

CARTOGRAPHIE KRIGEANTE DES EPAISSEURS DE LA NAPPE MIO-PLIOCENE DES ZIBANS

par

SEMAR Ahcène (*) et SENGOUGA Asma (*)

(*) Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), Département Génie Rural, Belfort, El Harrach, Alger
a.semar@ensa.dz

INTRODUCTION

Les régions arides et semi arides se caractérisent par un déficit hydrique ce qui conduit les gestionnaires de la ressource en eau à exploiter les eaux souterraines. Souvent, cette exploitation se fait sans connaître avec précision l'allure morphologique, les paramètres hydrodynamiques de ces réservoirs hydrogéologiques et surtout leur variabilité spatiale. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre contribution. Notre objectif principal, à travers la nappe du Mio-Pliocène largement sollicitée dans la région des Zibans, est de présenter une cartographie des épaisseurs et surtout de leur variabilité dans l'espace.

I. PRESENTATION DU MILIEU NATUREL

I.1. Situation géographique

La région de Biskra appartient au territoire des Zibans, limitée au Nord par le domaine pré atlasique et les montagnes des Aurès, au Sud par les reliefs d'Ouled Djellal, à l'Est par la zone de Chott (Chott Mehrlir) et à l'Ouest par les plaines steppiques de la région de Djelfa (Figure 1).

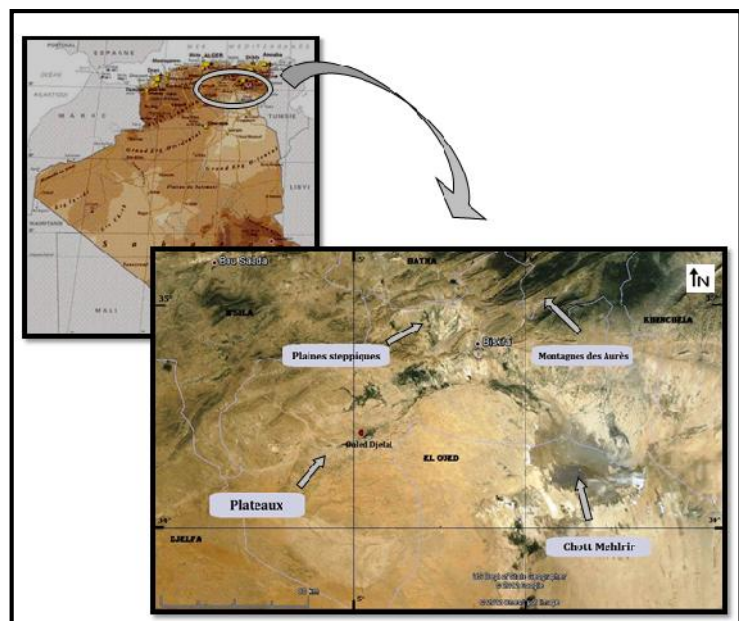


Figure 1 : Situation géographique de la région de Biskra.

I.2. Aperçu géologique

La région de Biskra se caractérise par des terrains sédimentaires allant du Barrémien à la base jusqu'au Quaternaire calcaro-gypseux avec des alluvions sableuses et argileuses tandis que le tertiaire est formé de bancs de grès, d'argiles sableuses ainsi que de formations carbonatées.

La géologie de la région des Zibans est marquée par une transition structurale et sédimentaire, c'est un passage entre deux domaines : l'Atlasique et le Saharien.

La principale discontinuité structurale est caractérisée par le grand « accident sud atlasique » (figure. 2) qui s'étend sur environ 2000 km, depuis le Maroc jusqu'en Tunisie. Il s'agit en fait d'une succession discontinue d'éléments structuraux formés de failles et de plis en relais.

