UFAS – SETIF 1

Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

**REVUE AGRICULTURE**

Revue home page: http.www: http://revue-agro.univ-setif.dz/

# Risque de salinisation et d'alcalinisation des sols par les eaux d'irrigation de l'aquifère superficiel à Oued M'Zab (Algérie)

**Hadjira BENHEDID[1*], Mustapha DADDI BOUHOUN[1], Fouzi BENBRAHIM[2], Ahmed CHAABNA[3] et Mohamed DJIDEL[4]**

[1]Univ. Ouargla, Lab. Protection des Ecosystèmes en Zones arides et Semi-arides, Ouargla, Algérie,
[2]Univ. Ghardaïa, Lab. bio-ressources sahariennes: Préservation et Valorisation, Ouargla, Algérie,
[3]Univ. Ouargla, Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Ouargla, Algérie,
[4]Univ. Ouargla, Lab. Géologie du Sahara, Ouargla, Algérie.

E-mail : *hbenhedid@gmail.com

**ARTICLE INFO**

*L'histoire de l'article*
Reçu :
Accepté : 27/12/2019

**Mots clés :** Risque, salinité, sodicité, aquifère superficiel, Oued M'Zab.

**RESUME**

Notre travail a porté sur l'étude de la qualité des eaux de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab afin de déterminer leurs aptitudes d'utilisation en agriculture. Notre approche méthodologique adoptée consiste à faire une étude spatiale de la salinité et de la sidicité des eaux, ainsi que la classification de la qualité des eaux par rapport les normes d'irrigation. Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail montrent que les eaux de la nappe sont de qualité médiocre pour l'irrigation, présentant des risques de salinisation pour les sols, ce qui exige une bonne conduite de l'irrigation qui permet le lessivage des sels. Le danger d'alcalinisation est entre faible et moyen avec un risque de toxicité sodique possible pour les cultures sensibles.

## 1. INTRODUCTION

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées (Bouaroudj, 2012). De ce fait, La qualité de l'eau d'irrigation varie en fonction de la nature et de la quantité des sels dissous. L'augmentation de la teneur en sels est à l'origine de plusieurs problèmes pour le sol et les plantes. Les problèmes les plus rencontrés sont associés à la salinité, sodicité, toxicité spécifiques de certains ions et d'autres problèmes liés à l'excès d'azote et aux bicarbonates (Daddi Bouhoun, 1997).

Dans le sud Algérien et notamment dans la vallée du M'Zab, le déficit hydrique climatique est tel que le recours à l'irrigation est une nécessité vitale pour la production agricole. Les eaux souterraines sont les seules ressources permettant de faire face aux besoins de l'irrigation et des différents usages domestiques d'où la nécessité de bien étudier la qualité de ces eaux et de les protéger contre tout risque de contamination (Taleb Bahmed, 2008).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux d'irrigation de la nappe superficielle de la vallée du M'Zab à travers la détermination de la conductivité électrique (C.E.) et le Sodium Adsorption Ratio (S.A.R.), en vue de leurs utilisations dans l'agriculture.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 1.2. Zone d'étude

Notre travail a était réalisé dans la vallée du M'Zab, elle est située à 600 km au sud de la capitale Alger. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa (Benhedid, 2015; Achour et *al.*, 2016).

Le bassin du M'Zab s'étend sur une superficie de 5000 $km^2$ environ. Ses contours sont imprécis dans la partie orientale. Oued M'Zab coule sensiblement d'Ouest en Est sur 320 Km, de la région de Botma-Rouila à 750 m d'altitude, à la Sebkhet Safioune, qui est à la cote 107 m, avec une pente assez forte entre Ghardaïa et Bounoura (Dubief, 1953). Sa largeur varie entre 1,50 à 2,35 km en amont et diminue au fur et à mesure vers l'aval pour atteindre 0,55 km tout au sud de la ville d'El Atteuf (Achour, 2014).

Les principales ressources en eau dans cette zone sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères: l'aquifère superficiel d'alluvionnaire quaternaire, et l'aquifère profond ; Continental Intercalaire (Bensaha et *al.*, 2011 ; Benhedid, 2015).

Pour bien évaluer la qualité des eaux de la nappe superficielle à Oued M'Zab en vue de leur utilisation dans l'irrigation, notre étude a été menée dans quatre stations d'études par rapport aux communes de Daya Bendahoua, Ghardaïa, Bounoura et El Atteuf, réparties le long de Oued M'Zab de l'amont vers l'aval (Fig.1).

