

## NOUVELLES DONNEES DE FLUX DE CHALEUR OBTENUES RECEMMENT SUR LE MASSIF DU HOGGAR

**BEDEKKEN ABDELHAMID(1), BOUZID ABDERREZAK(2), LEMGHARBI ABDENACEUR(1), BOUGCHICHE SAID SOFIANE(2), ABTOUT ABDESLAM(2), HEMMI ABDERRAHMANE(1), MANSOURI ABDELLAH(1)**

<sup>1</sup> Unité de Recherche de Tamanrasset, CRAAG, BP 32, Tamanrasset

<sup>2</sup> Division Géophysique de Subsurface, CRAAG, BP 63 Route de l'Observatoire, Alger

### Résumé

Le but de ce travail consiste à mettre à jour la carte du flux de chaleur du massif du Hoggar, situé dans l'extrême sud algérien. Des mesures de température en trou de forage ont été exécutées dans onze (11) forages peu profonds (<400 m) répartis sur quatre sites : (i) la périphérie de la ville de Tamanrasset, (ii) la région de Laouni située à 200 km au sud de Tamanrasset, (iii) la région de Tin Tarabine située à 180 km au Sud-Est de Tamanrasset, et (iv) la périphérie de la ville de In Guezzam dans l'extrême sud algérien. Les premières estimations du flux de chaleur obtenues montrent des valeurs assez faibles (moyenne d'environ 43 mW/m<sup>2</sup>) compatibles avec l'âge précambrien du massif.

### Introduction

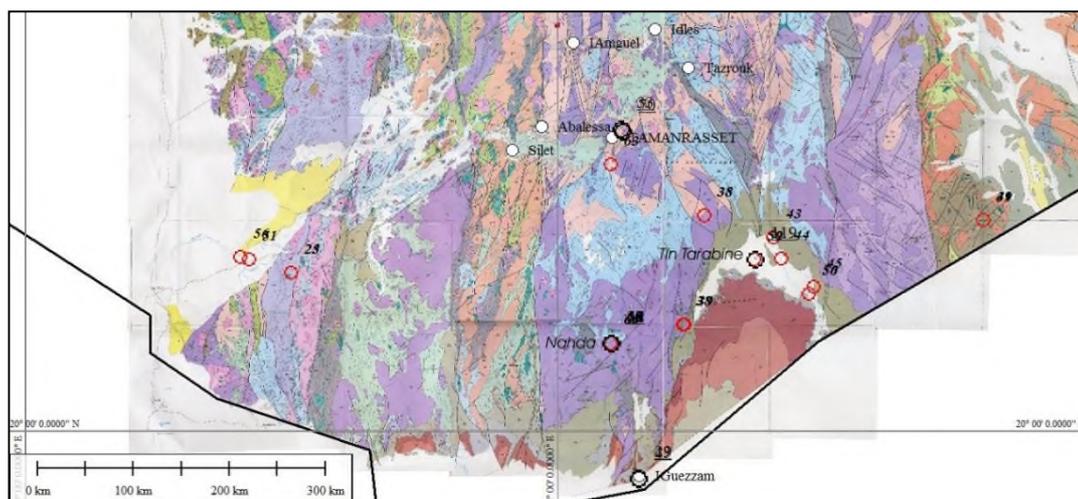
La carte du flux de chaleur de l'Afrique du Nord et de l'Ouest, montre une forte anomalie (jusqu'à 130 mW/m<sup>2</sup>) au nord du Hoggar, sur les bassins sédimentaires sahariens, mais des valeurs faibles dans la partie sud du massif ainsi qu'au niveau du bassin Iullemedem, au nord du Mali et du Niger (Takherist et Lesquer, 1989 ; Lesquer et al., 1989 ; Lesquer et al., 1990 ; Lesquer et Vasseur, 1992). Cependant, un gap très important sépare les observations faites au nord et au sud de l'important relief du Hoggar (jusqu'à près de 3000 m d'altitude). L'objectif de ce travail consiste à reprendre les mesures de flux de chaleur sur le massif du Hoggar et de mettre à jour la carte du flux de chaleur de ce massif. Dans ce travail, on présentera les premiers résultats obtenus lors de deux campagnes de mesure réalisées en 2014.

