

# Contribution of the geographic information system for groundwater to the mapping of subterranean waters in the region Djelfa (Algeria)

## *Contribution du système d'information géographique à la cartographie des eaux souterraines dans la région de Djelfa (Algérie)*

Miloud Koussa<sup>1</sup>, Mohamed-Tewfik Bouziane<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences et Techniques, Centre Universitaire de Mila 43000, Algeria

<sup>2</sup> Département de Génie Civil et d'Hydraulique, Université de Biskra, BP 145 Biskra 07000, Algeria

Received 26 September 2016

Revised 17 July 2017

Accepted 18 July 2017

Published online: 22 November 2017

### Keywords

Geographic Information Systems

Cartography

Groundwater Djelfa

Geostatistics

**Abstract:** The Djelfa region characterized by a semi-arid climate. The quality of groundwater is among the problems that are becoming increasing concern in the region. The physico-chemical characteristics of water are severely affected by high salinity of them. This research is devoted to the use of geographic information systems GIS, for drawing maps of the main parameters that can reveal the spatial variation of physical and chemical characteristics of water to achieve a good estimate of its quality. Mapping is the first step in the creation of geographic information systems. The aim of our work is to present a tool for decision making that can establish useful maps to study the water quality of the Djelfa region.

© 2017 The authors. Published by the Faculty of Sciences & Technology, University of Biskra. This is an open access article under the CC BY license.

**Résumé:** La région de Djelfa est caractérisée par un climat semi aride. La qualité des eaux souterraines est parmi les problèmes qui deviennent de plus en plus préoccupants dans cette région. Cette recherche est consacrée à l'utilisation d'un système d'information géographique SIG, pour l'établissement des cartes des principaux paramètres qui peuvent mettre en évidence la variation spatiale des caractéristiques physico-chimiques des eaux pour aboutir à une bonne évaluation de sa qualité. L'interpolation est un moyen de générer l'information aux points de l'espace non enquêtés, cela pour la cartographie et l'analyse en 2D du phénomène. Il s'agit de fournir un maillage adapté. Il est important de noter que l'interpolation, qu'elle soit déterministe ou probabiliste, est le résultat d'un traitement des données, qui permet leur exploitation dans un système d'information géographique.

**Mots clés :** Systèmes d'information géographique ; cartographie ; eaux souterraines de Djelfa ; Stabilité ; géostatistique.

## 1. Introduction

Les progrès informatiques et les possibilités offertes en matière de gestion et d'analyse conduisent à la généralisation de l'outil informatique dans tous les domaines. L'avènement des SIG a ouvert la voie à l'analyse spatiale où il est plus aisé d'établir des corrélations entre variables pour la compréhension intuitive d'un phénomène (Caloz et Collet 2011). Les SIG sont devenus parmi les meilleurs outils utilisés pour l'inventaire, la planification et la gestion des ressources naturelles grâce à leurs capacités de cartographie numérique et de suivi des phénomènes naturels (Caloz et Collet 2011).

Depuis quelques dizaines d'années, la région de Djelfa est soumise à une pression de plus en plus forte par les utilisateurs des ressources en eau. Le recours systématique aux réserves en eaux souterraines est devenu une nécessité face à la demande croissante de l'eau et la dégradation continue de la qualité des eaux de surface. La dégradation de la qualité de l'eau dans la région de Djelfa présente des problèmes fréquents et complexes allant de la pollution des cours d'eau, des nappes phréatiques, des barrages au Nord, à la salinisation au Sud. De plus, de graves

pénuries sont signalées partout à travers cette région où l'équilibre est déjà rompu entre une demande toujours plus grande et une offre arrivée aux limites de la disponibilité. La faiblesse de la ressource en eaux, aggravée par la sécheresse, impliquera ipso facto entre les différents utilisateurs des conflits sérieux qui nécessiteront inmanquablement des arbitrages malaisés pour les pouvoirs publics (Ouanouki 2012). Cette situation nous a incité à évoquer une gestion appropriée et rationnelle de ces ressources en eaux en utilisant un système d'information géographique. Ce dernier est utilisé comme outil d'aide à la décision pour établir des cartes de la qualité des eaux souterraines de Djelfa, en présentant la variation spatiale des éléments physico-chimiques étudiés.