### 2.2. Méthodes d'étude

Nous avons effectué pour quarante-cinq puits traditionnels répartis de l'amont vers l'aval de l'oued M'Zab, avec un nombre variable entre les stations d'études des mesures physico-chimiques. Permettant la classification de ces eaux par rapport les normes d'irrigation données par le laboratoire de Riverside et modifiée par Durand (1983). Le nombre des sites d'étude dans les stations de Daya Bendahoua, Ghardaïa, Bounoura et El Atteuf est respectivement de 5, 29, 6 et 5 (Fig.1).

Les prélèvements des échantillons des eaux sont effectués selon les normes de Rodier et *al.* (2009). Ils ont duré dans la période des hautes eaux de février à mars 2013. Les paramètres étudiés sont la C.E. et le S.A.R. dont la C.E. a été mesuré à l'aide d'un conductimètre, de type L.F. 538, le S.A.R. s'exprime à partir des concentrations (en meq/l) des ions $Na^+$, $Ca^{++}$ et $Mg^{++}$ dans les eaux selon la formule suivante :

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$$

Le dosage du $Na^+$ a été fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme et le dosage de $Ca^{++}$ et $Mg^{++}$ a été effectué par titrimétrie.

Afin de déterminer la répartition spatiale de risque de salinisation et d'alcalinisation des sols par les eaux de l'aquifère superficiel, les résultats obtenus sont représentés sous forme des cartes réalisées grâce au logiciel Surfer 11 sur fond d'image satellitaire de Google Earth, 2013.

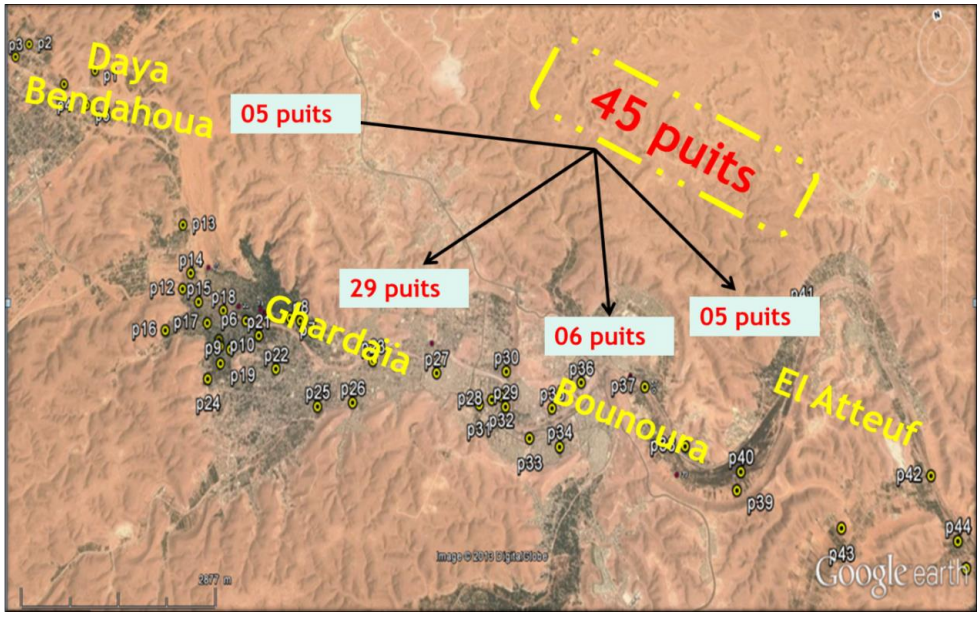


**Figure 1.** Localisation des puits de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Salinité de l'eau

La classification de la salinité des eaux donnée par le laboratoire de Riverside et modifiée par Durand (1983), montre la présence de trois classes suivantes (Fig. 2 et Tabl. 1):

1. **Classe C3 (750 < C.E. < 2250 µS/cm):** elle représente quatre échantillons seulement sur l'ensemble des points des eaux analysées avec un pourcentage de 9 %. Ces quatre points P5 de Daya Bendahoua, P12 et P33 de Ghardaïa et le puits P37 de la station Bounoura. Ce sont des eaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires, et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées ;

2. **Classe C4 (2250 < C.E. < 5000 µS/cm):** elle comporte la majorité des puits, soit un pourcentage de 62 %; ce qui montre que la plupart des eaux de cette nappe ont une très forte salinité. Ces eaux inutilisables normalement, à l'exception des sols très perméables avec un bon drainage, et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

3. **Classe C5 (5000 < C.E. < 20000 µS/cm):** elle représente la plupart des points situés dans la station d'El Atteuf avec 80 % et 50% pour les puits de Bounoura, alors qu'elle ne représente que 29 % de l'ensemble des puits.

