

# Impacts des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines en zone semi-aride, Algérie

F. Bouteldjaoui<sup>1</sup>, I. Mokeddeme<sup>2</sup>; L. Oualkacha<sup>3</sup>, Aïssata daouda diallo<sup>4</sup>, N. Boujelben<sup>5</sup>, Dorsaf Ben Othman<sup>6</sup>, F. Aitnouh<sup>7</sup>, M. Achak<sup>8</sup>; J.L. Oliver<sup>9</sup>; M. Bessenasse<sup>(1,10)</sup>, A. Kettab<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> *Ecole Nationale Polytechnique d'Alger -Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau – Alger – Algérie*

<sup>(2)</sup> *Faculté des Sciences et Technologies, Dpt d'Hydraulique, Université TAHRI MOHAMED, Béchar Algérie.*

<sup>(3)</sup> *University Hassan II of Casablanca, Morocco, B.P. 146, Mohammedia,*

<sup>(4)</sup> *Institut Supérieur d'Enseignement Technologique de Rosso- Nouakchott Mauritanie*

<sup>(5)</sup> *Ecole Nationale d'Ingénieurs De Sfax, BP W 3038 Sfax, Tunisia*

<sup>(6)</sup> *FST University of Tunis El Manar Tunisia*

<sup>(7)</sup> *Centre National d'Etudes et de Recherches sur l'Eau et l'Energie, Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc*

<sup>(8)</sup> *Université Chouaib Doukkali, Ecole Nationale des Sciences Appliquées, El Jadida, Maroc*

<sup>(9)</sup> *Académie de l'Eau, France*

<sup>(10)</sup> *Université Said Dahleb Blida ; Algeria*

*Corresponding author's: theldjaoui@yahoo.fr*

**Abstract**— Située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, la plaine de Ain Oussera s'insère dans un vaste ensemble faisant partie des Hautes Plaines Algéroises, caractérisée par un climat semi-aride. Les eaux souterraines de la plaine constituent la principale ressource pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. L'aquifère albien subit, depuis plusieurs décennies, une forte pression anthropique due à une surexploitation locale des ressources, ce qui contribue à la dégradation quantitative et qualitative des eaux souterraines.

**Key-Words**— *Ressources en eau, semi-aride, hydrochimie, salinisation, Ain Ousse.*

## I. INTRODUCTION

Dans les hautes plaines steppiques Algériennes,

les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement en eau potable, agricole et industrielle vu la rareté des eaux de surface. Leur exploitation a considérablement augmenté au cours des dernières décennies pour satisfaire le besoin croissant en eau potable et les activités industrielles et agricoles, accroissant la sensibilité et la fragilité de ces ressources vitales face au changement global [1]. Cette situation a exigé de nouvelles approches pour la planification et la gestion de l'eau. La plaine de Ain Oussera se situe dans la région centrale des hautes plaines steppiques Algériennes, est un cas typique des régions semi-arides à arides, elle se trouve dans une zone où la mobilisation des eaux superficielles est nulle et les besoins en eau pour les différents usages sont assurés par l'exploitation des eaux souterraines [2]. L'intensification des activités agricoles, la croissance démographique et les

conditions climatiques défavorables, à savoir une sécheresse persistante depuis plus de 20 ans et une évaporation très importante, sont des facteurs qui contribuent d'une part à la diminution des réserves du système aquifère de la plaine de Ain Oussera, et d'autre part à la dégradation de la qualité de ces eaux souterraines [3]. L'objectif de la présente étude englobe la caractérisation hydrochimique de l'aquifère Albien de la plaine de Ain Oussera, ainsi qu'une évaluation qualitative de la ressource en eaux souterraines en vue d'une gestion durable de ces ressources.

## II. MATERIEL ET METHODES

Une campagne d'échantillonnage (mai 2014) a intéressé 27 points d'eau répartis de façon homogène sur la zone d'étude (Fig. 1). La conductivité électrique, le pH et la température ont été mesurés sur le terrain. Les analyses chimiques des éléments majeurs ont été effectuées au laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique d'Alger (ANRH). Les ions majeurs ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique pour les cations, les teneurs en anions majeurs ont été déterminées au laboratoire par chromatographie liquide.

