

## HYDROCHEMICAL STUDY OF GROUNDWATER IN PROVINCE OF AIN TEMOUCHENT (WESTERN ALGERIA)

Z. Benkhamallah<sup>1</sup>, M. Benyahia<sup>1</sup>, A. Ayache<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ecodevelopment Laboratory, Djillali Liabes University, BP 89 Tlemcen street 22000, Sidi  
Bel-Abbes, Algeria

<sup>2</sup>Biodiversiy vegetale conservation and valorisation, Djillali Liabes University, BP 89  
Tlemcen street 22000, Sidi Bel-Abbes, Algeria

Received: 23 July 2020 / Accepted: 26 August 2020 / Published online: 01 September 2020

### ABSTRACT

Groundwater resources are very scarce in the Ain Temouchent region due to the geological nature. Their operations are essential to increase the volume of water to meet the needs of the population, socio-economic development; agriculture and urbanization have accentuated the problem of their shortages. The results of the physico-chemical analyzes of the various samples taken from the fifteen underground sources; show us that these waters are chlorinated, sulphated, calcic and magnesian in nature; Bicarbonate, calcic and magnesian and sodic and potassic, with high electrical conductivity and significant mineralization, evolve slightly from south to north. A predominance of chlorides, magnesium, a high content of calcium, are influenced in some places by the lithology and mineralogy of the aquifer, but also by precipitation and high evaporation in these areas, in some cases by the overexploitation of aquifers.

**Keywords:** Ain Temouchent, groundwater, quality, hydrochemistry, geological nature.

Author Correspondence, e-mail: [aya\\_ayache@yahoo.com](mailto:aya_ayache@yahoo.com)