Les eaux de la nappe superficielle de l'Oued M'Zab représentent, en général, des eaux à salinité très forte, 62% des puits, 29% des eaux à salinité excessive et 9% des eaux à forte salinité.

La variation spatiale de la C.E. des eaux montre une augmentation de l'amont vers l'aval, suivant le sens d'écoulement des eaux. Le lessivage des sels par irrigation et le rejet des eaux usées, ainsi que les couches géologiques traversées par les puits favorise l'accumulation des sels dans la nappe. Aussi, le pompage excessif des eaux d'irrigation dans certains puits peut conduire à la concentration des sels, et tandis que le faible pompage ou la non utilisation des puits en hiver favorise la diminution de la salinité des eaux par dilution d'origine pluviale.

D'après Daddi Bouhoun (1997) et Couture (2004), la C.E. élevée des eaux pourrait provoquer un excès des sels solubles dans le sol, et engendrer ainsi une diminution de l'absorption de l'eau par les plantes (phénomène de la pression osmotique), et par conséquent, une réduction de la croissance végétale en fonction de la tolérance des cultures à la salinité.

**Tableau 1.** Classes de salinité des eaux de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab

| Salinité / Stations | C3 Forte salinité | | C4 Très forte salinité | | C5 Salinité excessive | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nombre de puits | % | Nombre de puits | % | Nombre de puits | % |
| **Daya Bendahoua** | 1 | **20** | 3 | **60** | 1 | **20** |
| **Ghardaïa** | 2 | **7** | 22 | **76** | 5 | **17** |
| **Bounoura** | 1 | **17** | 2 | **33** | 3 | **50** |
| **El Atteuf** | - | **-** | 1 | **20** | 4 | **80** |
| **Total** | 4 | **9** | 28 | **62** | 13 | **29** |

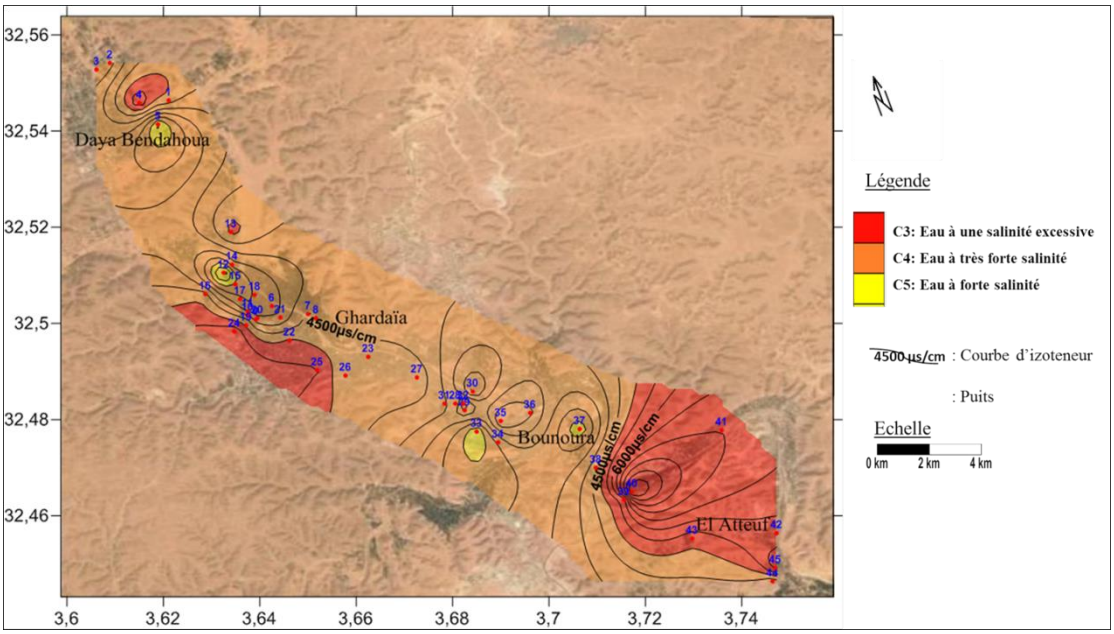


**Figure 2.** Carte du risque de salinisation des sols dans l'Oued M'Zab

### 3.2. Sodicité des eaux

La classification de Riverside, permet de déterminer le risque d'alcalinisation par classe en fonction du S.A.R. et de la C.E. des eaux sur le diagramme de Riverside (Fig. 4 ; 5 ; 6). Ils montrent la présence des quatre classes suivantes (Tabl. 2 ; Fig. 3) (Durand, 1983) :