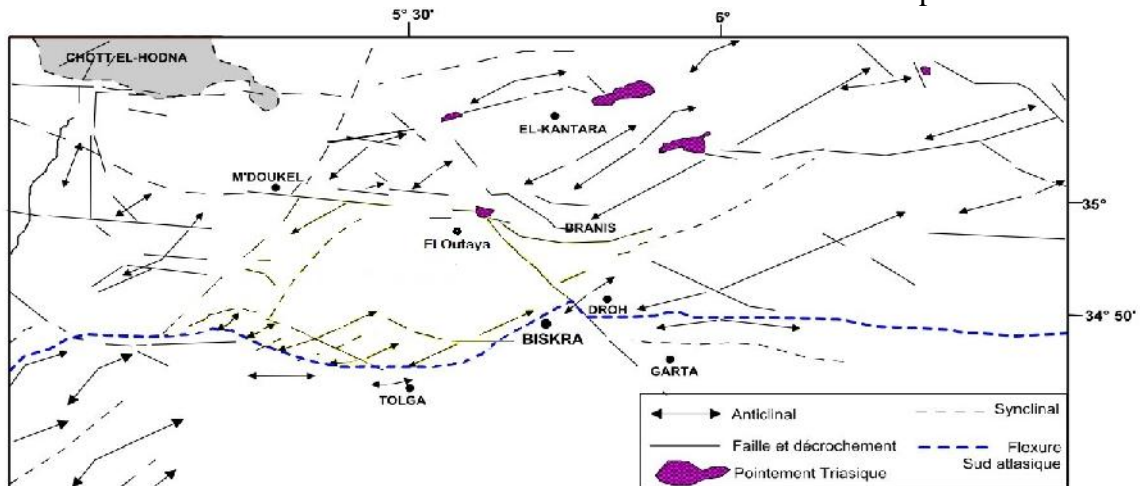


Figure 2 : Situation tectonique de la région de Biskra dans le contexte sud-atlasique (Brinis, 2011).

Cette flexure sud-atlasique est bien accusée à l'Est de Biskra où elle communique avec les dépressions sédimentaires récentes.

On distingue deux types de plis présentant des dimensions et une géométrie différentes qui se succèdent en se superposant (Brinis, 2011):

- **Les plis atlasiques :** Les terrains anté-néogènes dessinent diverses structures plus au moins masquées par le Miocène et découpées par de nombreuses cassures ;
- **Les plis post-pliocènes :** Dans l'Aurès, le Miocène supérieur est déformé par le rejeu plus ou moins important de certaines structures atlasiques et de l'apparition sur les bordures du massif de structures nouvelles obliques sur les précédentes ; ce deuxième épisode de

plissement, dans lequel le Pliocène est impliqué lorsqu'il est conservé, est attribué à la phase du Quaternaire basal.

I.3. Cadre hydrogéologique

La région de Biskra présente plusieurs réservoirs aquifères où la nappe Mio-Pliocène est largement sollicitée par les pompages dont le débit annuel est évalué à 264.7 hm³/an (ANRH, 2008). Cette nappe est appelée également nappe des sables. Du point de vue lithologique, cet aquifère présente un système très hétérogène représenté par des couches de diverses perméabilités, il s'agit d'une alternance de niveaux d'argile, de sable et de cailloutis. Le sens d'écoulement principal de la nappe des sables se fait en direction de la zone du Chott Melhrir.

II. METHODOLOGIE

II.1. Présentation des données

Le traitement des données est axé essentiellement sur les informations requises des différents forages et sondages réalisés par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH). A partir de ces logs stratigraphiques ou coupes de forages, nous avons réalisé une base de données des épaisseurs de la nappe étudiée ainsi que le recueil de précieuses informations sur la lithologie, ce qui nous a permis de décrire la nature lithologique de l'aquifère. La collecte des données de la nappe du Mio-Pliocène (figure 3) a permis de recueillir 91 forages qui ont fait l'objet d'une cartographie par approche géostatistique (par krigeage).