### Collecte de données

Les données de température ont été collectées dans un ensemble de trous de forages répartis sur quatre sites lors deux campagnes de terrain organisées durant l'année 2014. Les forages utilisés dans cette étude sont miniers ou hydrauliques. Ceux de la deuxième catégorie (d'AEP ou d'irrigation) peuvent être considérés en équilibre thermique car ils ne sont pas en exploitation (fermés). La première campagne a été réalisée en février 2014 dans la périphérie de la ville de Tamanrasset et la deuxième, plus importante, du 27 décembre 2014 au 3 janvier 2015. Durant la première campagne, des mesures de température ont été collectées dans deux forages hydrauliques (F1 et F2) situés à une dizaine de km au NE de la ville de Tamanrasset (Fig. 1). Ces deux forages sont séparés d'environ 3 km l'un de l'autre. Le premier (F1) est localisé sur un lit d'oued sur le socle métamorphique paléoprotérozoïque du massif du Hoggar. Alors que le second (F2), plus à l'Est, est situé au pied d'un massif de granit de type *Taourirt*. Quatre sites constituent l'objet de la deuxième campagne, à savoir, le site de Base Bachir (correspondant au site n° 8 de Lesquer et al., 1989), à 120 km au SE de Tamanrasset, où nous avons pu retrouver une douzaine de forages

miniers inclinés mais malheureusement secs ; la région de Tin Siririne ou plus précisément le site de Tin Tarabine (correspond au site n° 9 de Lesquer et al., 1989) à 190 km au SE de Tamanrasset, où nous avons pu exploiter un seul forage hydraulique alors que deux autres forages étaient secs ; ensuite la région de Laouni (site n° 4 de Lesquer et al., 1989), une douzaine de forages miniers inclinés d'une centaine de mètres de profondeur ont été exploités ; toutefois le plus intéressant, la région de l'extrême sud (environs de la ville de In Guezzam) où nous avons pu trouver deux forages hydrauliques de profondeurs intéressantes atteignant les 150 et 400 m.

La mesure de température en trou de forage a été effectuée à l'aide d'une thermistance calibrée à l'IPG de Paris (France) en 2013. La sensibilité de la thermistance est de 1/1000 °C.



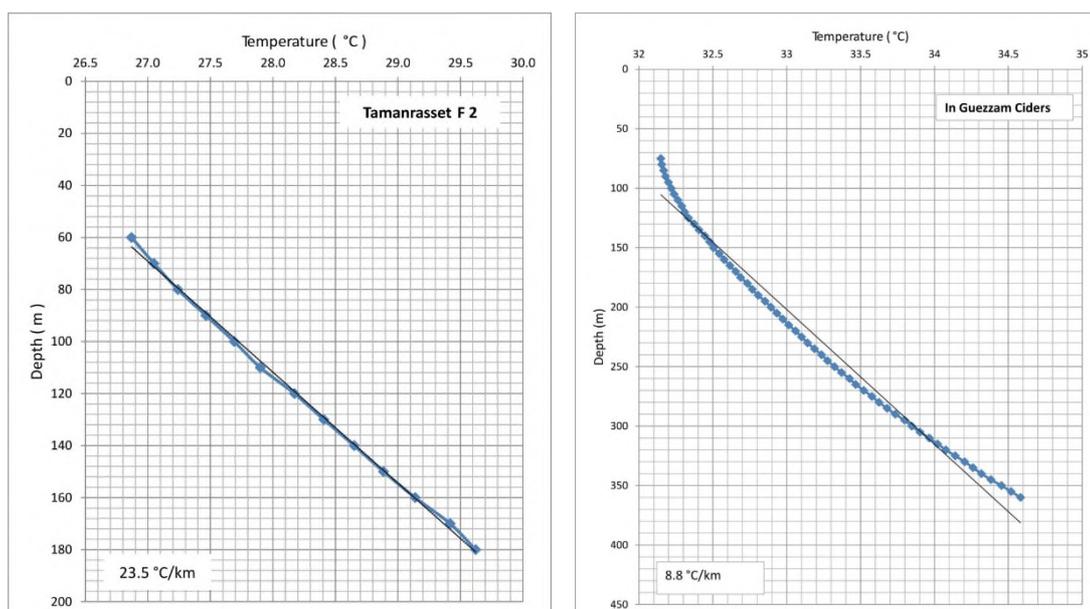
**Figure 1.** Situation des sites de flux de chaleur sur fond géologique du massif du Hoggar. Les ronds rouges représentent les anciens sites de Lesquer et al. (1989) et les ronds noirs, les sites ayant fait l'objet de mesure dans la présente étude.

### *Traitement des données*

Les mesures effectuées dans les trous de forage tous les 5 mètres sauf dans le cas des deux forages de Tamanrasset (F1 et F2) où le pas de mesure était de 10 m, obtenues en utilisant une sonde ont été converties en température à l'aide d'une courbe de calibration. Pour chaque forage, les données de température ont été portées sur un graphique température-profondeur (Fig. 2). La meilleure droite passant par les points expérimentaux a été calculée par moindres carrés. La pente de cette droite ainsi estimée constitue le gradient géothermique correspondant au trou de forage en question (Fig. 2).

D'un autre côté, la conductivité thermique a été grossièrement estimée à partir de la lithologie des forages, elle-même tirée des cartes géologiques (et non pas de logs de forage).

Le flux de chaleur est défini par le produit du gradient géothermique et de la conductivité thermique. Il a été calculé pour l'ensemble des forages.