1. **Classe S1 :** elle ne représente que 24,5 % du nombre total des points d'eau. Ce sont des eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation ;
2. **Classe S2 :** la majorité des puits appartenant à cette classe avec un pourcentage de 62,5 %, notamment les eaux du puits d'El Atteuf. Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et à forte capacité d'échange. Cette eau est utilisable sur les sols à texture grossière ou les sols organiques ayant une bonne perméabilité ;
3. **Classe S3:** Cette classe représente des eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, leur emploi exigera un bon drainage, fort lessivage, addition de matière organique, représentant 11 % des puits ;
4. **Classe S4 :** Le danger d'alcalinisation est très fort, de telles eaux sont utilisables pour l'irrigation si leur faible salinité permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment. Elle ne représente que le puits P40 avec un pourcentage de 2 %.

**Tableau 2.** Classes de la sodicité des eaux de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab

| Stations / Sodicité | Daya Bendahoua | | Ghardaïa | | Bounoura | | El Atteuf | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % |
| **S1** | 2 | **40** | 8 | **28** | 1 | **17** | - | **-** | 11 | **24,5** |
| **S2** | 2 | **40** | 17 | **58** | 4 | **66** | 5 | **100** | 21 | **62,5** |
| **S3** | 1 | **20** | 4 | **14** | - | **-** | - | **-** | 5 | **11** |
| **S4** | - | **-** | - | **-** | 1 | **17** | - | **-** | 1 | **2** |

Nb : Nombre de puits

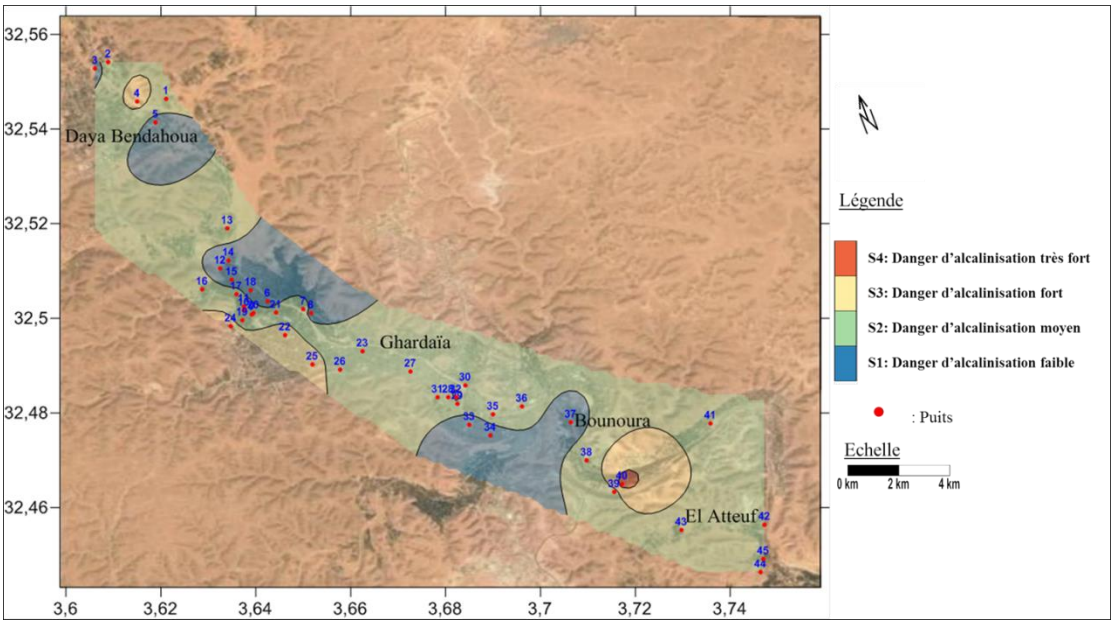


**Figure 3.** Carte du risque d'alcalinisation des sols dans l'Oued M'Zab

### 3.3. Classification des eaux d'irrigation

Les diagrammes de Riverside modifiée par Durand (1983) (Fig. 4 ; 5 ; 6) parallèlement à la détermination du risque de l'alcalinisation permet de donner la classification des eaux d'irrigation en fonction des paramètres mesurés de la C.E. et du S.A.R. Ils nous ont permis de détecter six classes d'eau dans la vallée du M'Zab, comme suit (Tabl. 3) :