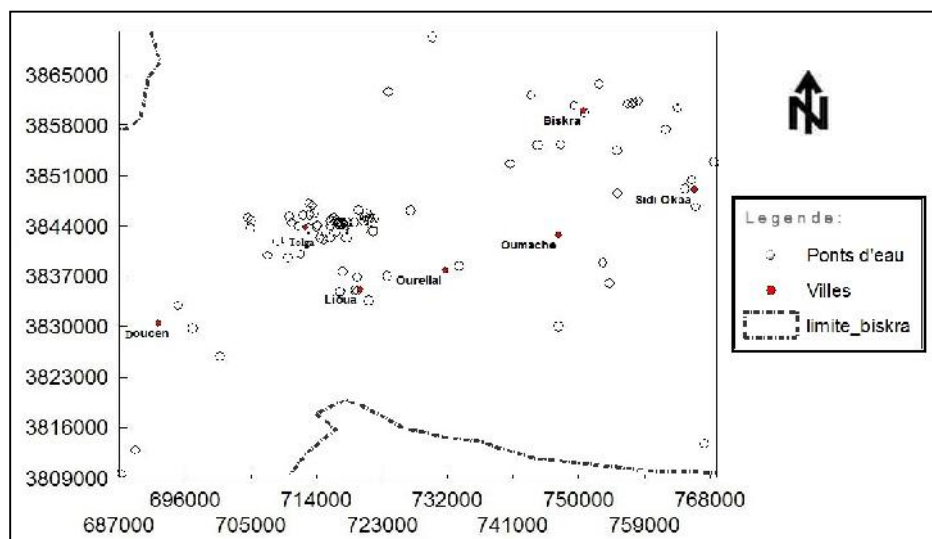


Figure 3 : Carte des points d'eau captant la nappe du Mio-pliocène dans la région de Biskra.

La carte de répartition spatiale des points d'eau captant la nappe du Mio-Pliocène dans la région de Biskra (figure 3) indique une concentration des forages entre les localités de Sidi Okba à l'Est et Doucen à l'Ouest. La forte activité agricole est liée à la présence des forages qui captent le réservoir du Mio-Pliocène.

II.2. Principes de la géostatistique

La géostatistique est définie par Matheron (1970) : c'est l'application du formalisme des fonctions aléatoires à la reconnaissance et à l'estimation des phénomènes naturels.

Les informations détaillées portant sur l'approche géostatistique sont largement traitées dans la littérature (Delhomme, 1976; Journel et Huijbregts, 1978), donnant ainsi une description des méthodes géostatistiques utilisées dans cette étude. La première étape de l'analyse géostatistique est de déterminer le variogramme expérimental sur la base de cette équation.

$$= (1/2n) \sum_{i=1}^n [Z(x+h) - Z(x)]^2$$

où x et $x+h$ sont la localisation des échantillons séparés par la distance h , $Z(x)$ et $Z(x+h)$ sont les valeurs mesurées de la variable Z correspondante aux localisations. Le variogramme expérimental est ajusté sur la base de modèles théoriques et l'adéquation dans le choix du modèle est testé par l'utilisation de la technique de la validation croisée (Englund et Sparks, 1988) et du calcul de l'Indicatif Goodness of Fit (Pannatier, 1996). La validation utilisée dans le choix du modèle de variogramme porte sur la moyenne des erreurs entre celle mesurée et celle estimée par krigeage d'une part et sur l'erreur quadratique moyenne. La première doit tendre vers 0 alors que la seconde vers 1. Après avoir retenu le modèle de variogramme, le krigeage est appliqué pour estimer les valeurs de la variable au niveau des endroits non échantillonnés en utilisant les points qui l'entourent. L'estimation du krigeage s'exprime comme suit :

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n w_i Z(X_i)$$

où $Z^*(x)$ est la valeur estimée de Z au niveau du point x , w_i est le poids de l'observation au niveau de x_i et n est le nombre d'observations voisines. Les poids sont fonction du modèle variographique qui tient compte de la variabilité spatiale de la variable aléatoire.

III. INTERPRETATION DES RESULTATS

III.1. Statistique élémentaire

Les valeurs des épaisseurs des différents forages traités sont représentées dans la figure 4.

