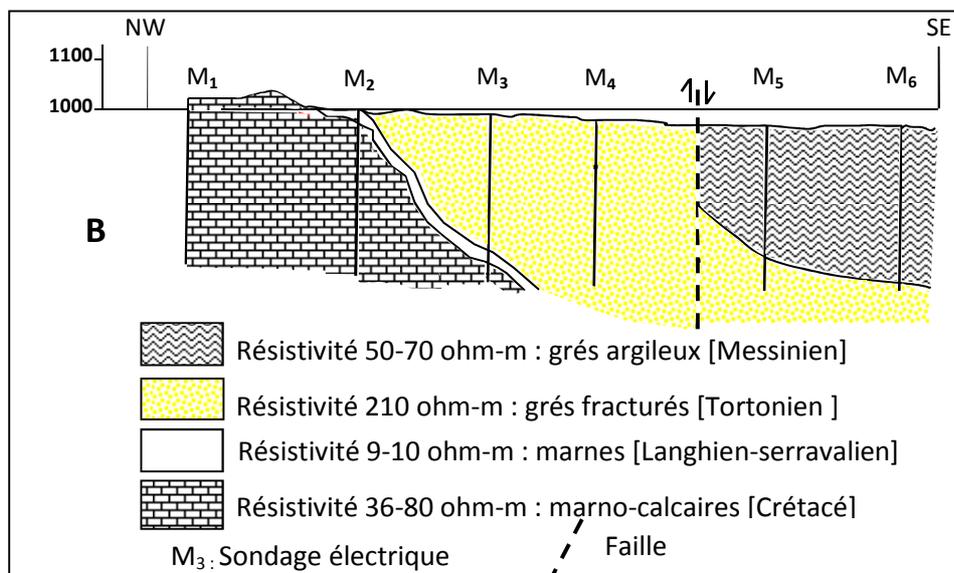


Figure 3b : Coupe géoelectrique

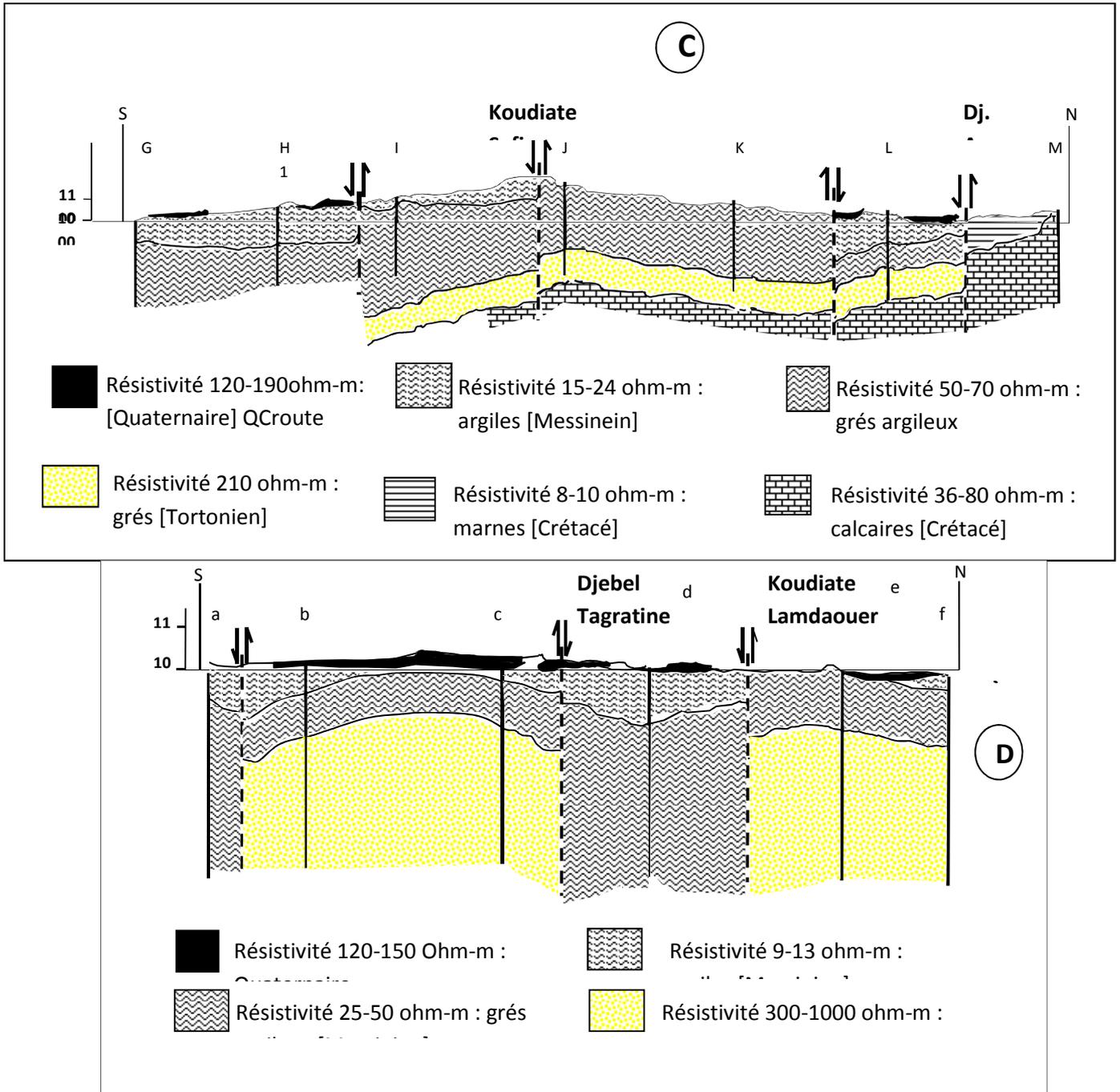
La seconde coupe située plus à l'Est, traversant l'extrémité sud de Djebel Amrane (**Figure 3b**) montre une structure plissée monoclinale recoupée par un accident, soulevant le substratum crétacé calcaire au nord et affaissant la partie néogène gréseuse au sud (210 Ohm-m).