## III. CADRE GENERAL

Située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, au sein de la Wilaya de Djelfa, la plaine d'Ain Oussera s'insère dans un vaste ensemble faisant partie des Hautes Plaines Algéroises, à 200 Km environ au Sud d'Alger (Fig. 1). Elle est située entre 2°20' et 3°25' de longitude Est, et entre 34°55' et 35°40' de latitude Nord. Elle couvre approximativement une superficie de 3790 Km<sup>2</sup>. C'est une région à climat semi-aride où les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas 300 mm/an pour la période 1991–2011. Les moyennes interannuelles de la température et de l'évapotranspiration potentielle pour la même

période sont estimées à 17.1°C et 1526 mm an<sup>-1</sup>, respectivement [3]. Le diagramme Ombrothermique établi montre que la période sèche s'étale du mois de Février jusqu'au mois de Novembre, seuls les mois de Décembre et de Janvier sont humides [4].

## IV. CADRE GEOLOGIQUE

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude de la géologie de la région de Ain Oussera [3-4]. Les études géologiques antérieures ont montré que la zone étudiée se présente comme un vaste anticlinorium à cœur crétacé, compliqué par un système d'anticlinaux, développés sur les versants Sud et Nord et dont l'axe passerait par Bou Cedraia . Les dépôts quaternaires recouvrent presque totalement la plaine. Sur les flancs Sud et Nord, les formations crétacées affleurent à Koudiat es Seguia El fia, El Mouilah, Doghmane et en Nesser [5-6].

## V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

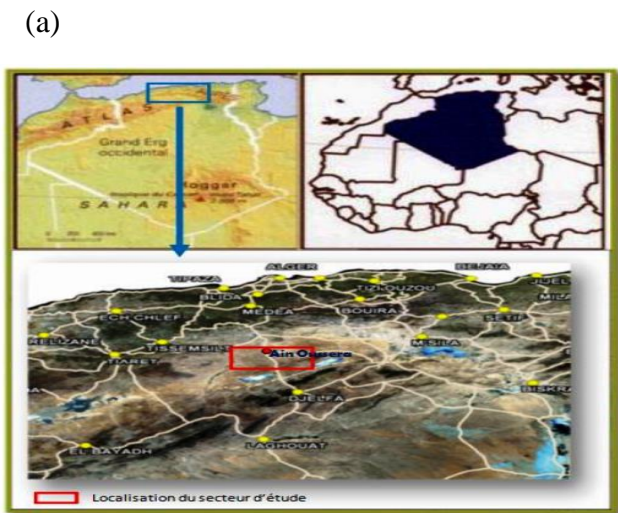
### A. *Faciès chimique des eaux de la nappe*

La représentation des concentrations en éléments majeurs des eaux de la région sur le diagramme de Piper montre que le faciès chimique dominant est de type chloruré sulfaté calcique et magnésienne (Fig. 2). Ce type d'eau constitue un mélange entre des eaux venant d'un environnement calcaire-dolomitique ainsi que d'eaux d'infiltration provenant des pluies efficaces ou/et du retour des eaux d'irrigation.

### B. *Analyse statistique des données physico-chimiques*

Plusieurs corrélations significatives existent entre les différents ions. De fortes corrélations ( $r \geq 0,89$ ) existent entre les ions Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et les variables qui caractérisent la minéralisation totale des eaux, comme le résidu

sec (RS). Ceci traduit la participation de ces ions à l'acquisition de la charge saline des eaux souterraine [7]. Les ions  $\text{Cl}^-$  sont fortement corrélés ( $r \geq 0.87$ ) avec les ions ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). De fortes corrélations ( $r \geq 0.78$ ) sont observées entre les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  et les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , indiquant l'origine évaporitiques (l'halite, l'anhydrite, gypse l'epsomite) de ces éléments dans les eaux souterraines [8].