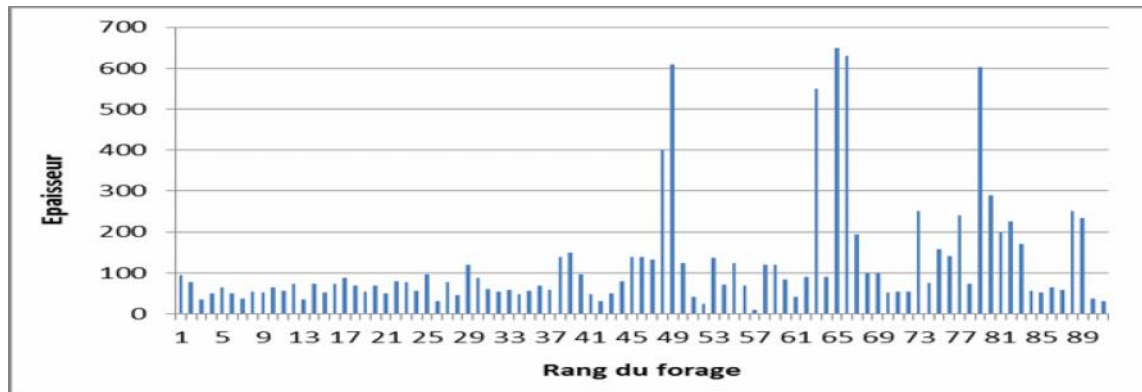


Figure 4 : Histogramme de fréquence des épaisseurs des différents forages

Nous remarquons une forte hétérogénéité dans les valeurs naturelles des épaisseurs avec une valeur minimale de 9.40 m, un maximum de 650 m et un fort coefficient de variation (110%). Les valeurs des épaisseurs s’ajustent à la loi log-normal, pour cela les valeurs introduites sont transformées en logarithme décimal.

Les principales caractéristiques de l’échantillon sont indiquées dans le tableau 1, à savoir la valeur minimale, la valeur maximale, la moyenne, l’écart-type et le coefficient de variation.

Tableau 1 : Caractéristiques statistiques de la variable épaisseur

Caractéristiques de l'échantillon	valeur naturelle (x)	log (x)
Valeur minimale (m)	9.40 m	2.24
Valeur maximale (m)	650 m	6.64
Moyenne (m)	122.12	1.94
Ecart type	134.93	0.33
Coefficient de variation (%)	110.49	17.21

III.2. Analyse variographique

III.2.1. Variogramme de surface

Nous avons utilisé le logiciel Variowin 2.21 (Pannatier, 1996) pour la modélisation variographique. L'élaboration du variogramme de surface (figure.5) nous a permis de connaître le comportement de la variable selon les différentes directions de l'espace.

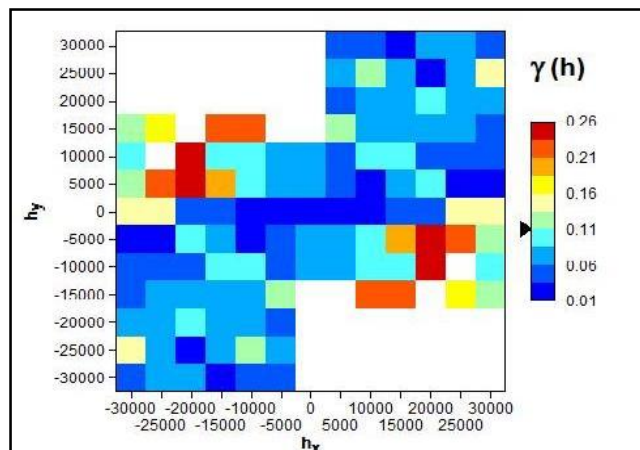


Figure 5 : Variogramme de surface des épaisseurs de la nappe du Mio-Pliocène

Selon le variogramme de surface du logarithme des épaisseurs de la nappe du Mio-Pliocène, nous distinguons deux directions privilégiées :

1. **Direction 45° :** C'est la direction de faible variabilité ou de continuité des épaisseurs qui correspond à la direction Nord Est - Sud Ouest ;
2. **Direction 135° :** C'est la direction d'hétérogénéité ou de variabilité relative des épaisseurs, correspondant à l'axe Nord Ouest – Sud Est.