Les deux coupes transversales effectuées dans le bassin et touchant la totalité des profils, (Coupe C : profils ; A,B,C,D,E,F et la coupe D : les profils ; G,H,I,J,K,L,M) montrent à la fois une structure en graben (**Figure 4d**) dont le cœur est formé essentiellement par l'effondrement des argiles à gypse sur les grés argileux (Dj. Tagratine), par contre à la périphérie les grés fissurés sont remontés vers le haut (Koudiate Lamdaouer). La coupe traversant les grés tortoniens (**Figure 4c**) montre une structure plissée tantôt positive tantôt négative affectée par des accidents. Le cœur argileux à grés argileux de cette forme est situé à Koudiate Safia, et le flanc NE essentiellement carbonaté est remonté par faille du côté de Djebel Amrane.

En conclusion, la synthèse géoélectriques montre que la série sédimentaire du bassin est caractérisée de haut en bas par :

- Une couverture quaternaire, superficielle, d'épaisseur variable de 20 à 150 m et de résistivité 120-190 Ohm.m.
- Une deuxième formation messinienne épaisse, formé à la fois d'argiles silteuses à lamelles de gypses et de bancs de grés de 40 à 70 Ohm.m.
- La troisième formation tortonienne est formée de l'association de marnes, de grés argileux et des barres gréseuses intensément fracturées et résistante, souvent seul le toit est atteint et non pas la base. Cette dernière montre des résistivités allant de 210 à 1000 Ohm.m.
- La périphérie nord du bassin (Dj. Amrane), montre un substratum marno-calcaire crétacé de résistivité allant de 36-80 Ohm.m (marnes) et 165 Ohm.m (calcaires). La géophysique laisse apparaître aussi des discontinuités géologiques suite à des accidents à rejets verticales.
- Les résultats de la prospection électrique montre une structure en graben dont les flancs sont redressés et faillés. Le cœur est constitué par des dépôts argilo-gréseux, dépassant par endroits des épaisseurs de 800 m. Ce dernier est encaissé par des barres gréseuses fracturées. Les flancs nord et sud sont constitués par des dépôts crétacé essentiellement marno-calcaires.

