



Evaluation du potentiel géothermique dans la région de Ghardaïa

N. Chenini ¹, S. Chabou ²

¹Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables

BP: 88 Gart Taam Z.I Bounoura Ghardaïa, Algérie

chenini_nadir@uraer.dz

²Ecole Nationale polytechnique d'Alger

Avenue Hacén Badi El Harrach – Alger, Algérie

salicha@yahoo.fr

Résumé – L'orientation de l'Etat vers les énergies non-polluantes afin de minimiser les impacts environnementaux et l'existence des nappes aquifères sahariennes, nous a conduit vers l'énergie géothermique. Son principe est de récupérer la chaleur présente dans les sols pour l'utiliser sous forme de chauffage où pour la transformer en électricité. L'objectif de ce travail est l'évaluation du potentiel géothermique dans la région de Ghardaïa, à fin d'obtenir la variation de température avec la profondeur (le gradient géothermique) de la région. Cette étude est basée sur les résultats obtenus dans les régions voisines où les données de nombreux forages pétroliers existent, notamment dans les régions d'Ouargla (Hassi Messaoud) et de Laghouat (Hassi R'Mel).

Mots clés- Géothermique, environnementaux, température, Ghardaïa, forage pétrolier.

I. INTRODUCTION :

La région d'étude se situe dans le sud algérien, plus exactement au centre du Sahara septentrional. Elle renferme d'importantes réserves d'eau souterraines dont les deux principales nappes sont : la nappe du Continental Intercalaire et la nappe du complexe terminal du Sahara septentrional. Ces eaux souterraines jouent un rôle très important en ce qui concerne la géothermie.

Les données des forages pétroliers dans le territoire saharien indiquent bien qu'il existe un gradient géothermique important, qui est de 4 °C/100 m en moyenne. La chaleur arrive lentement par le manteau jusqu'à l'écorce terrestre, où à certains endroits, elle peut être facilement récupérée, ce n'est que lorsque le magma se trouve près de la surface que les frais de forage permettent la rentabilité de la récupération de la chaleur terrestre. C'est pourquoi on doit présenter une carte de courbes d'égaux valeurs de gradient géothermique de la région de Ghardaïa.

II. METHODOLOGIE :

La première étape de notre travail s'est orientée vers une étude bibliographique afin de fournir des informations géologiques et hydrogéologiques de la région.

Après cette étude bibliographique, notre objectif est de présenter la variation de température avec la profondeur (le gradient géothermique) à différentes localités de la région.

La wilaya de Ghardaïa se situe au Centre du Sahara Septentrional, elle est limitée (figure 1):

- ◆ Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa ;
- ◆ Au Sud par la wilaya de Tamenrasset ;
- ◆ A l'Est par la wilaya d'Ouargla ;
- ◆ A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayadh.



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

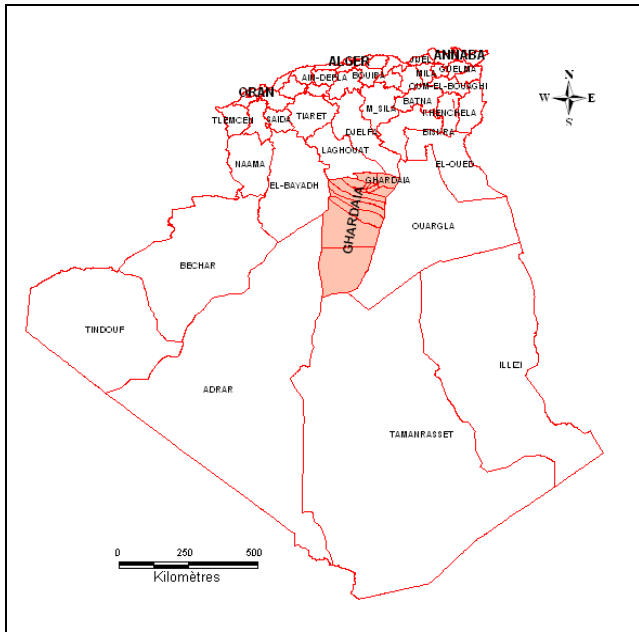


Fig.1 Situation géographique de la région d'étude [1].

A. Aspect climatique:

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars), une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. Nous enregistrons une moyenne annuelle de 25°C, avec une évaporation de l'ordre de 2000 mm par an et une faible hauteur de pluies avec une moyenne de précipitations de 60 mm/an (figure 2 et 3) [1].

