

Potentialités en énergie géothermique du bassin du Tadla, Plateau des phosphates et Tassaout aval Application à l'aquifère profond du Turonien(Crétacé)

A. BOUKDIR¹, A. EL MAHBOUL², H. EL FJJI¹, V.R. EKOUELE MBAKI

1 : Université Sultan My Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal, Maroc

2 : Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er R'Bia, Béni Mellal, Maroc

1 : ahboukdir@yahoo.fr, 2 : a_elmahboul@yahoo.fr

3 : haelfjji@yahoo.fr 4 : ekouele_2@yahoo.fr

Résumé

Certains forages exécutés dans les calcaires turoniens du bassin du Tadla ont donné des températures anormalement élevées. Les gradients géothermiques correspondants sont souvent supérieurs à la moyenne régionale.

Le présent travail est consacré particulièrement à l'étude thermique du réservoir profond représenté par les calcaires turoniens. Les températures utilisées dans cette étude sont celles mesurées aux émergences elles-mêmes (sources) ou aux moments des pompages (forages et puits).

L'analyse de ces températures a conduit aux résultats suivants :

- Les eaux du Turonien se divisent en deux grandes provinces :
- une, hypotherminale à température comprise entre 20 et 34°C ;
- l'autre, mésothermale à température comprise entre 34 et 46°C.
- L'évolution spatiale de ces températures a montré une augmentation des valeurs généralement du nord vers le sud suivant le sens de l'écoulement des eaux du Turonien ;
- Les valeurs du gradient géothermique régional obtenues sont de l'ordre de 2,2 à 3, 4°C/100m;
- Les gradients géothermiques apparents des forages ont permis de dresser une carte du gradient géothermique dans la région dont les valeurs moyennes sont comprises entre 2 et 4°C par 100 mètres de profondeur. Les faibles valeurs de gradient sont celles des forages placés à proximité des zones d'affleurements du Turonien (zone de recharge). Dans la région de Béni Mellal où le Turonien est très profond, les températures faibles (30°C) obtenues ont été expliquées par un apport d'eau froide à partir des formations allasiques (contact anormal). Au contraire, les fortes valeurs de température ont été constatées dans les forages exécutés à proximité des failles de Fkih Ben Salah el d'El Borouj.

Mots clés : températures, gradient géothermique, aquifère du Turonien, Tadla, plateau des phosphates, Tassaout aval, Maroc.

I. Introduction

Les calcaires du Turonien forment la cible hydrogéologique la plus profonde du bassin du Tadla. Ce travail porte sur son aspect géothermique, En effet, suite aux anomalies de températures constatées dans certains forages turoniens, il nous a paru intéressant d'étudier la répartition et l'évolution de la température dans cet aquifère.

Les premières données de températures souvent utilisées dans les études thermiques des aquifères sont les températures des eaux mesurées aux émergences (cas des sources) ou aux moments des pompages (cas des forages et puits).

II. FORAGES DE MESURES DES TEMPERATURES

Parmi les forages hydrogéologiques exécutés dans le secteur d'étude, un grand nombre (fig.1) a été effectué sur les calcaires du Turonien suite à l'intérêt économique et à l'importance qu'il présente. Les températures utilisées sont d'une part celles que l'on a mesurées sur 50 forages.

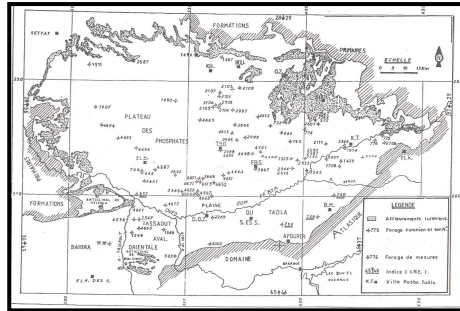


Fig. 1 : Carte de situation des forages de mesures thermiques

III. CLASSIFICATION THERMIQUES DES EAUX TURONIENNES

Compte tenu de la multitude des températures aux émergences turoniennes disponibles, il s'est avéré intéressant de procéder à un traitement statistique, non pas pour dégager les caractéristiques à tendances centrales, mais plutôt pour dégager les groupes hydrothermaux et essayer de voir leur répartition géographique dans le bassin d'étude. Il en ressort que les eaux turoniennes du Tadla se divisent en deux grandes provinces :

- Une, hypothermale à température comprise entre 20 et 34°C, représentée par 65% des forages ;
- L'autre, mésothermale à température allant de 34 à 46°C, représentée seulement par 35% des forages.

Le groupe hypothermal est représenté par les forages se situant généralement dans la partie libre du Turonien, par les sources Tassaout aval et Kaïcher et par quelques forages captants le Turonien dans sa partie captive relativement moins profonde. Quant aux eaux mésothermales, elles sont représentées par les forages situés dans la partie captive plus profonde limitée par la ligne joignant El Borouj, Fkih Ben Salah et Kasba-Tadla.