1. **Classe C3-S1 :** cette classe renferme des eaux de forte salinité avec un danger d'alcalinisation faible. Elle ne représente que quatre puits ave un pourcentage de 9 % des puits ;
2. **Classe C4-S1 :** Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation faible, avec 15,5 % des points des eaux analysées ;
3. Classe C4-S2 : Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation moyen. Elle est de 47 %des puits, avec 55% pour Ghardaïa;
4. **Classe C5-S2 :** elle renferme des eaux d'une salinité excessive avec un danger d'alcalinisation moyen, d'un pourcentage de 15,5 %, elle représente 80% des eaux d'E Atteuf ;
5. **Classe C5-S3 :** avec un pourcentage de 11 % pour l'ensemble des puits, avec 20% pour Daya Bendahoua et 14% pour Ghardaïa, ce sont des eaux d'une Salinité excessive avec un danger d'alcalinisation fort ;
6. **Classe C5-S4 :** cette classe est rencontré au puits P40 et ne représente que 2 % des puits, ce sont des eaux d'une salinité excessive, avec un danger d'alcalinisation très fort.

**Tableau 3.** Classes des eaux de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab

| Stations / Classes des eaux | Daya Bendahoua | | Ghardaïa | | Bounoura | | El Atteuf | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Nb** | **%** | **N°** | **%** | **N°** | **%** | **N°** | **%** | **N°** | **%** |
| **C3-S1** | 1 | **20** | 2 | **7** | 1 | **17** | - | **-** | 4 | **9** |
| **C4-S1** | 1 | **20** | 6 | **21** | - | **-** | - | **-** | 7 | **15,5** |
| **C4-S2** | 2 | **40** | 16 | **55** | 2 | **33** | 1 | **20** | 21 | **47** |
| **C5-S2** | - | **-** | 1 | **3** | 2 | **33** | 4 | **80** | 7 | **15,5** |
| **C5-S3** | 1 | **20** | 4 | **14** | - | **-** | - | **-** | 5 | **11** |
| **C5-S4** | - | **-** | - | **-** | 1 | **17** | - | **-** | 1 | **2** |

