



## **IMPACT DES FLUCTUATIONS CLIMATIQUES SUR LA QUANTITE ET LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES D'UNE REGION SEMI-ARIDE : CAS DE LA PLAINE DE GHRISS (NORD-OUEST ALGERIEN)**

*OUISS.*

Département de l'hydraulique, Université de Mascara, Bp 305 Route de Mamounia  
29000 MASCARA, ALGERIE

ouissaliha@yahoo.fr

### **RESUME**

Le développement économique de la ville de Mascara (Nord Ouest de l'Algérie), basé essentiellement sur l'agriculture, nécessite une mobilisation de plus en plus importante des ressources en eaux, avec un recours croissant à l'irrigation.

Pour en estimer l'impact sur l'équilibre hydrodynamique de la nappe, la présente étude a été menée dans le périmètre la plaine de Ghriss, l'un des secteurs irrigués les plus importants de Mascara où l'irrigation se fait à partir des eaux souterraines. Après un descriptif climatique, hydrologique et hydrogéologique, nous analysons l'évolution piézométrique. On assiste à une baisse continue dans l'ensemble des piézomètres étudiée, avec un rabattement maximal de 54,2 mètres en 11 ans. Cette diminution est principalement due à l'affaiblissement des précipitations et à l'augmentation du nombre de points d'eau et la surexploitation de ces nappes.

A la lumière des résultats des analyses physico-chimique, il apparait que les eaux captées par ces forages sont regroupés de deux faciès chimiques dominants : « bicarbonate calcique et magnésienne » et « chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne bicarbonate ». Elles sont assez minéralisées mais dans la limite de la potabilité.

La cartographie des nitrates, chlorures et conductivité électrique mesurées aux forages, révèle la présence d'une pollution par les nitrate et les chlorure au Nord Ouest de la plaine, cette zone se caractérise par l'interférence des rejets industriels et urbains.

**Mots clés :** Eau souterraine, qualité et quantité, Plaine de Ghriss, piézométrie, ressource en eau, zone semi-aride.

## ABSTRACT

Economic development of Mascara city (North West Algeria), based primarily on agriculture, requires mobilization increasingly important water resources, with an increasing use of irrigation.

To estimate the impact on the hydrodynamic equilibrium of the water, the present study was conducted in the perimeter plain of Ghriss, one of the largest irrigated areas of Mascara where irrigation is from groundwater. After a description of climate, hydrological and hydrogeological, we analyze the evolution piezometric. We are witnessing a steady decline in all piezometers studied, with a maximum drawdown of 54.2 m in 11 years. This decrease is mainly due to the weakening of rainfall and the increasing number of water points and overexploitation of groundwater.

In light of the results of physico-chemical analyzes, it appears that the water collected from these boreholes are grouped in two facies dominant chemical "calcic bicarbonate and magnesian " and " chlorinated and sulfated calcic and magnesian bicarbonate." They are enough mineralized in the limit of potability. Mapping of nitrate, chloride and electrical conductivity measured at boreholes, reveals the presence of pollution by nitrate and chloride in the northwest of the plain, the area is characterized by the interference of industrial and municipal discharges.

**Keywords :** Groundwater quality and quantity, Plain Ghriss, piezometry, water resources, semi-arid zone.

## INTRODUCTION

En Algérie, la demande en eau et la sécheresse associées ont causé une diminution de quantité et la qualité des eaux souterraines. La pénurie de ressources hydriques superficielles a entraîné, pendant les dernières années, une exploitation intensive des nappes souterraines surtout à usage agricole, ce qui a produit de fortes baisses de niveaux phréatiques.

La plaine de Ghriss, située dans le Nord Ouest de l'Algérie est une zone à climat semi-aride. Le développement agricole de la plaine conjugué aux effets de la sécheresse persistante depuis le début des années 1980 a provoqué la surexploitation de la nappe: les prélèvements annuels sont d'environ 33 millions de m<sup>3</sup>/an. Alors que les besoins en eau des cultures irriguées de la plaine à 7 000 m<sup>3</sup>/ha/an. Cela se traduirait par une consommation de 52,7 millions de m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation agricole. L'alimentation en eau potable et les besoins de l'industrie totalisent un volume de 12 millions de m<sup>3</sup>/an.