Hydro-géologiquement, les horizons susceptibles d'être de bon aquifères sont les alluvions quaternaires, les grés tortoniens et les calcaires crétacés. Les possibilités hydriques d'une formation sont d'autant plus importantes lorsque le degré de fissuration est élevé. Nous remarquons que les grés miocènes sont présents dans toutes les coupes tandis que les calcaires du crétacé ne sont atteints que sur les flancs nord, sud et ouest du bassin. Ces derniers sont soulevés à la faveur de failles normales comme c'est le cas de Marcouna et Lambez.



Figures 4c et d : Coupes géoélectriques

3-2. Etude des corrélations géologiques

Afin de vérifier les résultats des coupes géoélectriques établies dans le bassin de Timgad et d'évaluer les capacités hydriques réelles des horizons susceptibles d'être de bons aquifères, des forages de reconnaissances ont été réalisés un peu partout dans ce bassin. Pour cela nous avons établi une corrélation selon une direction E-W entre les différents sondages dont la profondeur varie entre 260 – 500 m (*Figure 5*).

Cette approche consiste à faire ressortir la disposition verticale et la géométrie des couches géologiques au niveau du bassin afin de déterminer d'éventuelle aquifères susceptibles d'être les générateurs du développement socio-économique de cette région.

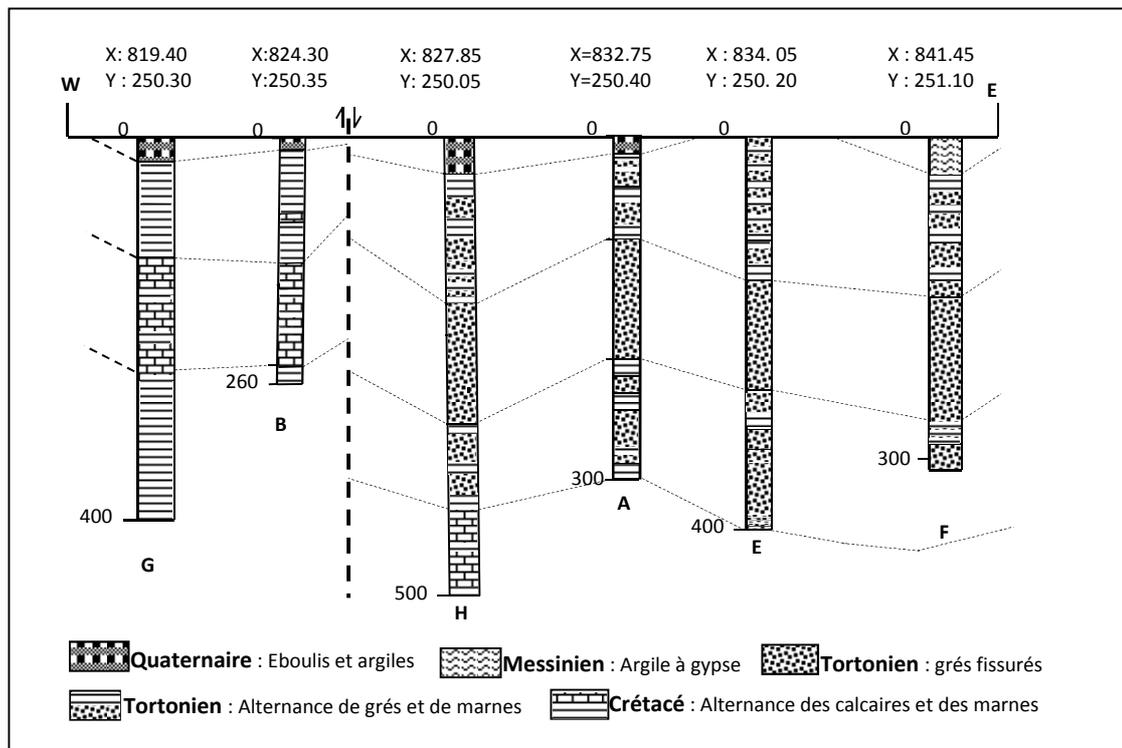


Figure 5 : Corrélation entre les sondages mécaniques E-W

Parmi les forages réalisés par différentes études dans des périodes assez espacées aux profits de la D.H.W de Batna, nous avons choisis Six alignés sur un profil E-W. Les interprétations de ces sondages établis par les différents auteurs montrent des différences dans la dénomination des termes lithologiques de la même formation provoquant ainsi un manque de compréhension lors de l'établissement de la synthèse géologique. Pour y remédier, Nous avons essayé d'harmoniser et d'unifier une même nomenclature tout en respectant les descriptions lithologiques des différentes roches observées en surface pour les confronter avec la synthèse géologique de la région. Les sondages F, E, A, H, B, G montrent à partir de l'étude corrélatrice la disposition lithologique suivante:

- Une couverture superficielle quaternaire (10-60 m) d'épaisseur constituée essentiellement de sables, argiles et graviers.
- Une alternance d'âge messinien (30 m) d'épaisseur formée des niveaux, de grés de silt et d'argiles englobant des lamelles de gypses,
- Une formation tortonienne assez épaisse qui peut aller au-delà de 400 m d'épaisseur et qui s'étale dans toute la partie centrale du bassin. Elle est subdivisée en trois parties, dont la partie centrale est constituée par des grés intensément fissurés soulignée par une perte totale des fluides, encaissés à la base et au sommet par des alternances de niveaux marneux et gréseux soulignés par des pertes partielles des fluides,
- Un substratum fissuré Crétacé Marno-calcaire dans la partie Ouest du bassin (400 m). Cet ensemble est soulevé du côté de Marcouna par une faille normale qui affaisse en même temps la partie Est formée essentiellement par des formations néogènes.

4. Discussion

Le couplage des résultats géophysiques (électriques), sondages mécaniques et travaux géologiques dans le bassin de Timgad est établi à partir de deux coupes géoélectriques transversales de direction NE-SW touchant une partie du bassin (**Figure 4c et d**), deux coupes géoélectriques de direction NW-SE (**Figure 3a et b**) et Six sondages orientés E-W (**Figure 5**). L'examen de l'ensemble de ces données permet d'aboutir à ces constatations :

- Le bassin de Timgad correspond à un graben dont la partie centrale est constituée par des formations du Messinien (800 m) et la périphérie par un substratum fracturé tortonien.
- L'activité tectonique laisse apparaître un substratum crétacé marno-calcaire au même niveau que la couverture néogène détritique.
- Les limites du bassin au nord et à l'ouest laissent apparaître un substratum crétacé fortement soulevé (Marcouna, Dj. Amrane).
- Le remplissage est formé en plus de la mince couverture quaternaire relativement conductrice de trois formations dont :
 - Les deux premières formations présentent de faibles résistivités et qui représentent le messinien argileux et le tortonien supérieur constitué de niveaux marneux et gréseux.
 - La troisième formation relativement résistante correspond au tortonien gréseux intensément fracturé, encaissé à la base et au sommet par des marnes imperméables. Ce niveau peut être intéressant sur le plan hydrogéologique.
 - La troisième formation correspondant au crétacé visible dans la périphérie du bassin et profond dans sa partie centrale.

Suite à ces observations, il s'avère qu'il y'a une continuité entre les formations géologiques profondes mises en évidences par les différentes méthodes indirectes et les mêmes formations observées en surfaces. La synthèse de la combinaison géologie-géophysique-Sondage du remplissage (miocène-Quaternaire) est reportée dans le **Tableau 1** suivant :

Tableau 1 : La synthèse de la combinaison géologie-géophysique-Sondage du remplissage

	Agés	formations	Résistivité (Ohm.m)	Observations
Quater-naire	Quaternaire	Glacis polygénique et graviers	22-730	Bon aquifère (<i>risque de pollution</i>)
Miocène	Messinien	Alternance d'argile et de grés avec du gypse	18-87	Aquifère médiocre
	Tortonien	Alternance de marnes et de grés silteux	18-93	Aquifère médiocre
		Grés fracturés	210-1000	Très Bon Aquifère
	Langhien-Serravalien	Alternance marno-calcaires	50	Aquifère médiocre
Cré-tacé	Crétacé	Alternance marno-calcaires	36-80	Bon Aquifère