(h)

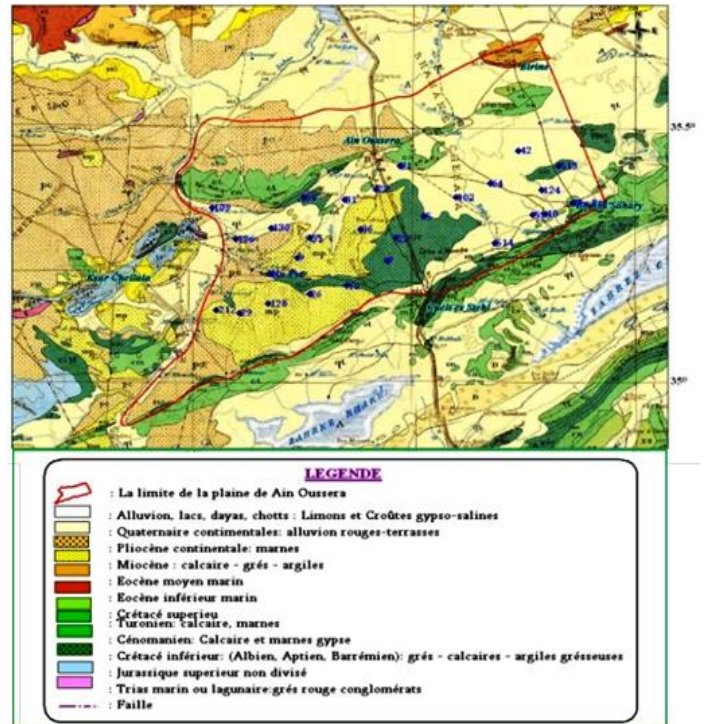


Fig. 1. (a) : Localisation géographique ; (b) : carte géologique et localisation des points d'eaux

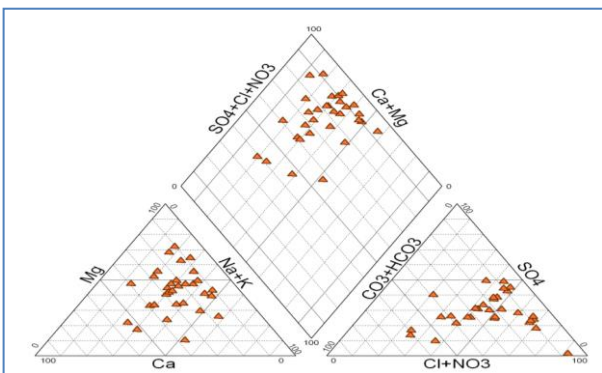
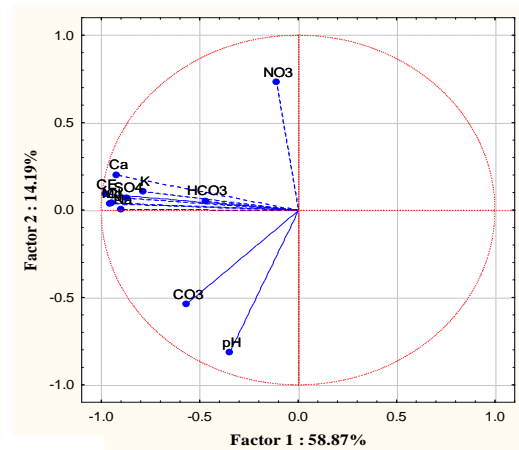


Fig. 2. Diagramme de Piper des eaux de la plaine de Ain Oussera (mai 2014)

(a)



(b)

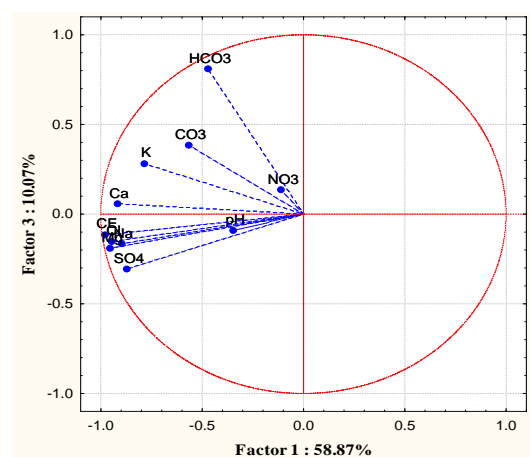


Fig. 3. Analyse en composantes principales, projection des variables sur les plans F1-F2 et F1-F3,

### C. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Pour tenter de préciser les relations entre les éléments chimiques (variables) et de regrouper les points d'eau (individus) ayant le même chimisme nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). L'analyse en composantes principales montre l'existence de trois axes principaux, présentant une variance totale de 83.13 % (Fig. 3). La première composante principale représente 58,87 % de la variance totale et elle est déterminé par les éléments chimiques  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  et la conductivité électrique EC et donc un axe de minéralisation évaporitique et salifère [9]. La deuxième composante principale exprime 14.19% de la variance, il est déterminé par les variables  $\text{NO}_3$ , pH et  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cette composante explique l'impact de l'activité anthropique (urbanisation et agriculture) sur le chimisme des eaux de la nappe [10]. L'axe principal F3 exprime 10.07% de la variance, il est défini positivement par les bicarbonates.