Notre étude, qui fait suite aux travaux de mise en place d'un réseau de contrôle piézométrique et forage à la plaine de Ghriss, traite de l'impact de fluctuation climatique sur la dynamique de la nappe au niveau de ce secteur.

## **CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE**

La plaine de Ghriss fait partie du bassin versant de l'oued Fekan qui s'étend sur une superficie de 1185 km<sup>2</sup>. Située dans le Nord-Ouest algérien, entre 35° 32' 60 et 35° 5' 28" de latitude N et entre 0° 4' 48" W et 0° 27' 0" E de longitude, elle est limitée au Nord par les monts de Béni Chougrane, au Sud par les monts de Saida, à l'Ouest par les monts de Bouhanifia et à l'Est par le plateau de Tirenifine (Fig. 1). Administrativement, la région dépend de la wilaya de Mascara.

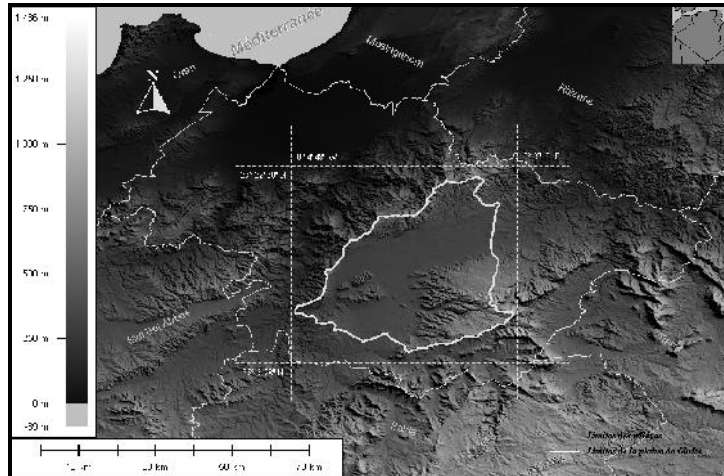
La plaine est une étendue plate de 470 mètres d'altitude moyenne, surplombée par des reliefs de bordure élevés jusqu'à 1100 mètres d'altitude au Sud (montagne de Nesmoth). La limite Nord de la plaine est distante de la mer méditerranée de moins de 100 kilomètres et sa limite Sud se trouve à une centaine de kilomètres de l'Atlas saharien. Par conséquent, elle se trouve soumise à la fois aux influences climatiques méditerranéennes et sahariennes. Ces dernières sont nettement prédominantes du fait de l'écran formé par les monts de Béni Chougrane au Nord. Le climat est semi-aride avec des précipitations très irrégulières d'une année à l'autre.

La pluviométrie moyenne annuelle de la plaine de Ghriss est comprise entre 300 et 600 mm/an, avec une moyenne interannuelle de 420 mm/an.

La moyenne annuelle des températures est de 16,5 °C. Les moyennes mensuelles varient de 22 à 26 °C au cours des mois de juin et septembre et de 8 à 18 °C d'octobre à mai. Au cours de la même journée, les écarts de température sont en moyenne de 12 °C en janvier et de 18,5 °C en juillet. La différence moyenne annuelle est de 14,5 °C.

L'évapotranspiration réelle moyenne de la région est de l'ordre d'environ 300 mm/an, pour la période 1976-2001. L'humidité enregistrée à la station de Mascara pendant la période 1985-2005 varie en moyenne de 46 % en juillet à 75 % pour le mois de décembre. Les vents dominants sont d'orientation Nord-Ouest.

Bien que d'origine méditerranéenne, l'action des vents est surtout desséchante et augmente l'évapotranspiration.



**Figure 1 :** Localisation de la plaine de Ghriss

## CONTEXTE GEOLOGIQUE

La plaine de Ghriss est une cuvette d’effondrement à topographie plane, encadrée de reliefs aux aspects géologiques divers.

### **Bordure Nord et Ouest**

Les Monts des Beni-Chougrane sont allongés en arc de cercle en direction Sud-Sud Ouest et Nord-Nord Est, très plissés, à ossature Crétacé et recouvrement Tertiaire très épais. Ce sont les vestiges de l’ancien sillon méditerranéen, effondrés et transportés par charriage en deux ensembles principaux ; le Crétacé moyen et supérieur et le Nummulitique (Eocène et Oligocène).