III.2.2. Variographe directionnel

La méthode adoptée a révélé deux variogrammes de direction 45° et 135° (figure 6)

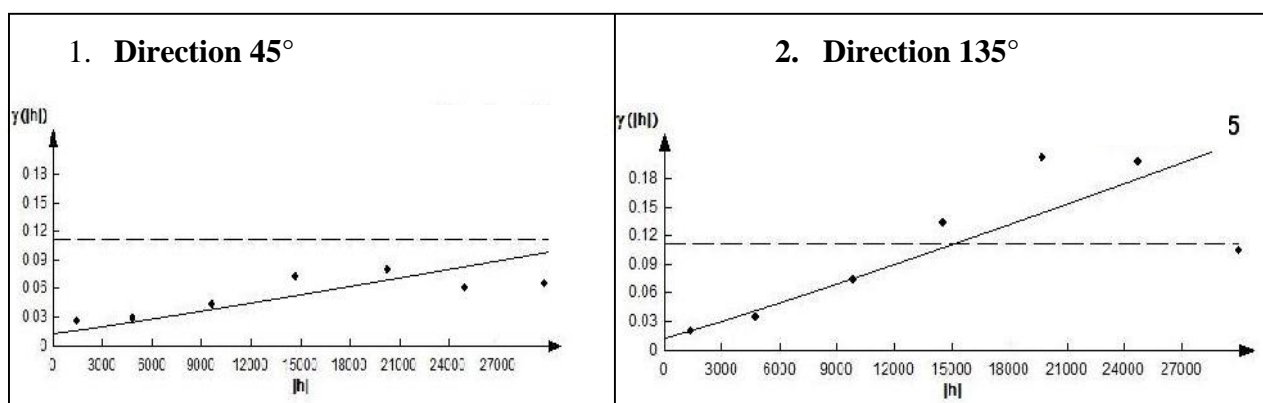


Figure 6 : Variogrammes directionnels

Le modèle théorique qui s'ajuste au variogramme expérimental est de type power avec une puissance (power) de 1.07, une pente (slope) de 1.388 et un effet de Pépite (nugget) de 0.013973. Les épaisseurs ont un comportement anisotrope avec un rapport de 2.27 entre les deux directions retenues (45° et 135°). La validation du modèle a été faite par IGF qui a donné une valeur de $6.8814 \cdot 10^{-2}$.

III.3. Carte krigée des courbes isopaches

La carte krigée des logarithmes des épaisseurs de la nappe du Mio-Pliocène dans la région de Biskra (figure 7), montre deux compartiments relativement distincts de part et d'autre de la direction Nord Est – Sud Ouest. En effet, la partie septentrionale connaît des épaisseurs relativement faibles en regard de la partie méridionale, qui, elle présente de fortes épaisseurs. En outre, la direction 45° montre une succession de courbes isopaches plus ou moins larges dénotant ainsi une configuration morphologique assez particulière qu'il y a lieu de relier à la complexité tectonique qui a affecté cette région de transition entre un domaine atlasique et saharien marquée par le fameux accident sud atlasique.

Nous retrouvons les observations faites sur le variogramme de surface (figure 5) en particulier la notion de variabilité relativement prononcée selon la direction Nord Ouest – Sud Est.