## VI. CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous avons essayé d'évaluer la qualité des eaux souterraines dans la plaine d'Ain Oussera. Le recours à cette ressource est venu suite aux problèmes que vit la région comme la sécheresse, la non disponibilité des eaux superficielles ainsi que la forte demande en eau résultant des activités humaines. L'utilisation de diagramme de Piper montre que ces eaux ont un faciès chloruré, sulfaté calcique et magnésien. La conductivité électrique de l'eau est généralement élevée et oscille entre  $650 \mu\text{S cm}^{-1}$  et  $3570 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Selon le diagramme de Riverside qui classe les eaux d'irrigation en fonction de L'indice du SAR et la conductivité électrique on a pu placer ces

eaux dans les classes : C2S1, C3S1, C4S1, C4S2 et C5S3. D'autre part, la croissance démographique et le développement socioéconomique de la plaine de Ain Oussera exige une exploitation et une utilisation rationnelles de l'eau, pour pallier au déficit inévitable dans les années à venir. Devant cette situation des mesures doivent être prises à savoir: le recours à la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) pour l'irrigation, le transfert des eaux du Sahara Septentrional vers les hauts plateaux.

## REFERENCES

- [1] Kettab A, les ressources en eau en Algérie. (2001). Stratégie, enjeux et visions. Desalination, 136 : 25-33
- [2] Kettab A, Mitiche, Benacar N. (2008). De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. Revue des Sciences de l'Eau, 212 :247–256.
- [3] Bouteldjaoui F, Bessenasse M, Gendouz A. (2012). Etude comparative des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration en zone semi-aride (cas de la région de Djelfa). Revue Nature Technologie, 07: 109-116.
- [4] Bouteldjaoui F, Bessenasse M; Ben Othman D , Oualkacha L, Diallo A. D, Aitnouh F, Achak M, Mokeddeme I, Kettab A. Geochemical processes controlling groundwater chemistry and its impact on drinking water quality in a semi-arid environment: a case study of sandstone aquifer of Ain Oussera, Algeria. 9ème congrès national de la Société Algérienne de Chimie, USTHB, Alger, 8-10 mai 2018
- [5] Mebrouk N, Blavoux B, Issadi A, Marc V. (2007). Geochemical and isotopic characterization of High-Mg groundwater in an endorheic basin, Ain Oussera, Algeria. ».Journal of Environmental Hydrology, 15: 1-20.

- [6] Bouteldjaoui F, Kettab A, Bessenasse M, Oualkacha L, Apport de l'analyse statistique multivariée de l'hydrogéochimie et de la géostatistique à l'étude des eaux souterraines: cas de la plaine d'Ain oussera Algérie, Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement, JISTEE : 1737-6688 ; Numéro 2 - Octobre 2017
- [7] SOGREAH. (2006). Modélisation des grands aquifères. Etude de modélisation de 4 systèmes d'aquifères ». Opération: ND5.312.6.261.375.02.
- [8] Bouteldjaoui F, Bessenasse M, Boughalem M, Mokeddeme I, Aitnough F, Achak M, Oualkacha L, Kettab A.(2018). Evaluation of groundwater chemistry and its suitability for the irrigation purpose in semi-arid region: A case study of Ain Oussera plain, Algeria. Journal de la Société Chimique de Mauritanie, (JMCS) : 01, 1-7
- [9] Bouteldjaoui F, Kettab A, Bessenasse M, Oualkacha L, Apport de l'analyse statistique multivariée de l'hydrogéochimie et de la géostatistique à l'étude des eaux souterraines: cas de la plaine d'Ain oussera Algérie, Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement, JISTEE : 1737-6688 ; Numéro 2 - Octobre 2017
- [10] Bouteldjaoui F, Kettab A, Bessenasse M. (2017). Identification of the Hydrogeochemical Process, in Zahrez Basin, Algeria, Algerian J. Env. Sc. Technology, 2:1, 64-69