5. Conclusion

L'épaisseur des formations tertiaires dans le bassin de Timgad est considérable, soulignant ainsi le caractère subsident du bassin et l'importance du colmatage de ce dernier. Cette épaisseur est mise en évidence par les différents sondages effectués dans la région au profit des différents opérateurs économiques. L'interprétation des données de subsurfaces donne un aperçu sur la chronologie des événements, la relation entre les structures plicatiles et les différents accidents qui les affectent. Ainsi, il apparaît clairement que l'association du plissement-chevauchement post-miocène ne fait aucun doute. Les données de la géophysique mettent en évidence la géométrie des structures profonde et des différents accidents et révèle une relation sédimentation-tectonique dans le bassin. L'ensemble de ces particularités structurales est en relation étroite avec les épisodes tectoniques ayant affecté la région d'étude. L'examen de l'ensemble des coupes géo électriques nous permet d'aboutir aux faits que les formations du miocène et du crétacé sont dont l'ensemble, épais, hétérogène et susceptible de contenir de grandes potentialités d'aquifères à des niveaux différents.

La faible différence d'altitude entre le crétacé et le miocène, et leur contact par faille peut supposer une éventuelle alimentation de l'aquifère miocène par celle du crétacé. Les sondages traversant le Miocène et le Crétacé décèlent une disposition lithologique dont les couches sont dans l'ensemble gréseuses, marneuses et argileuses avec des niveaux feuilletés de gypse. Les niveaux susceptibles de représenter des aquifères productifs sont : - La couverture quaternaire formée de sables et de graviers d'une épaisseur de 30 m, mais de moindre importance du faite qu'elle est souvent associée à une éventuelle pollution, - Un deuxième aquifère potentiel ou on signale une perte totale représenté par les grés fissurés, - Le substratum marno-calcaire à la périphérie du bassin.

Références

- [1] - R. LAFFITE— Subsidence et mouvements orogéniques dans l'Aurès (Algérie). C. R. Soc. géol. Fr., 5 (1936) p. 77-79.
- [2] - J.-M. VILA— La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doctorat ès Sciences Nat., Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 2 tomes, 7 pl. h. t, 40 pl ; ph. H.t. (1980) 665 p., (roniotypée).
- [3] - H.GHANDRICHE (1991) — Modalités de la superposition de structures de plissement chevauchement d'âge alpin dans les Aurès (Algérie). Thèse de l'Université de Paris-Sud, centre d'Orsay, 189 p., 68 fig., 6 pl. h. —t.
- [4] - R. GUIRAUD (1968) — Le plio-quaternaire du bassin du Hodna (Algérie du Nord). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 267, série D, p. 561-564.
- [5] - D. BUREAU (1986) — Approche sédimentaire de la dynamique structurale : Evolution mésozoïque et devenir orogénique de la partie septentrionale du fossé saharien (Sud- Ouest constantinois et Aurès, Algérie). Thèse Doct. ès sci., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 2 vol., Ire partie 441 p., 1 pl. h.t. Annexe 338 p
- [6] - R.MARMI (1995) — Les Bassins continentaux de l'Avant pays de la Chaîne alpine nord-orientale. Etude stratigraphique, sédimentaire, structurale et géochimique. Thèse de Doctorat, Université de Nancy. 240 p.; 53 fig.; 12 pl.; 10 tab.
- [7] - M.HARKAT (2000) — Sédimentation, Paléogéographie et paléo-structure et le modèle des Aurès.
- [8] - F.DJAIZ (2011) - Le Bassin néogène de Timgad : Etudes Sédimentaire et Tectonique Algérie nord-orientale). Thèse de doctorat en sciences. Université de Constantine, 260 p. ; 82 fig. ; 17 pl. ; 2 tab.

- [9] - R. LAFFITE (1939) – Etude de géologie de l'Aurès. Doctorat ès Sciences Paris, Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 1re série, n° 15, 484 p., 26 fig., 35 cartes, 1 carte au 1/200 000° h.t.
- [10] - L . LESSARD (1957): Note sur l'hydrogéologie des bassins fermés du Constantinois (Bassins sétifiens et bassins du Sud de Constantine). Pub. XX Sess. Congr. Géol. Int. Mexico. Sec. 4, 327-348.
- [11] - ENAGEO, (1993) : rapport d'étude géophysique sur le bassin de Timgad par la méthode de sondage électrique.
- [12] - F. DJAIZ, N. BRINIS, A. INAL, (2008) : Projet CNEPRU: Etude géologique du bassin de Timgad et son impact socio-économique. Dpt des sciences de la terre Université de Batna sous le code/ G : 0501/01/06.