IV. EVOLUTION SPATIALE DES TEMPERATURES DU TURONIEN

Afin de cerner la répartition géographique de ces anomalies thermiques déduites de ces températures et d'esquisser un modèle de fonctionnement thermique et hydrogéologique de l'aquifère du Turonien, nous proposons de suivre l'évolution de ces températures sur tout le bassin, En se basant sur le nombre et la répartition des points de mesures, nous avons pu tracer la première carte de ce genre (fig. 3) donnant les lignes d'isothermes moyennes du Turonien. Cette carte fait apparaître une évolution suivant une direction sensiblement nord-est ; les températures les plus élevées étant situées au sud. L'analyse de cette carte permet de visualiser l'existence d'anomalies de températures qui sont soit positives soit négatives :

- L'anomalie négative de Oued Zem constitue l'exemple concret montrant l'effet des infiltrations d'eaux froides sur les températures souterraines (zone de recharge). Donc l'hypothèse d'une zone de recharge importante aux affleurements turoniens de Oued Zem- Boujaad est parfaitement justifiée ; elle se confirme aussi par les données piézométriques et chimiques ;
- L'anomalie positive constatée au nord de Béni-Mellal autour du forage 740/37 est directement liée à un enfouissement important du Turonien dans cette zone (800 mètres au forage 740/37).
- La zone centrale où on note une anomalie positive très grande correspond à une zone d'enfouissement maximal.

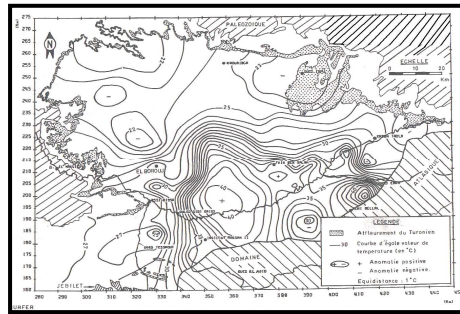


Fig. 2 : Carte d'isothermes aux émergences du Turonien

V. ETUDE DES GRADIENTS GEOTHERMIQUES

Grâce à ces indications de températures aux émergences du Turonien, nous avons calculé le gradient géothermique apparent pour chaque forage. Les calculs ont été faits à l'aide de la formule suivante :

$$G_a = (T_z - T_o) Z * 100 \quad (1)$$

G_a : représente le gradient géothermique apparent (en °C/100 m) ;

T_z : température à l'émergence du Turonien (en °C) ;

Z : la profondeur moyenne du Turonien (égale à la profondeur du toit + celle du mur / 2) ;

T_o : la température en surface ($Z = 0$) calculée à l'aide de la formule $T_{oz} = -0,00424 * Z + 21,74$ avec Z c'est l'altitude du forage par rapport au sol.

En se basant sur ces données et sur la bonne répartition géographique des ouvrages prospectés, une carte des gradients apparents a été tracée (fig. 3). L'objectif essentiel était de mettre en évidence les traits généraux de la distribution des gradients géothermiques apparents,

Contrairement à la carte des températures aux émergences, cette carte montre une diminution des gradients du nord vers le sud avec individualisation d'un grand nombre d'anomalies à la fois positives et négatives. C'est ainsi qu'on a pu distinguer cinq zones thermiquement différentes :

- La zone située aux pieds de l'Atlas où les valeurs faibles des gradients ont été expliquées par une alimentation probable du Turonien à partir des formations atlasiques ;
- Celle située à proximité des affleurements turoniens (secteur nord-est) où les gradients obtenus sont les plus élevés ;
- Celle située au nord d'El Borouj où les températures faibles de 20 à 23°C mesurées aux forages 4694, 4695 et 4696/36 pour des profondeurs moyennes du Turonien de l'ordre de 150 à 170 m suggèrent un mélange avec des eaux froides à cet endroit ;
- Dans la Tassaout aval, les valeurs des gradients obtenues même s'elles sont peu élevées ont montré une anomalie négative par comparaison aux valeurs énormément élevées constatées au nord de cette zone ;
- Au point de confluence Oum R'Bia - Tassaout, les valeurs élevées sont expliquées par le fait que cette zone constitue l'exutoire principal de la nappe turonienne.

A signaler, qu'une anomalie de température ne correspondrait pas forcément à une anomalie de gradient puisque ce dernier tient compte de la profondeur d'où vient l'eau.