## 2. Moyens et méthodes

### 2.1 Région d'étude

La Figure 1 montre la situation géographique de la Wilaya de Djelfa, cette dernière est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, au Sud de l'Atlas tellien. Le chef lieu de wilaya est à 300 Km au Sud de la capitale. La Wilaya de Djelfa est comprise environ entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et

✉ Corresponding author. E-mail address: tbouziane@gmail.com

35°30' de latitude Nord. La ville de Djelfa est délimitée, à l'Ouest par les wilayas de Tiaret et de Laghouat, à l'Est par les wilayas de Biskra et de M'sila, et au Sud par les wilayas d'Ouargla, d'El oued, et de Ghardaïa, au Nord par les wilayas de Tissemsilt et de Médéa (DPTA 2012). Les ressources en eaux souterraines dans cette région proviennent de quatre aquifères distincts : des grès Barrémiens, des grès de l'Albien, des calcaires karstiques du Turonien et des dépôts de comblement Néogène-quaternaire. (Chibane et al. 2010).

**2.2 Méthodologie de travail**

Les données sont tirées des inventaires de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques et des documents disponibles au niveau de la direction de l'hydraulique de la wilaya de Djelfa. Ces données sont traitées sous une plateforme multi-logiciel (Arcgis, Global Mapper, Excel), afin d'élaborer une base de données très riche permettant la manipulation, la mise à jour de ces données, ainsi que la visualisation. Un système d'information géographique, utilise un modèle de données géographiques génériques pour représenter les informations spatiales telles que les entités, les rasters et d'autres types de données spatiales. L'analyse de l'information géographique est basée sur les techniques de la géostatistique pour structurer sa variation spatiale. Les données à caractère spatial peuvent être représentées numériquement par deux techniques fondamentales, les données rasters et vectorielles (Smida 2008).

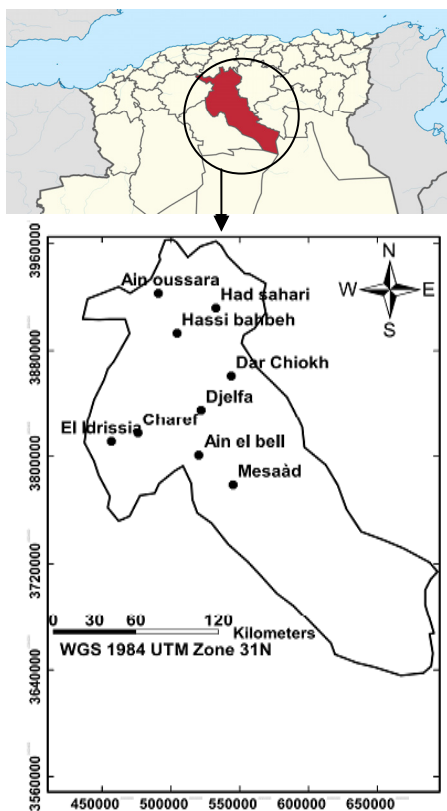


Fig. 1. Situation géographique de la région d'étude.

Arcgis est un système regroupant des logiciels clients (ArcView, ArcEditor, ArcInfo et ArcExplorer) et des logiciels serveurs (ArcSDE et ArcIMS ). Ce logiciel est développé par la société ESRI (Environmental Systems Research Institute), permettant de visualiser, d'interroger, d'analyser et de mettre en page les données. Il fournit des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, mettre à jour ou gérer les métadonnées (Smida 2008). Dans la présente étude, la réalisation du SIG est effectuée en considérant les données de la campagne réalisée en 2009 par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH 2013) de la wilaya de Djelfa. La figure 2, montre la variabilité spatiale de différents points inventoriés sur le territoire de Djelfa.