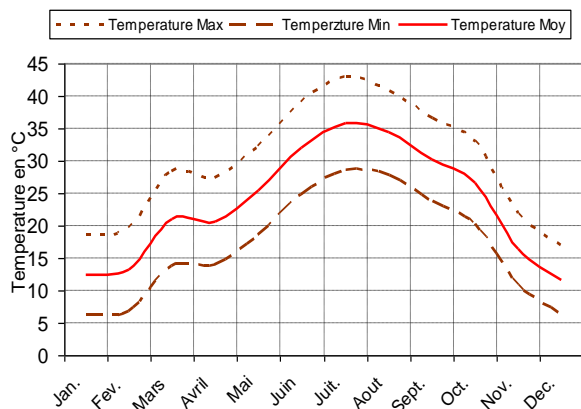


Fig.2 Variations mensuelles de la température.

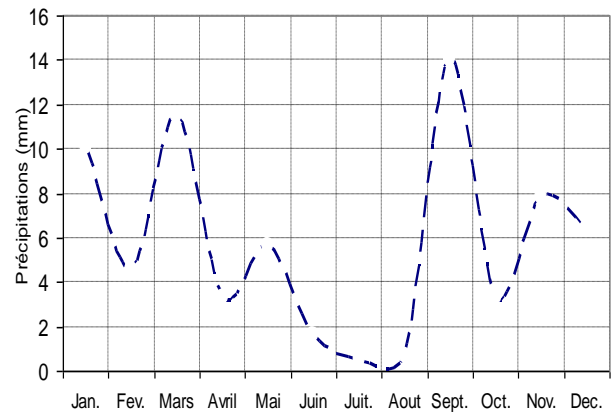


Fig.3 Précipitations mensuelles (mm) -Station de Ghardaïa -

B. Aspect géologique et hydrogéologique:

La détermination de la température en profondeur du sous-sol nécessite la connaissance de la nature de ce dernier.

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment " la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ces massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres.

Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins de grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres [1].

Du point de vue hydrogéologique, La région d'étude englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (dite Albien) et le Complexe Terminal (figure 4).

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grès-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m. L'alimentation de cette nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique.



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Selon l'altitude de la zone d'étude et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, elle est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Menia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia),

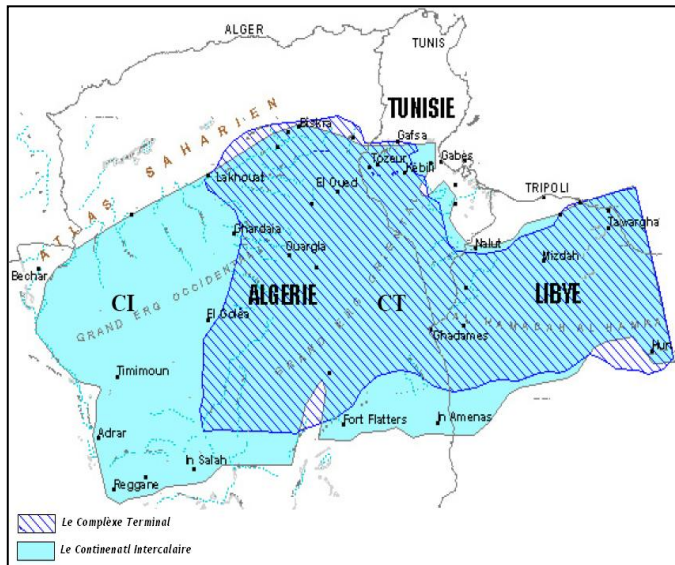


Fig. 4 : Situation géographique des deux nappes aquifères le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal [2].

La wilaya de Ghardaïa a connu une évolution rapide du nombre des forages captant la nappe Albienne. Le nombre était de 288 forages en 1999, il est passé à 292 en 2002, 345 en 2005, pour atteindre les 565 forages en 2011[1].

C. Problématique :

Vu l'indisponibilité des données de la température de sous-sol pour la région de Ghardaïa, nous avons utilisé les données des régions adjacentes où existent des forages pétroliers profonds (figure 5).