### **Bordure Sud**

Les Monts de Saida constituent la bordure Sud de la plaine. Ils ont subi une intense tectonique cassante ; ces ensembles s’enfoncent légèrement vers le Nord, ce qui favorise l’écoulement et le drainage des eaux vers la plaine.

A Ain Fekan cet ensemble calcaréo-dolomitique du Jurassique Supérieur est limité par une faille qui le met en contact avec le Crétacé inférieur argilo-gréseux. Cette interruption soudaine de la perméabilité des terrains est à l’origine des sources des Aiounes Fekan, où le Crétacé constitue un véritable barrage souterrain. Des dépôts de destruction, sables argileux rouges et conglomérats, se sont amassés au pied des Monts de Sidi Kadda sur de grandes épaisseurs par endroits.

**Bordure Est**

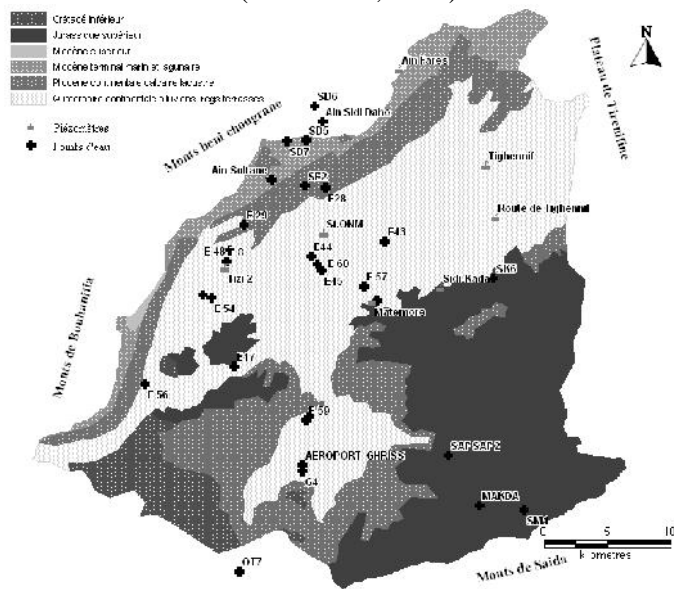
A L'Est de Tighenif, les affleurements de marnes et d'argiles de L'Oligocène et du Miocène forment une barrière imperméable qui limite nettement les bassins versants de la plaine de Ghriss et de l'Oued Mina. La surface topographique confirme cette séparation.

**Centre de la plaine**

La cuvette correspond à une zone de subsidence marquée par la flexure des couches du Néogène, en bordure des Monts des Beni-Chougrane ; les apports d'alluvionnement argilo sableux de L'Oued Maoussa continuent de permettre à cette subsidence d'évoluer.

Le substratum, effondré, est constitué par les calcaires dolomitiques du Jurassique Supérieur. Au dessus, se sont déposé localement des conglomérats de base puis un remplissage marin d'argile et marne grisâtre et verdâtre du Miocène inférieur et Moyen.

Au centre de la plaine, la subsidence a permis l'accumulation d'une grande épaisseur de calcaire lacustre. (Sourisseau, 1974).



**Figure 2 :** Carte géologique de la plaine de Ghriss

## **CONTEXTE HYDROGEOLOGIE**

La plaine de Ghriss est une identité hydrogéologique indépendante, formée par une superposition de couches perméables aquifères séparées par des formations imperméables qui retiennent ou mettent en charge ces nappes. Ainsi, quatre différentes nappes ont pu être identifiées soit de haut en bas, de la plus récente à la plus ancienne.

### **Nappe superficielle**

Elle est contenue dans les dépôts alluvionnaires natifs de la désagrégation des grès, des calcaires lacustres, des calcaires dolomitiques et des marnes des bordures du bassin versant de la plaine. Cette nappe ayant pour exutoire Ain Fekan est alimentée suivant trois processus qui sont :

- Alimentation directe par sa propre surface.
- Alimentation par les aquifères adjacents (soit infiltration latérale directe, soit par l'intermédiaire de source).
- Alimentation par les oueds principalement en période de crue.

### **Nappe des calcaires lacustres**

C'est une formation hétérogène dont l'extension est beaucoup plus grande. La mise en charge de cette nappe se fait entre les argiles marneuses blanches et rouges du toit et les argiles marneuses vertes du Miocène du mur, les communications avec les autres nappes deviennent alors très difficiles.