La figure 3 décrit l'organigramme général de différentes étapes essentielles adopté dans la présente étude pour la réalisation du SIG. La conversion des données permet d'obtenir une base numérique complète des données. L'examen de sources existantes sous forme numérique et papier permettra de déceler toutes lacunes de données.

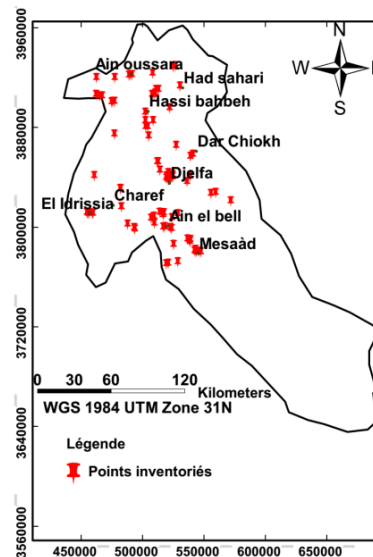


Fig. 2. Carte de répartition des points inventoriés.

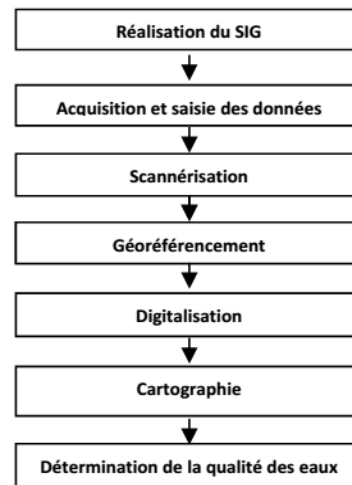


Fig. 3. Organigramme des différentes étapes de la méthode utilisée.

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Elaboration des cartes thématiques

#### 3.2. Analyse variographique

Pour estimer la structure spatiale, on a utilisé dans la présente étude le variogramme expérimental qui permet d'évaluer la variation des données en fonction de la distance et qui doit s'ajuster par un modèle théorique (sphérique, exponentiel, gaussien ou puissance) (Baillargeon 2005, Abdelbaki et al. 2009).

Une fois le variogramme est établi, le logiciel arcgis donne la possibilité de lancer le krigeage pour cartographier les données. En effet le krigeage est une méthode d'interpolation dont le but est de représenter la variation spatiale des différents paramètres étudiés (Cardenas et Malherbe 2004).

#### 3.3. Cartographie des paramètres physiques

##### 3.3.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. La figure 4 montre que les eaux des points contrôlés, sont minéralisées, avec des valeurs qui oscillent entre 520 et 12139  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs importantes semblent résulter du lessivage de la roche réservoir au sein de laquelle les eaux séjournent.

##### 3.3.2. Potentiel hydrogène pH

Bien que le pH n'ait généralement pas des conséquences directes pour le consommateur, il est l'un des paramètres opérationnels les plus importants pour la qualité de l'eau.

Le pH mesure la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité (Rodier et al. 1996). C'est un paramètre qui exprime l'alcalinité ou l'acidité d'une eau. La carte de la figure 5 indique que les valeurs moyennes du pH au niveau de la zone d'étude ont été dans les normes de potabilité de l'eau souterraine et ne dépassent pas la valeur 8,5, normes admissibles (Rodier et al. 1996).

#### 3.4. Cartographie des paramètres chimiques

##### 3.4.1. Les Cations

Les cartes krigées de différents cations (Sodium, Potassium, Magnésium et Calcium) montrent que les eaux souterraines de notre région d'étude ont une grande variation des teneurs. L'analyse de la figure 6 montre que les valeurs de potassium varient entre 1.6 mg/l et 9.3 mg/l ; elle ne dépasse pas les normes de potabilité de l'OMS (1994).