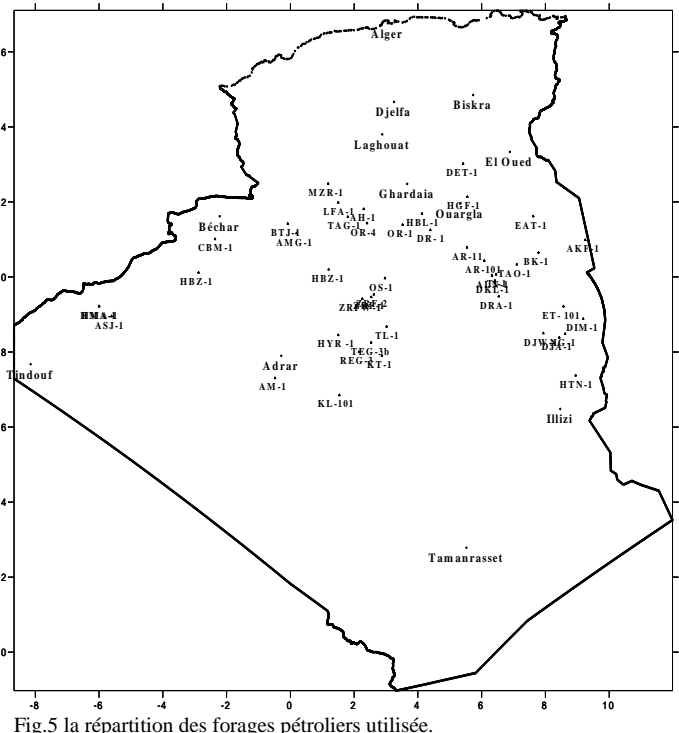


Fig.5 la répartition des forages pétroliers utilisée.

III. LE GRADIENT GÉOTHERMIQUE :

Le gradient géothermique est la variation de la température avec la profondeur dans un forage, d'après les données des forages pétroliers nous constatons que la température augmente quand on s'enfonce dans le sous sol [3].

Le gradient géothermique observé dans la croûte continentale varie largement d'un endroit à un autre, bien que la valeur normale soit de l'ordre de 3°C/100 m, néanmoins certaines régions enregistrent plus de 100°C/100m comme à Larderello en Italie ; alors que d'autres ne dépassent pas 1°C/100 m comme à Padoue.

Nous avons établie une carte de gradient géothermique (figure 6), qui est l'étape la plus importante en géothermie. Elle montre la variation de la température en fonction de la profondeur en chaque point de la région d'étude.

Les données utilisées pour l'établissement de la carte du gradient et du flux de chaleur sont les données des forages pétroliers.

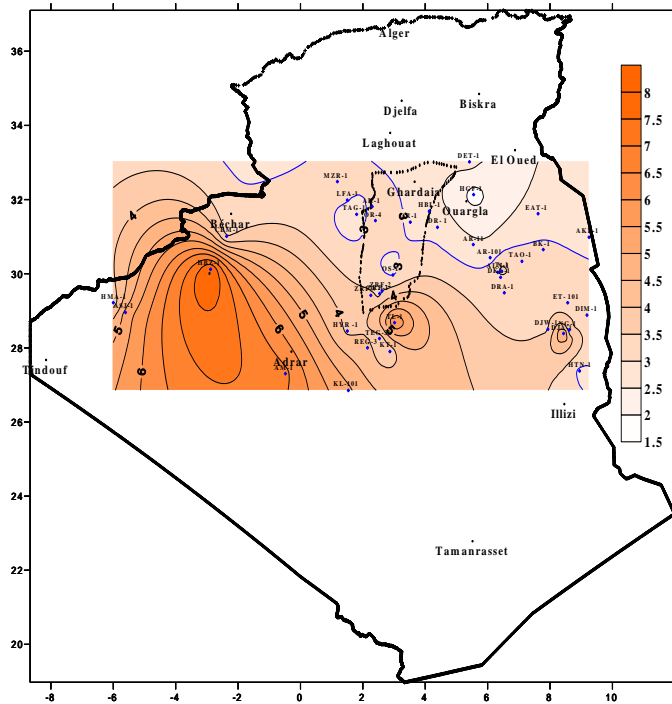


Fig 6. Carte du gradient géothermique.

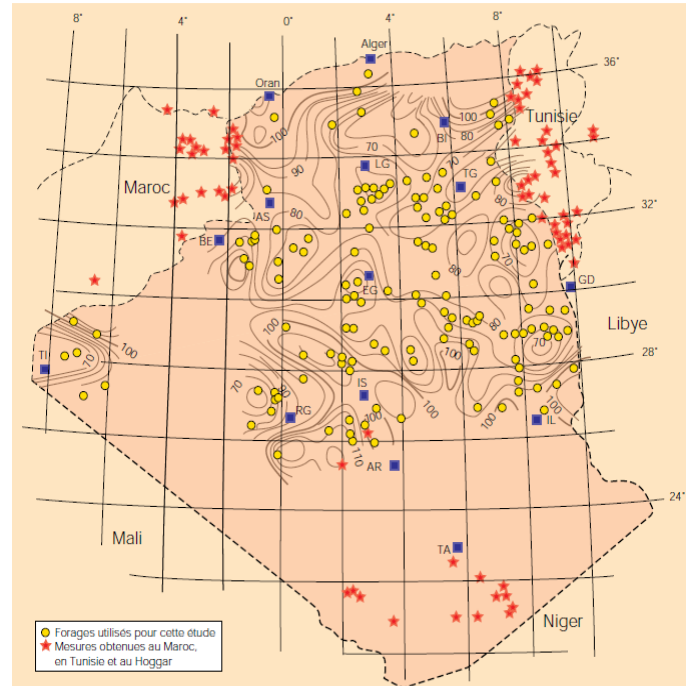


Fig 7. Carte du flux de chaleur de l'Algérie [5].