### **Nappes des sables et grés de Tighenif**

Comme celle des calcaires lacustres, cette nappe est alimentée aux affleurements dans les Beni Chougrane et se biseaute sous la plaine. Elle est bien développée dans le Nord Est de la plaine.

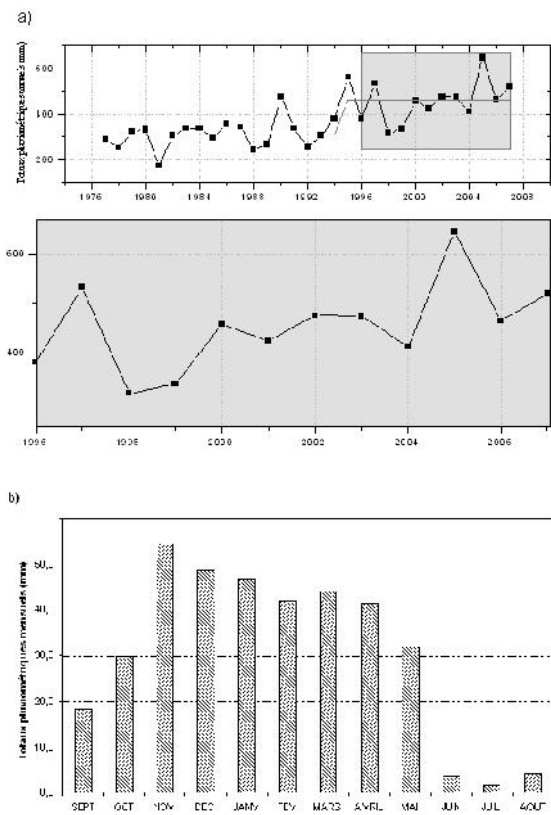
### **Nappe des calcaires dolomitiques**

Cette nappe est contenue dans la partie supérieure des calcaires qui sont fissurés et karstiques. Les eaux qui s'infiltrent sur les Monts de Saida s'écoulent vers l'Ain Fekan, par de grandes fissures et cavernes.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**Évolution pluviométrique**

Il est possible de distinguer différents régimes pluviométriques pour la station de Ain Fares (Fig. 3 (a)). Tout d'abord, la période 1977 à 1994 se caractérise par une moyenne annuelle de 311,08 mm, et qui correspond à une période sèche. Puis, de 1994 à 2007 la pluviométrie devient plus élevée (moyenne annuelle de cette période : 461,13 mm.) . Pour les onze dernières années d'observations, la hauteur moyenne interannuelle d'eau précipitée est de 459,4 mm, avec un écart-type de 91,93 mm et un coefficient de variation de 20 %. Les hauteurs d'eau annuelle extrêmes mesurées sont de 315,7 mm en 1998 et 646,5 mm en 2005.



**Figure 3 : (a) Variation des précipitations moyennes annuelles à la station de Ain Fares sur la période (1977-2007)  
 (b) Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Ain Fares sur la période (1977-2007)**

L'analyse des précipitations mensuelles permet de mettre en évidence une période pluvieuse de octobre à mai, Les valeurs maximales sont observées au mois de Novembre 54,5 mm, le minimum est enregistré au mois de juillet avec 1,6 mm, voire (Fig. 3(b)).

### **Évolution piézométrique**

Sept piézomètres témoins (Table 1) ont été choisis afin de suivre l'évolution des niveaux piézométriques dans la plaine de Ghriss.

L'évolution des niveaux statiques (niveau par rapport au sol) correspondant au minimum annuel mesuré montre une baisse sur l'ensemble des piézomètres (Fig. 4). Un rabattement maximal de 54,2 mètres en 11 ans (entre 1997 et 2008) est enregistré sur le piézomètre de Matemore. En général, les observations effectuées sur tout les piézomètres, montrent un rabattement remarquable du niveau d'eau durant la période (1997-2008) à l'exception le piézomètre ST-ONM qui a connu une légère remontée du niveau d'eau atteignant 2,85 m.

Les deux piézomètres Tizi 1 et Sidi-Kada de profondeurs respectives 50,00m et 80,00m sont à sec, depuis juillet 1999 pour le premier et juin 2002 pour le deuxième.

Cette situation est liée principalement aux longs épisodes de sécheresse qui ont sévi sur la région et à la surexploitation de la plaine à la suite de l'intensification des superficies agricoles irriguées.