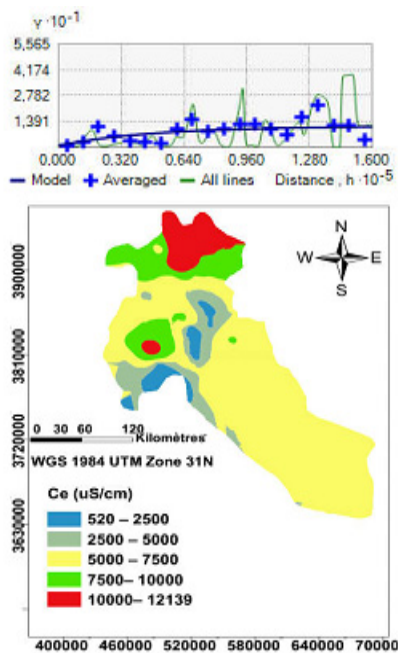


Fig. 4. Carte de répartition de la conductivité électrique.

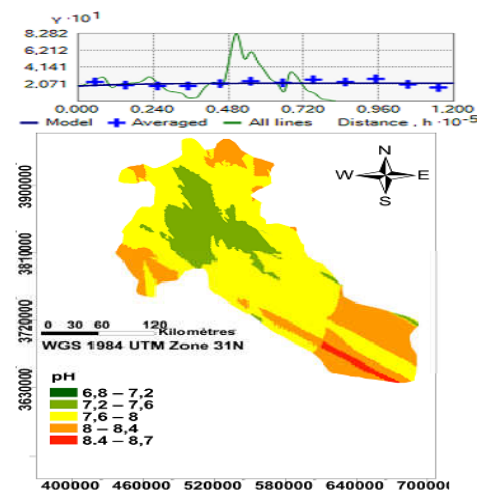


Fig. 5. Carte de répartition de pH.

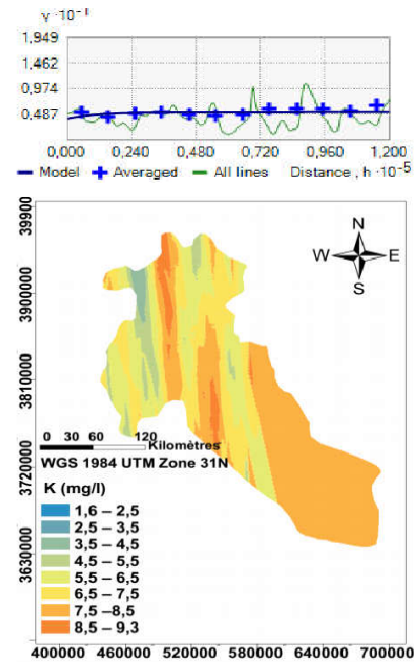


Fig. 6. Carte de répartition de Potassium.

Le potassium est un élément indispensable à la vie et notamment à la croissance des végétaux, il est utilisé comme engrais sous forme de sulfate de potassium, de chlorure de potassium, ou encore de nitrate de potassium (Pesson et Leynaud 1976). Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium.

Le sodium est un élément dit conservatif car une fois en solution, aucune réaction ne permet de l'extraire de l'eau souterraine. La carte de la figure 7, montre que, au Sud de la région, le Sodium présente des teneurs très élevées et supérieures aux normes de l'OMS (150 mg/l). La présence des ions de sodium peuvent être reliés à la nature géologique et aussi à certains produits d'entretien existants dans les eaux usées domestiques.

Le calcium provient de l'hydrolyse des minéraux silicatés présents dans ce sol. Les teneurs élevées en calcium (figure 8) et surtout dans le Sud de la région pourraient être attribuées à l'hydrolyse des minéraux silicatés présents dans le sol ainsi que d'autres minéraux calciques tels que le gypse. (Rodier et al. 1996).

La figure 9, illustre la variabilité spatiale du magnésium. L'interprétation de la carte montre que les valeurs sont au-dessus des normes admissibles de l'OMS (50mg/l) et sont comprises entre 5 et 75 mg/l à l'exception des zones centres, Sud et des frontières Nord de la région.