**Figure 2.** A gauche, la courbe de température obtenue dans le forage F2 de Tamanrasset avec un pas de mesure de 10 m. Le gradient géothermique obtenu (pente de la droite) est de 23.5 °C/km. A droite, courbe de température obtenue avec un pas de mesure de 5 m, dans le forage Ciders à In Guezzam (400 km au sud de la ville de Tamanrasset). Le gradient géothermique est de 8.8 °C/km.

### Discussion

Les valeurs du flux de chaleur obtenues dépendent des estimations des conductivités thermiques qui n'ont pas été rigoureusement mesurées. Nous donnons quand même des valeurs estimées sur la base de la lithologie afin d'avoir un ordre de grandeur des flux de chaleur. Il est cependant important de vérifier la cohérence des valeurs obtenues entre elles et avec celles de Lesquer et al. (1989).

Dans l'ensemble, les valeurs estimées dans les cinq (5) autres forages du site de Nahda (Laouni) sont cohérentes entre elles. Ceci peut être dû à une lithologie différente de celles des autres forages situés pourtant pas très loin. Les valeurs obtenues dans cette étude dont la moyenne est de 48 mW/m<sup>2</sup> sont plus faibles que celle de Lesquer et al. (1989). En effet, ces derniers estiment le gradient géothermique et le flux de chaleur pour ce même site à ~20 °C/km et 65 mW/m<sup>2</sup> respectivement.

Les valeurs du flux de chaleur obtenues dans les deux forages d'In Guezzam (forages les plus profonds exploités dans le Hoggar), situés sur un bassin sédimentaire, sont assez proches. La moyenne obtenue égale à 36 mW/m<sup>2</sup> reste faible.

Le site de Tin Tarabine comprend un seul forage réalisé dans un bassin sédimentaire (grès). Le gradient géothermique observé dans ce forage est assez élevé, la conductivité thermique doit être assez faible. Le flux de chaleur a été estimé à 42 mW/m<sup>2</sup> plus faible mais du même ordre de grandeur que la valeur estimée par Lesquer et al. (1989) qui est d'environ 50 mW/m<sup>2</sup>.

Enfin, dans la périphérie de Tamanrasset, les deux forages exploités donnent des valeurs assez différentes du gradient géothermique qui vont du simple au double. La carte géologique montre que le forage F2 est situé à l'aplomb d'un granite de type *Taourirt*. Ce qui pourrait expliquer la valeur élevée du flux de chaleur obtenue dans ce forage (70 mW/m<sup>2</sup>) pourtant du même ordre de

grandeur que la valeur donnée par Lesquer et al. (1989) à Tin Amzi ( $63 \text{ mW/m}^2$ ) à une quarantaine de km plus au sud. Le deuxième forage donne un flux de chaleur d'environ  $33 \text{ mW/m}^2$ .

Dans l'ensemble, les différentes valeurs du flux de chaleur restent largement faibles et cohérentes avec le flux de chaleur obtenu sur le massif du Hoggar par Lesquer et al. (1989). Cependant, des mesures plus précises de la conductivité thermique sur échantillons permettront de mieux estimer le flux de chaleur dans l'ensemble des sites exploités.

### *Conclusion*

De nouvelles mesures de température dans plusieurs forages peu profonds répartis sur quatre sites du Hoggar ont été réalisées durant deux campagnes de terrain en 2014. Le flux de chaleur a été calculé à partir du gradient géothermique mesuré et de la conductivité thermique estimée grossièrement à partir de la lithologie des formations géologiques traversées par les forages. Les valeurs des flux de chaleur obtenues sont cohérentes entre elles ainsi qu'entre elles et les valeurs obtenues par Lesquer et al. (1989). Ces valeurs dont la moyenne est d'environ  $43 \text{ mW/m}^2$ , restent faibles et sont en accord avec l'âge précambrien du massif du Hoggar.

### *Références sommaires*

- Lesquer, A., Bourmatte, A., and Dautria, J.M., 1988, Deep structure of the Hoggar domal uplift (Central Sahara, south Algeria) from gravity, thermal and petrological data: *Tectonophysics*, v. 152, p. 71–87.
- Lesquer, A., Bourmatte, A., Ly, S., and Dautria, J.M., 1989, First heat flow determination from the Central Sahara: Relationship with the Pan-African belt and Hoggar domal uplift: *Journal of African Earth Sciences*, v. 9, p. 41–48.
- Lesquer, A., Takherist, D., Dautria, J.M., and Hadiouche, O., 1990, Geophysical and petrological evidence for the presence of an anomalous upper mantle beneath the Sahara basins (Algeria): *Earth and Planetary Science Letters*, v. 96, p. 407–418.
- Lesquer, A., and Vasseur, G., 1992, Heat-flow constraints on the West African lithosphere structure: *Geophysical Research Letters*, v. 19, p. 561–564.
- Takherist D. et Lesquer A., 1989, Mise en évidence d'importantes variations régionales du flux de chaleur en Algérie; *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26, 615–626.