Nb : Nombre des puits

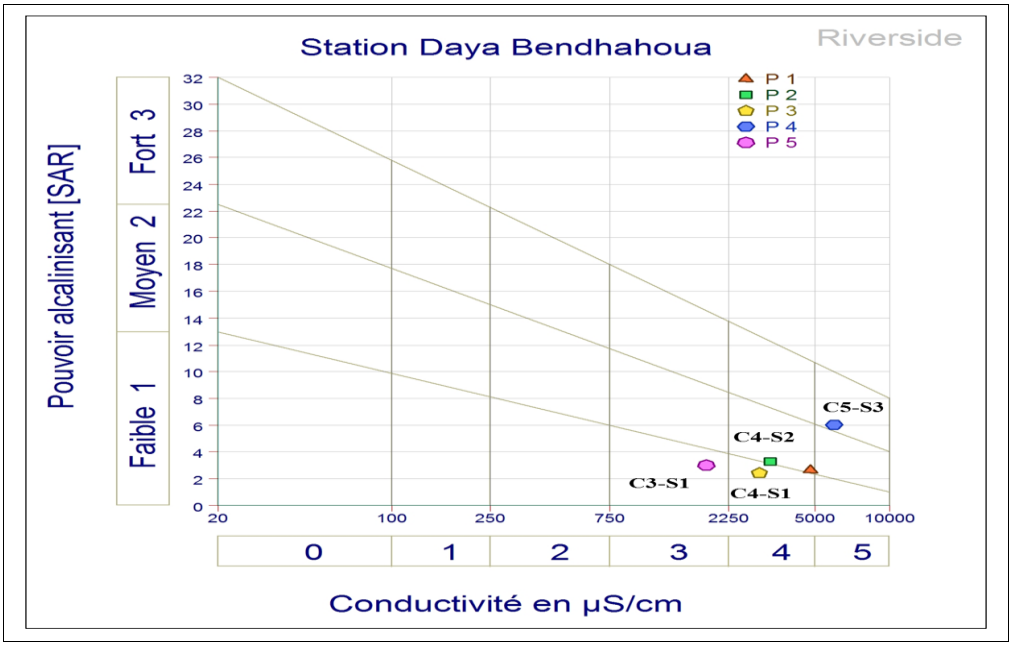


**Figure 4.** Qualité des eaux d'irrigation dans la station de Daya Bendahoua en fonction de la C.E. et du S.A.R.

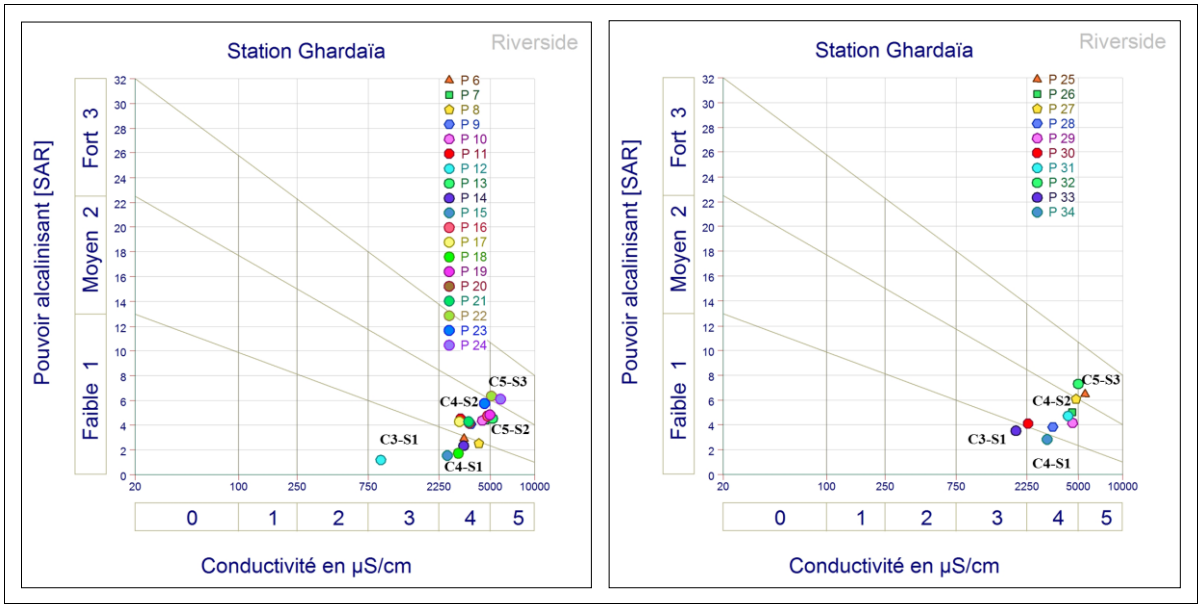


**Figure 5.** Qualité des eaux d'irrigation dans la station de Ghardaïa en fonction de la C.E. et du S.A.R.

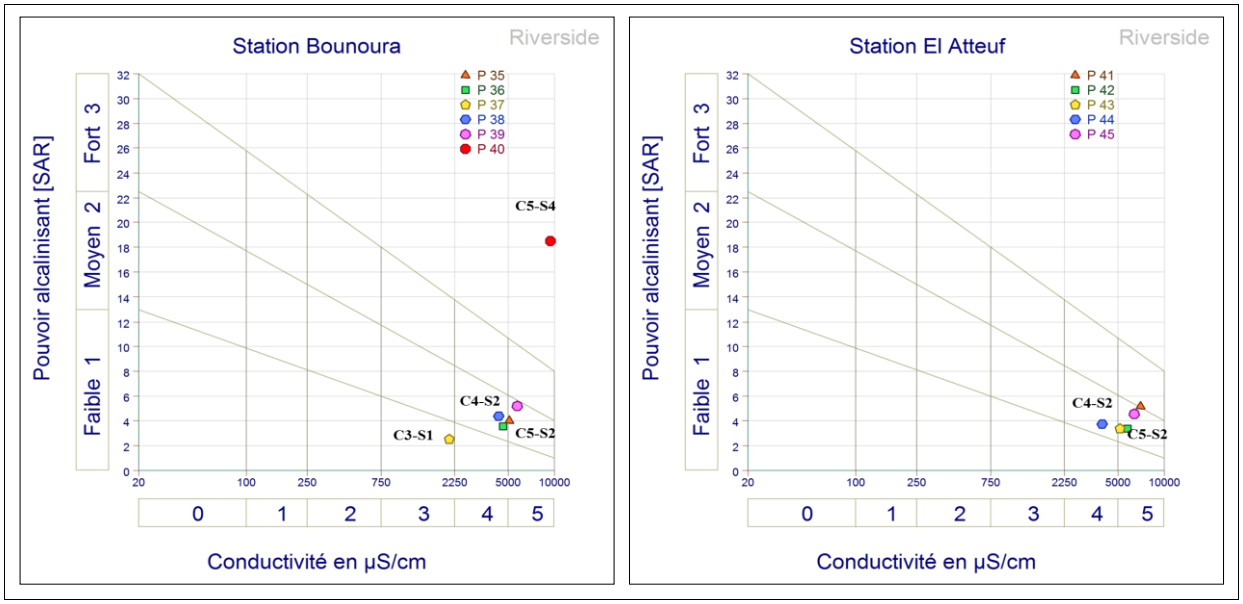


**Figure 6.** Qualité des eaux d'irrigation dans les stations de Bounoura et d'El Atteuf en fonction de la C.E. et du S.A.R.

## 4. CONCLUSION

L'étude de la qualité des eaux de l'aquifère superficiel de l'Oued M'Zab par rapport à les normes des eaux d'irrigation a permis de noter que les eaux sont fortement salines. Cette situation traduit l'effet de la lithologie, d'une part, et l'effet anthropique agro-urbain d'autre part, favorisant l'augmentation des concentrations de certains éléments.

La classification agricole des eaux indique qu'elles présentent une qualité médiocre pour l'irrigation, notamment en aval de l'Oued à Bounoura et El-Atteuf. Les eaux en général présentent un risque de salinisation pour les sols, ce qui exige une bonne conduite de l'irrigation qui permet le lessivage des sels, afin d'éviter le stress salin pour les cultures. Le danger d'alcalinisation est moyen avec un risque de toxicité sodique possible pour les cultures sensibles.

Notre étude montre une dégradation des ressources hydriques souterraines par les activités agricole et urbaine dans la vallée du M'Zab. Il faut optimiser l'utilisation de ces eaux souterraines et sensibiliser les agriculteurs à améliorer leurs pratiques agricoles. D'autres recherches seront indispensables dans la région pour contrôler la qualité de ces eaux et étudier les impacts agricoles et environnementaux, d'autres aménagements sont nécessaires dans une perspective de sauvegarder notre écosystème au service d'un développement durable dans la vallée du M'Zab.