Cette élévation de teneur est due au type de sol " calcimagnésique ", type très répandu dans la région (Ghibeche 2011) et aussi à l'hydrolyse des minéraux silicatés présents dans ce sol.

Les résultats de la cartographie des éléments chimiques des eaux souterraines de la région de Djelfa, nous amènent à conclure que la nature géologique, les activités agricoles et industrielles et les eaux usées domestiques déversées directement dans la nature participent fortement au changement de la qualité des eaux souterraines de Djelfa.

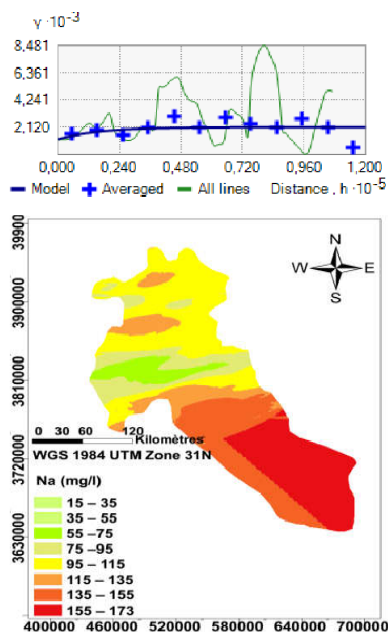


Fig. 7. Carte de répartition de Sodium.

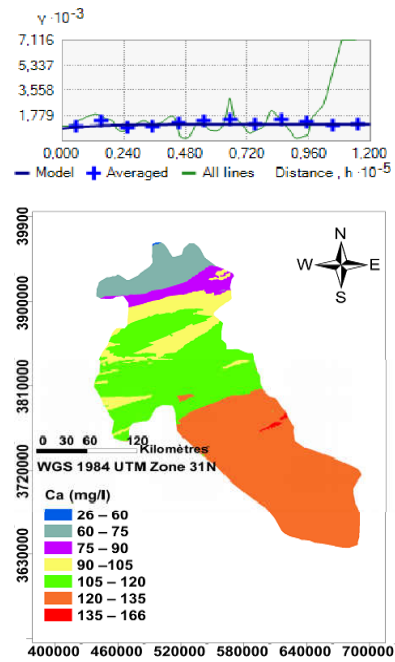


Fig. 8. Carte de répartition de Calcium.

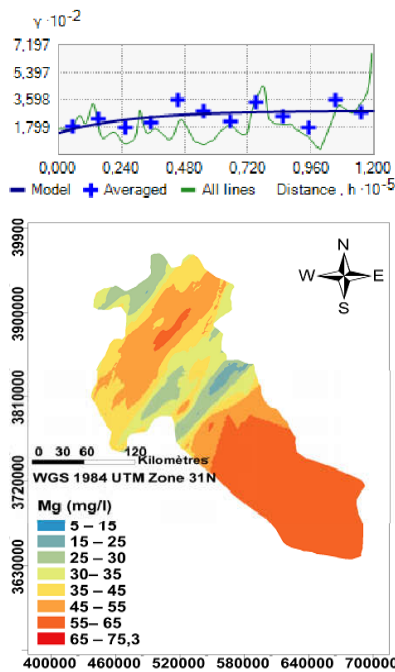


Fig. 9. Carte de répartition de Magnésium.

### 3.4.2. Les Anions

La figure 10 représente l'évolution spatiale des chlorures. L'analyse de cette carte montre qu'il ya une forte teneur à l'ouest et au Nord Est, due surtout à l'effet de sebkha et à l'influence des activités agricoles, au contact de certaines formations géologiques. Elle peut aussi être reliée aux rejets domestiques, en particulier l'urine et certains produits d'entretien. Les sulfates proviennent de la dissolution des sels solubles présents dans les formations évaporitiques de Zahrez Elchergui et Zahrez Elgharbi. L'analyse de la figure 11, montre que le sulfate comme les chlorures croissent de l'Est vers le Sud Ouest.