En effet à partir de 1994 on a pu noter une augmentation visible de la pluviométrie (Fig. 3(a)). Notamment, l'année 2005 est exceptionnellement pluvieuse avec 646,5 mm (excédentaire en deux fois la moyenne pluviométrique calculée sur 31 ans).

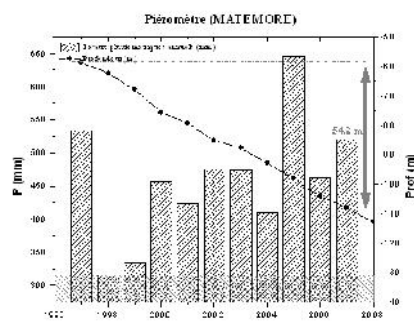
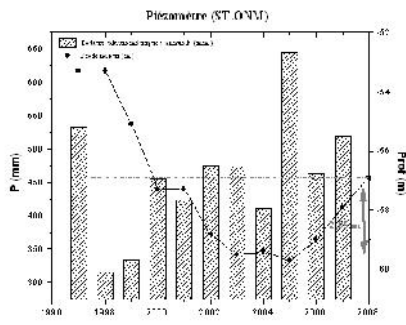
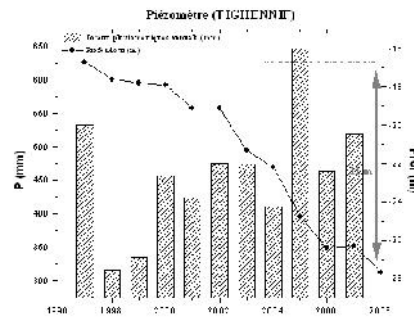
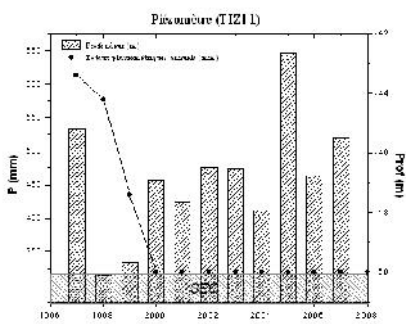
Cette situation pluviométrique exceptionnelle se répercute bien évidemment sur la recharge efficace annuelle. Les deux piézomètres ST-ONM et ROUTE DE TIGHENNIF témoignant d'une remontée généralisée de la surface de la nappe. Cela est du à des recharges efficaces importants par les pluies exceptionnelles de l'année 2005 (la remontée de la surface de la nappe, respectivement est de plus 2,85 et 1 m). Par contre le phénomène d'accroissement est continue pour les autres piézomètres, cette différence est expliquée, d'une part par la variation des perméabilités des terrains traversés et d'autre part, par l'intensité des pompages dans les différentes parties de l'aquifère.



*Impact des fluctuations climatiques sur la quantité et la qualité des eaux souterraines d'une région semi aride : Cas de la plaine de Ghriss (Nord Ouest algérien)*

**Tableau 1 : Coordonnées des piézomètres étudiés**

N°	LOCALISATION	PROF (m)	COORDONNEES LAMBERT		MARGELLE
			X	Y	
P2.1	Tizi 1	50	263,42	230,25	2,58
P2.2	Tizi 2	190	263,4	230,25	2,61
P0.3	St.ONM	95	271,2	232,75	1,26
P0.4	Matemore	131	274,9	227,35	2,54
P0.5	Sidi-Kada	80	280,27	228,25	2,59
P0.6	Tighennif	90	284,1	237,65	1,15
P0.7	Route de Tighennif	60	284,77	233,6	2,45