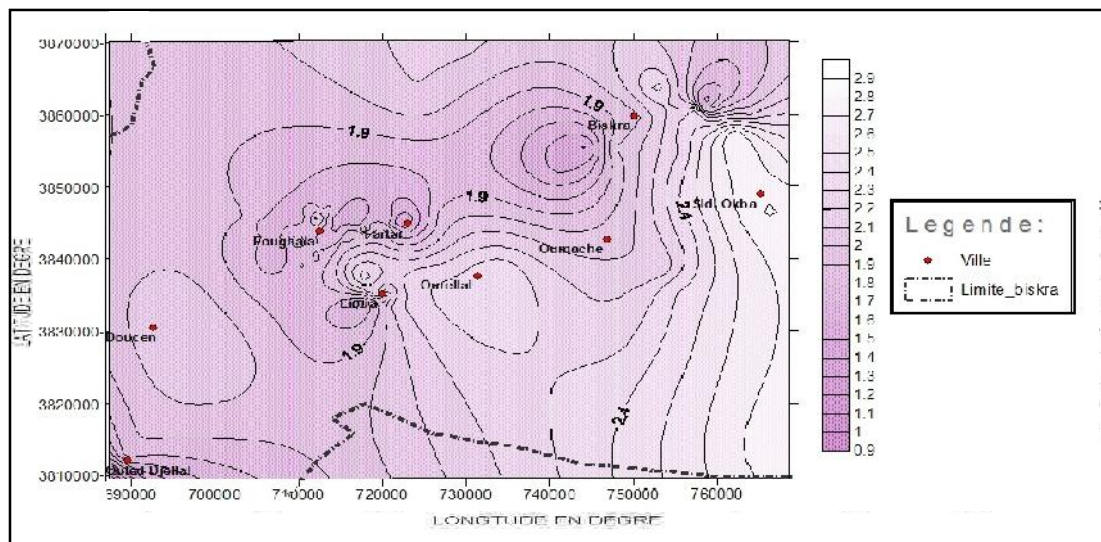


Figure 7 : Carte krigée du logarithme des épaisseurs de la nappe Mio-Pliocène dans la région de Biskra

CONCLUSION

La présente étude effectuée dans la région de Biskra porte un intérêt majeur, vu l'importance de la nappe du Mio-Pliocène dans la région. L'aquifère du Mio-pliocène présente une lithologie de nature sableuse à argileuse avec parfois des passages de niveaux marneux et gypseux qui dominent à la base de la couche et formant ainsi le substratum imperméable.

Les résultats de modélisation indiquent que le modèle power s'ajuste le mieux à la variable étudiée. Les épaisseurs ont un comportement anisotrope entre la direction 45° et 135°. La bonne exploitation des résultats peut aider au bon choix des zones de captage et d'implantation des forages.

Les épaisseurs dans cet aquifère sont variables et sont également marquées par de forts gradients en particulier dans les régions d'El Outaya et Ain Naga. Ce contraste d'épaisseur est à relier à la tectonique complexe qui a affecté cette région, qui selon la bibliographie, a entraîné l'affaissement du sillon sud-aurésien issu de l'accident sud-atlasique. Il est fort souhaitable de compléter cette étude par l'analyse de la fracturation d'une part et de réalisation d'essais de débits d'autre part afin d'évaluer les potentialités hydriques de ce réservoir.

BIBLIOGRAPHIE

ANRH (2008). Inventaire des forages et enquêtes sur les débits extraites de la wilaya de Biskra. *Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Biskra, Algérie.*

Brinis N. (2011). Caractérisation de la salinité d'un complexe aquifère en zone aride : cas de l'aquifère d'El-Outaya, région Nord-Ouest de Biskra. *Thèse doctorat -Université Mohamed Kheider, Biskra, Algérie. 230 p.*

Delhomme J.P. (1976) – Application de la théorie des variables régionalisées dans les sciences de l'eau. *Thèse de Docteur – ingénieur, Paris VI, 130p.*

England E., and Sparks A. (1988) – GEOEAS (Geostatistical Environmental Assessment), Version 1.2.1, *U.S. Environmental Protection Agency*

Journel A.G., and Huijbregts Ch.J. (1978) – Mining geostatistics. *Academic Press, London, England, 600p.*

Pannatier Y. (1996) – [VARIOWIN]: Software for spatial data analysis in 2D, *Springer Verlag, New York, 91p.*

Matheron G. (1970). La théorie des variables régionalisées et ses applications. *Les cahiers du centre de morphologie mathématique de Fontainebleau, Fascicule 5. 212 p.*