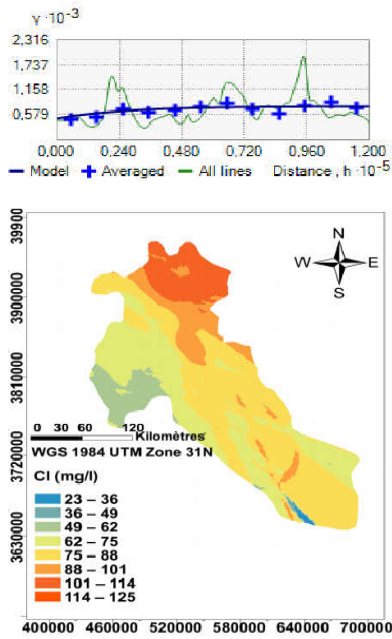


Fig. 10. Carte de répartition de Chlorures.

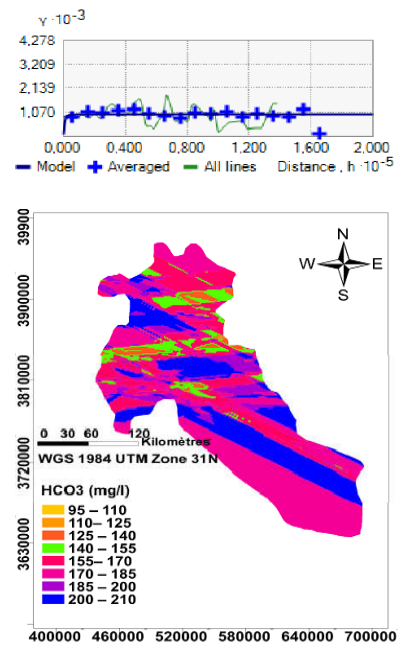


Fig. 12. Carte de répartition de Bicarbonates.

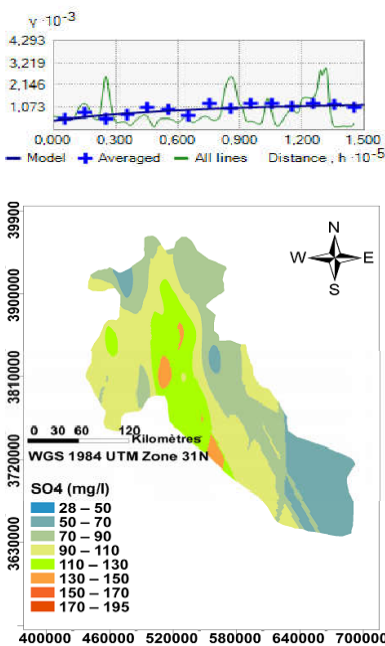


Fig. 11. Carte de répartition de Sulfates.

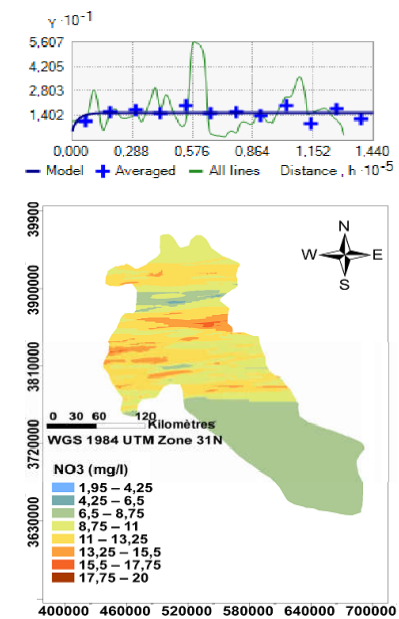


Fig. 13. Carte de répartition de Nitrates.