IV. FLUX DE CHALEUR :

Il est connu depuis longtemps que l'état thermique d'une région est en étroite relation avec les phénomènes géodynamiques qui affectent celle-ci ou l'ont affectée. Cet état thermique peut être étudié avec l'analyse du niveau et des variations du flux de chaleur à la surface de la terre.

Une étude récente de ces variations sur l'ensemble de l'Algérie a montré l'existence, au Nord du massif du Hoggar, d'un important niveau du flux de chaleur (en moyenne 82 ± 19 mW/m²), illustré sur la figure 7. L'étude a aussi trouvé des variations très significatives définissant des anomalies thermiques, centrées notamment sur les régions d'Illizi à l'Est, In Salah au centre et Tindouf à l'Ouest. Au niveau de ces anomalies, le flux de chaleur atteint la valeur de 120 mW/m².

Le flux mesure la quantité de chaleur qui s'échappe de la surface de la Terre. Les transferts thermiques s'opèrent par conduction, par convection et/ou par rayonnement. Dans un transfert uniquement par conduction, qui est le processus le plus important dans le cas qui nous intéresse, le flux de chaleur est défini comme le produit: $Q = -k \text{ grad}T$ où k représente la conductivité thermique et $\text{grad}T$ le gradient de température [5].

V. RESULTAT ET DISCUSSION

Le Sahara algérien présente dans son ensemble un gradient géothermique moyen de l'ordre de $4^\circ\text{C}/100$ m. Dans la partie Est, le gradient géothermique moyen est de $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ y compris la région d'étude (Ghardaïa). Cette énergie géothermique possède de multiples utilisations (chauffage urbain, pisciculture et électricité)

Nous avons utilisé dans ce travail les données des forages pétroliers profonds et les données des forages hydrauliques de la région d'étude.

Une forte anomalie géothermique est bien mise en évidence dans la partie occidentale du Sahara dans les régions de Béni Abbes (Wilaya de Bécharr) de l'ordre de $8^\circ\text{C}/100$ m, et In Sallah (Wilaya de Tamanrasset) de $6.1^\circ\text{C}/100$ m.

La figure 6 montre que le gradient géothermique fluctue entre $2.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ et $4.5^\circ\text{C}/100\text{m}$. Il est de $2.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ dans l'Est de la région (Guerrara et Zelfana), $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ dans le centre (Ghardaïa, Metlili, Berriane, Hassi Fehal, Mansoura, Sebseb), $4.5^\circ\text{C}/100$ dans le Sud (El Meniaa). Cette variation est probablement à cause de l'existence de deux nappes aquifères (profondes et épaisses), ces derniers sont à l'origine de plusieurs sources thermales dont la température dépasse 40°C .



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



On remarque que dans la région où le gradient est de 2.5 °C/100 m, la nappe Continental Intercalaire est plus profond (dépassé 1100 mètres) et d'épaisseur plus importante (dépassent 1 km) que dans la région où le gradient est le plus élevé (de profondeur ne dépasse pas 300 mètres) [4].

Cette variation de gradient géothermique illustre d'une façon générale le caractère non homogène du sous sol saharien.

VI. CONCLUSION :

La carte du gradient géothermique montre que le Sud algérien est caractérisé par un gradient géothermique important qui est de 4 °C/100m en moyenne, et que ce gradient est plus important dans la partie Ouest du Sahara (Grand Erg Occidental) que la partie Est (Grand Erg Oriental). Ceci est dû à l'existence de nappes aquifères profondes et épaisses dans la partie Est.

Dans la région d'étude, le gradient géothermique est important, de l'ordre de 3°C/100m. Il augmente quand on va vers le Sud, et diminue quand on va vers l'Est, probablement à cause de la variation de la profondeur et l'épaisseur de deux nappes aquifères.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- [1] A.N.R.H Secteur de Ghardaïa, décembre 2011, 'Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa', rapport final de l'exercice 2011, 88 pages.
- [2] Système Aquifère du Sahara Septentrional (Algérie, Tunisie, Lybie) : Gestion commune d'un bassin transfrontière/ OSS. Collection synthèse n°1 : Tunis, 2008, 48 pages.
- [3] S. Ouali, 1996, 'Etude géothermique du Sud de l'Algérie', Mémoire de Magister, université M'hamed Bouguerra – Boumerdes.
- [4] UNESCO ; 1972 : Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional. Nappe du Continental Intercalaire. Projet ERESS.
- [5] D. Takherist et L. Hamdi, 1995, 'Anomalie Thermique de In-Salah: Conséquences Possibles sur le Potentiel Pétrolier', Contribution de SONATRACH Division Exploration, 19 pages.