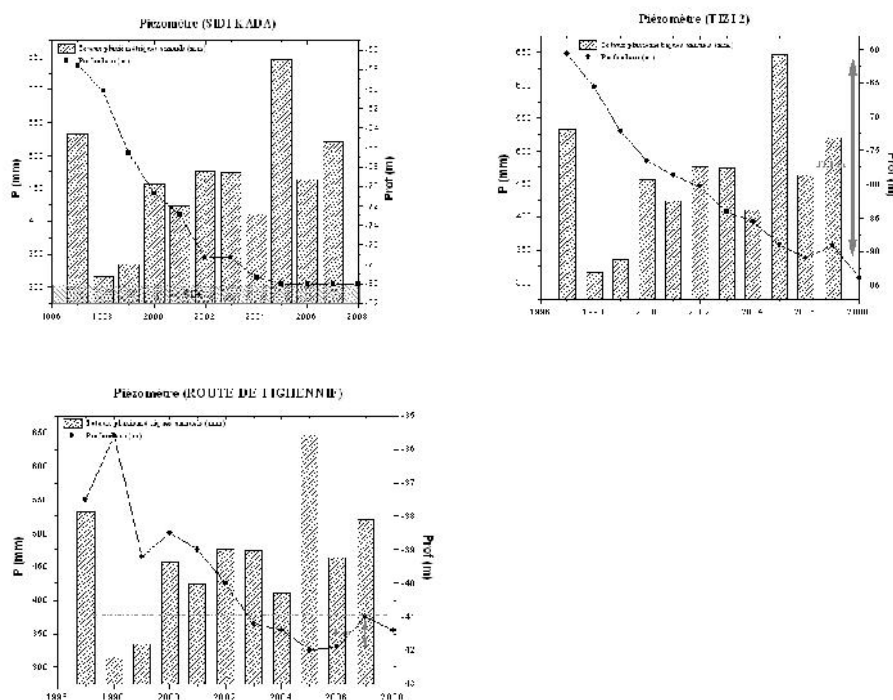


Figure 4 : Évolution comparative des tendances temporelles des précipitations et de la piézométrie sur la période (1997-2008).

## CONTEXTE HYDROCHIMIQUE

Un échantillonnage portant sur une trentaine de points d'eau, source, puits et forages a été réalisé (Fig. 5). L'échantillonnage s'est effectué au mois de septembre de l'année 2010. Les conductivités électriques, la turbidité et le pH ont été mesurés sur le terrain. Les résultats des analyses chimiques des éléments majeurs effectuées par laboratoire de l'ANRH d'Oran.

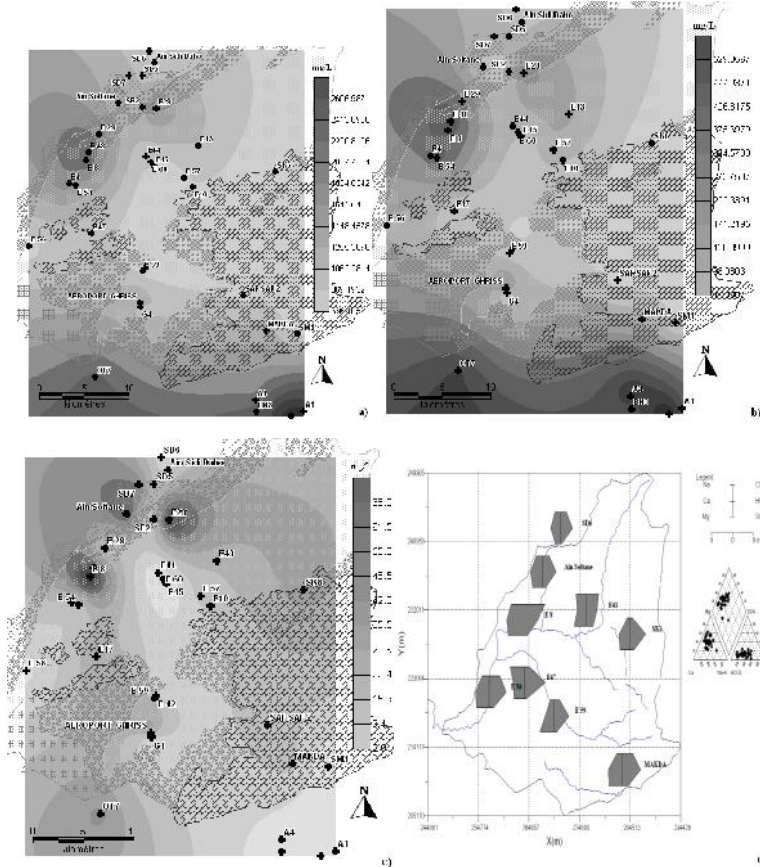
La zone Nord-Ouest de la plaine contient des eaux de mauvaise qualité avec des teneurs élevées en  $Cl^-$  et  $NO_3^-$ . La basse de la qualité de ces eaux peut s'expliquer en tenant compte du fait que nous sommes dans une zone industrielle.