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i3.19>



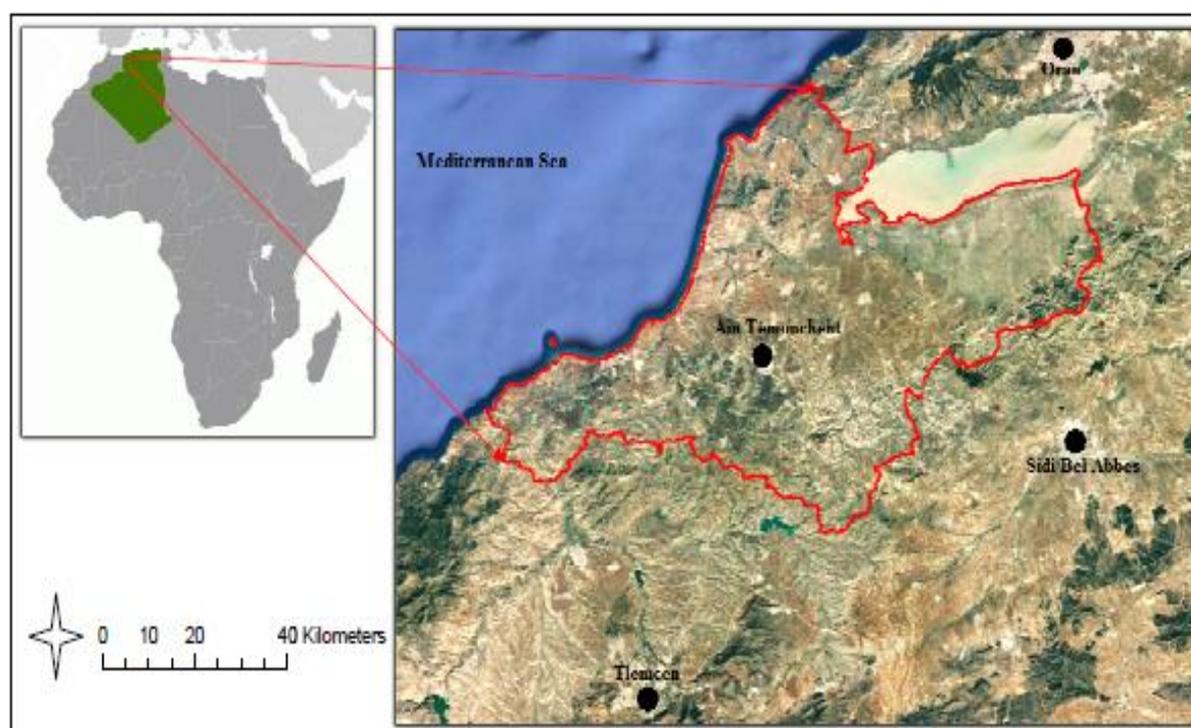
## 1. INTRODUCTION

L'approvisionnement en eau dans l'Ouest Algérien dépend fortement des eaux souterraines pour la consommation, l'agriculture et l'industrie. L'agriculture dans le nord, en plus particulier ; repose sur l'irrigation par les eaux souterraines, constituées d'aquifères côtiers relativement récents et peu profonds, qui sont activement rechargés par les précipitations [1]. Dans cette région ; les hauteurs des pluies moyennes annuelles sont d'environ 600 mm, et peuvent atteindre jusqu'à 1800 mm à l'Est. Les précipitations faibles signifient que la majorité des oueds dans ces régions sont éphémères, ne s'écoulent qu'après de fortes précipitations. Seuls quelques oueds de la région côtière du nord sont pérenns, coulant toute l'année [2,3]. D'après Khaldi (2005) [4], Errih (1993) [5], Habi et al. (2011) [6], Meddi et al. (2003) [7], Meddi et al. (2013) [8], Hamlet et al. (2013) [9] ; l'Ouest du pays a connu plusieurs grandes sécheresses durant les années 40 et 80. La plus récente est caractérisée par un déficit pluviométrique de 30 % associé à une augmentation considérable de la température. Son impact majeur est surtout sur la disponibilité des ressources en eau souterraine. Cependant, cette situation peut engendrer des problèmes de surexploitation de certaines nappes ou encore la détérioration de la qualité [10]. Dans le cadre de la protection de la qualité de cette ressource en eau potable et d'autres utilisations ; des organismes de gestion des eaux souterraines sont responsables de comptabiliser les débits d'eaux souterraines, et de surveiller et faciliter les activités [11]. Le contrôle de la qualité des eaux souterraines est réellement propice à une gestion durable de la qualité de cette ressource qui permet d'obtenir des données utiles pour l'évaluation de la situation du moment et analyser l'ampleur des processus naturels et de l'impact de l'activité humaine sur les systèmes d'eaux souterraines dans le temps et dans l'espace [12]. Dans ce contexte, notre travail consiste à réaliser une étude hydrochimique de quinze sources localisées à Ain Temouchent. Une caractérisation des faciès chimiques de ces eaux a été effectuée pour identifier leurs qualités et l'influence du substrat géologique et hydrogéologique sur leurs vulnérabilités.

## 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 2.1. Localisation

La wilaya d'Ain Témouchent fait partie du bassin versant du côtier d'Oranais, son réseau hydrographique draine des apports superficiels estimés à 47 millions m<sup>3</sup>/an, dont la quasi-totalité se déverse dans la mer et la sebkha d'Oran. Il est à noter que le territoire de la wilaya est constitué de formations géologiques de faibles potentialités hydriques (estimée à 13.701 m<sup>3</sup>) [13].



**Fig.1.** Situation géographique de la zone d'étude

### 2.2. Géologie

La région d'étude appartient au domaine tellien, caractérisé par une succession de nappes de charriage dont les racines se situeraient à l'emplacement de la méditerranée actuelle. Après la mise en place des nappes, une alternance de transgressions et régressions marines devait donner une succession de dépôts marins et continentaux. Ces dépôts sont couronnés du Miocène post-nappe au Quaternaire. L'activité volcanique est apparue après l'épisode post-nappe (Mio-plio-quaternaire) [13,14].