VI. EXPLOITATION DES RESULTATS

Une fois calculé, le gradient géothermique apparent pour chaque ouvrage, il est donc facile d'estimer la température moyenne en tout point de cet ouvrage. En effet, afin d'avoir une idée sur les températures souterraines à certaines profondeurs, particulièrement au toit de l'aquifère du Turonien, la carte de la figure 4 a été tracée par simple superposition de la carte d'isobathes avec celle du gradient (fig.3). En effet, l'intersection d'une courbe isobathe (P_i) et d'une courbe du gradient (G_i) donne la température (T_i) en ce point i suivant la relation :

$$T_i = G_i * P_i + T_o \quad (2)$$

Où T_o représente la température à l'origine au lieu considéré.

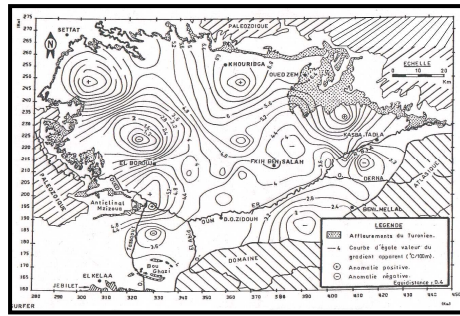


Fig. 3 : Carte d'évaluation des gradients apparents

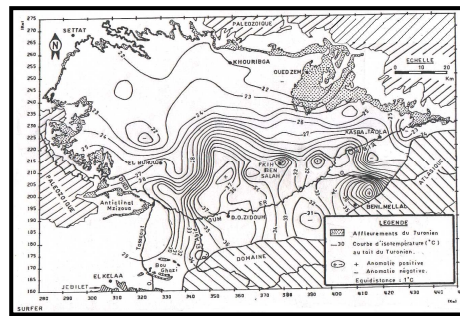


Fig. 4 : Carte des températures au toit du Turonien

D'après cette carte, les températures les plus élevées correspondent bien aux zones les plus profondes et possèdent des températures des eaux turoniennes les plus élevées. Signalons à cet effet les zones de Béni-Mellal, Dar Oulad Zidouh et le Sud-Ouest de Fkih Ben Salah où les températures ont montré des valeurs élevées.

CONCLUSION

L'approche hydrogéothermique, basée sur les données de températures mesurées aux émergences des eaux turoniennes, nous a permis d'étudier l'évolution thermique et d'esquisser un modèle du fonctionnement de cet aquifère profond. Suivant ce modèle, cet aquifère s'alimenterait par ses affleurements au nord et NE (Plateau des phosphates), au sud de la Tassaout aval (anticlinal Bou Ghazi) et au NW de celle-ci (anticlinal Mzizoua) où les températures mesurées sont les plus basses. En s'écoulant vers le centre du bassin, ces eaux acquièrent les températures de plus en plus élevées particulièrement dans le nord de Dar Oulad Zidouh et la zone sud de Béni Mellal où les valeurs mesurées sont respectivement de l'ordre de 43 et 47°C pour les profondeurs de 400 et 900m.

Ainsi, la zone de Dar Zidouh s'est révélée être une zone de convergence et de décharge des eaux turoniennes, elle se confirme par le modèle de fonctionnement précédent qui satisfait d'autres paramètres que la température tels que la piézométrie et la chimie.

Cette étude a aussi permis de classer cet aquifère sur le plan ressources thermique (hypothermal (65%) à mésothermal (35%) et de dégager les zones thermiquement les plus potentielles, notamment celles de Dar Oulad Zidouh et d'El Brouj où les températures des eaux dépassent largement 35°C.

REFERENCES

A. Boukdir : Contribution à l'étude géothermique du bassin du Tadla, Plateau des phosphates et Tassaout aval. Application au réservoir calcaire du Turonien (Crétacé). Thèse de 3ème cycle, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc (1994).

C.A.G. : Etude par prospection électrique dans la Bahira orientale (mai-sep. 1966), O.M.V.A., 15p (1966).

Es. Dirhami: Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrogéochimique de la Plaine de Tassaout avale : Bahira orientale. Thèse 3ème cycle, Fac. Scien, Marr. Maroc (1990).

G. Castany: Traité pratique des eaux souterraines. Ed. Dunod, Paris, vol. 1, chap. 23, pp. 588-643 (1967).

H. Schoeller: La température des eaux souterraines, Trav. Lab, géol. Fac. Sci. Univ. Bordeaux. t.1, n° 1, 181 p (1949).

J. Goquel: La géothermie, Paris, Doin, Editeurs (1975).

L. Bahi : Contribution à l'étude des transferts thermiques dans le domaine Vosgien. Thèse d'état. Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, France (1985).

M. Danis, J.J. Royer & Demassieux : Interprétation d'une anomalie géothermique et géothermique dans la région de Vittel - Contrexeville (Vosges), Hydrogéologie, géol. Ing. 3, pp. 305-315 (1984).

M. Garnier: Données et statistiques sur les températures dans le sol en France, Ed. Ministère des transports. Direction de la Météorologie, Boulogne - Billaucourt, France, 189p (1982).