L'analyse de la figure 12, montre une répartition spatiale des bicarbonates. Les teneurs en bicarbonates des points étudiés varient globalement entre un minimum de 95 mg/l et un maximum de 210 mg/l. Les valeurs élevées sont dues vraisemblablement à la circulation de ces eaux dans le réservoir aquifère de nature calcaro-dolomitique. La teneur en bicarbonates dans les eaux souterraines dépend surtout de la présence des minéraux carbonatés dans le sol et l'aquifère. La carte des nitrates de la figure 13, présente des teneurs faibles entre 1.95 – 20 mg/l dans toute la région d'étude. L'absence de fortes activités agricoles dans la zone d'étude nous permet de dire que la source naturelle probable des nitrates serait la décomposition de la matière organique végétale.

#### 4. Conclusion

Le problème de la gestion des ressources en eau est crucial dans la région de Djelfa car l'eau douce reste globalement mal gérée, gaspillée et risque de se polluer. Les solutions de remplacement ne sont pas nombreuses. Dans cette optique le travail entrepris a permis de présenter l'importance de l'utilisation des systèmes d'information géographique comme outil de base à la cartographie des différents paramètres physico-chimiques des eaux souterraines de la région de Djelfa et de produire une série de thèmes spatiaux sous forme de cartes numériques.

Les systèmes d'information géographique (SIG), la géostatistique et diverses méthodes statistiques sont des outils bien adaptés à

cette problématique et présentant une meilleure approche pour la caractérisation des eaux souterraines et à la sélection de sites pour l'implantation des forages.

## Références

- A.N.R.H. (2013) Les grandes occupations de sol dans la région de Djelfa. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de Djelfa, ANRH Djelfa.
- Abdelbaki, A., C. Abdelbaki, E. Ouldache, H. Semmar (2009) Mise en place d'un système d'information géographique pour l'élaboration d'un plan d'aménagement de protection anti-érosive. Cas du sous-bassin versant d'Oued Bouguedfine, wilaya de Chlef, Algérie. *Revue Nature et Technologie* 1: 24-32.
- Baillargeon, S. (2005) Le krigeage : revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale des données de précipitation. Québec : Faculté des sciences et de génie de l'université Laval, mémoire de maîtrise en statistique, 128 p.
- Chibane, B., A. Boutaleb, M. Lacroix (2010) Etude hydrochimique et Approche Isotopique en Région semi-aride: cas du Synclinal de Djelfa (Algérie). *European Journal of Scientific Research*. 45 (2): 270-290.
- Caloz, R., C. Collet (2011) Analyse spatiale de l'information géographique. Première édition, presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN 978-2-88074-902-6.
- D.P.T.A. (2012) Monographie de la wilaya de Djelfa. Ed. Direction de la planification et l'aménagement du territoire, Djelfa, 227p.
- Cardenas, G., L. Malherbe (2004) Géostatique et prise en compte l'aspect temporel. Etude n°12, Rapport INERIS DRC-04-55277-2IEN-MECO-04.0093, LCSQA-www.lcsqa.org.
- Ghibeche, I. (2011) Contribution à la régionalisation stochastique des paramètres physicochimiques eaux souterraine - Application à la région de Djelfa. Mémoire de Magister, ENSA Alger.
- O.M.S (1994) Directive de la qualité pour l'eau de boisson, 2<sup>ème</sup> Ed., Recommandations, Vol.1, Organisation Mondiale de la Santé, OMS, Genève.
- Ouanouki, B. (2012) Modélisation de la demande en eau dans une région aride. Cas de la Wilaya de Djelfa. *Revue Nature et Technologie* 6 :93-105.
- Pesson, P., G. Leynaud (1976) La Pollution des eaux continentales : Incidences sur les biocénoses aquatiques (Géobiologie, écologie, aménagement), Gauthier-Villars, Paris, 285p.
- Rodier, J., C. Bazin, J.P. Broutin, P. Chambon, H. Champsaur, L. Rodi (1996) L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 8<sup>ème</sup> édition, Paris, 1383p.
- Smida, H. (2008) Apports des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour une Approche Intégrée dans l'étude et la Gestion des Ressources en eau des Systèmes Aquifères de la Région de Sidi Bouzid (Tunisie centrale), Thèse Doctorat, Université de Sfax, 341 p.