Dans la bordure montagneuse au Nord de la plaine on obtient des eaux de meilleure qualité, qui contiennent nettement du carbonate calcique. Ce sont des eaux provenant de l'infiltration du ruissellement du massif montagneux. (Voir les diagrammes de Stiff, les sources de Ain Soltan et Sidi Daho et les forages de SD7, SD6 et SD5)

Les eaux de la plaine de Ghriss ont des conductivités variant de 668 à 2610  $\mu S/cm$  (Fig. 5(c)). Malgré cette variabilité les eaux de la nappe se répartissent dans deux familles principales; « bicarbonate calcique et magnésienne » et

« chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne » (Voir les diagrammes de Piper). Les conductivités les plus faibles se situent au centre de la plaine près de l'oued Fekane ; elles augmentent assez régulièrement vers le Nord-Ouest pour atteindre leur maximum près de la zone industrielle forage E8. La carte des chlorures confirme cette évolution et augmentent approximativement dans le sens des écoulements des eaux.

La répartition spatiale du nitrate est presque identique à celle des conductivités électriques et chlorure avec toujours la plus forte concentration située au Nord-Ouest de la plaine au niveau du forage ; E8 (335 mg/l ; Cl et 71 mg/l ; NO<sub>3</sub>).



**Figure 5 :** (a) Carte de répartition de la conductivité électrique dans la plaine de Ghriss. (b) Carte de répartition des chlorure dans la plaine de Ghriss (c) Carte de répartition des nitrates dans la plaine de Ghriss (d) Diagramme de Stiff et Piper des eaux de la plaine de Ghriss.

## CONCLUSION

Aux termes quantitatifs, on constate une baisse continue du niveau d'eau, Cette baisse, d'une cinquantaine de mètres, s'explique principalement par la surexploitation des eaux souterraines et aux longs épisodes de sécheresse qui ont sévi sur la région.

En termes qualitatifs, la représentation des analyses chimiques révèle que la zone Nord-Ouest de la plaine contient des eaux de mauvaise qualité avec des teneurs élevées en  $\text{Cl}^-$  et  $\text{NO}_3^-$ , cette zone se caractérise par l'interférence des rejets industriels et urbains. Part contre, dans la bordure montagneuse au Nord de la plaine on obtient des eaux de meilleure qualité, qui contiennent nettement du carbonate calcique. Ce sont des eaux provenant de l'infiltration du ruissellement du massif montagneux.

On conclusion aux termes de nos hypothèses, il est nécessaire de penser à mettre en place une véritable politique des eaux. Cette politique permettrait le développement et le renouvellement du secteur, afin d'éviter toute surexploitation, principalement à travers des prélèvements illicites, ainsi nous proposons comme solution globale l'installation des stations de traitement avec des supports spécifiques à l'aval de chaque industrie et agglomération importante.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). (2000). Inventaire des points d'eau de la plaine de Ghriss, rapport. Oran : Direction régionale Ouest de l'ANRH.
- BEKKOUSSA B, MEDDI M, JOURDE H. (2008). Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride : cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien). *Sécheresse* ; 19 (3) : 173-84.
- BENFETTA H., REMINI B., LARID M., BOUKARY I. (2008) Etude des fluctuations des eaux souterraines de la plaine de la Ghriss Mascara – Algérie. BALWOIS- Ohrid, Republic of Macedonia - 27, 31.
- MEDDI M, HUBERT P. (2003). Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord Ouest de l'Algérie. *Hydrology of mediterranean and semiarid regions. Proceedings of an international symposium held at Montpellier. IAHS Publication N° 278.* Wallingford (Great Britain): IAHS Press.
- MECHAI N. (1970) Étude agropédologique de la plaine de Ghriss, rapport. Alger : Service des études scientifiques (SES).
- MEDDI M, MEDDI H. (2009) Étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaînes de Markov. (1930-2003). *Courrier du Savoir* N° 09, pp.39-48.

*Impact des fluctuations climatiques sur la quantité et la qualité des eaux souterraines  
d'une région semi aride : Cas de la plaine de Ghriss (Nord Ouest algérien)*

ACHITE M., REZAK S., BENBOUALI A. Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation en zone semi aride. Cas des eaux souterraines de la nappe superficielle de la plaine de Ghriss (wilaya de mascara).