## 5. REFERENCES

ACHOUR M., 2014. Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride, cas de la vallée du M'zab. Mém magister. Univ. Oran.143p.

ACHOUR M., HASSANI M.I., MANSOUR H. et HADJ BRAHIM A., 2016. Apport du SIG à l'établissement de la carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe d'Inféro-flux de l'oued M'zab, Algérie. 1er Séminaire National : Eau et Environnement – SNEE 01 – Mila : 28-29 Novembre 2016. 7p.

BENSAHA H., BENSAHA L., ACHOUR M., 2011. Réflexions pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab. Colloque international Usages écologique, économiques et sociaux de l'eau agricole en Méditerranée: Quels enjeux pour quels services ? (Université de Provence, France, 2011), 12p.

BNEHEDID H., 2015. Etude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab. Mém magister. Université KASDI MERBAH Ouargla. 149p.

BOUAROUDJ S., 2012. Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mém magister. Université Mentouri Constantine. 75p.

COUTURE I., 2004. Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est. AGRI-VISION 2003-2004. 8p.

DADDI BOUHOUN M., 1997. Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse Magister, El-Harrach, I.N.A., 180p.
DUBIEF J., Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara, (Service des études scientifiques, Alger, 1953), 457p.
DURAND J.H., 1983. Les sols irrigables : Étude pédologique. Presse Universitaire de France. Collection. Ed. ACCT et CILF. Paris. 339p.
TALEB BAHMED M., 2008. Évaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab (Cas d'El-Atteuf). MémIng, El Harrach, E.N.S.A.70p.