### 2.3. Bioclimat

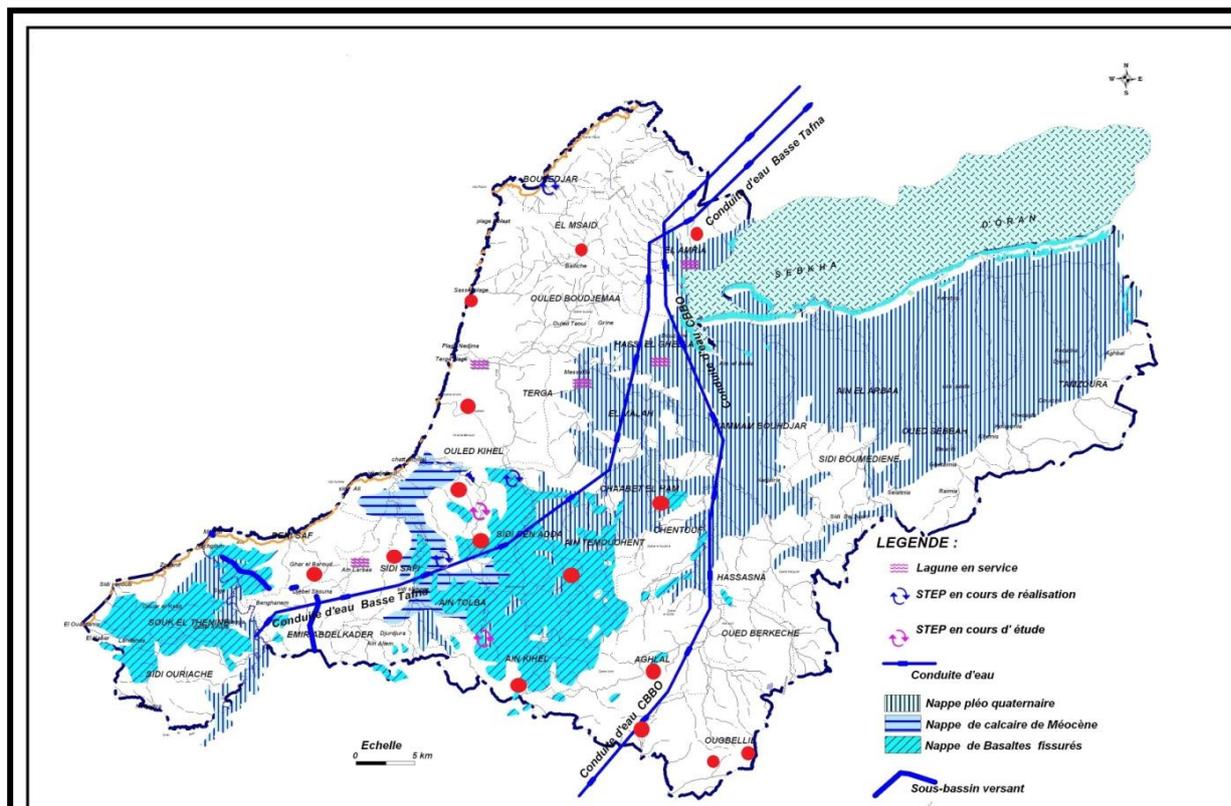
La zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique méditerranéen, semi-aride avec un climat continental (été chaud et hiver tempéré). Les températures moyennes annuelles en hiver sont de l'ordre de 16 à 17,7°C, avec un minimum de 10°C. Cette région subit des influences maritimes qui assurent la régularité de la température avec une légère humidité [2,3,8,9]. Par ailleurs, les reliefs méridionaux (Sbaâ Chioukh, Tessala, Monts de Tlemcen) ont une influence continentale sèche et chaude. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 336.2 mm/an [9].

### 2.4. Hydrologie

La wilaya d'Ain Témouchent est constituée d'une série de nappes dans différents niveaux Aquifères. Les limons, argiles sableuses, croûtes calcaires, cailloux calcaires et conglomératiques du quaternaire et du plio-quaternaire formant les terrasses d'oueds correspondant à des nappes d'inéoflux dont l'intérêt hydraulique est d'une importance réelle [14]. Les ressources souterraines proviennent essentiellement de cinq nappes exploitées sous forme de 30 forages et 45 puits produisant un volume de 21 Hm<sup>3</sup>/an. Ces différentes nappes sont : les nappes des roches volcaniques, les nappes des roches calcaires, les nappes des grès, les nappes des alluvions et les nappes des dunes anciennes [13,14].

## 3. METHODOLOGIE ADOPTEE

Les prélèvements des échantillons provenant des quinze sources ont été répartis sur la zone étudiée en fonction de leur disposition hydrogéologique de façon à refléter la nature et la composition minéralogique des formations constituantes des aquifères. Nous avons effectué quatre prélèvements pour chaque source. Le pH, la minéralisation et la conductivité ont été mesurés in situ, tandis que les autres paramètres chimiques ont été mesurés par la méthode volumétrique au niveau de l'ADE d'Ain Témouchent. Le traitement des résultats obtenus a été fait par le logiciel *Statistica*. Tandis que l'étude hydrochimique a été faite par le logiciel *Diagramme*.



**Fig.2.** Points d'échantillonnages sur la Carte des structures post-nappes de la zone d'étude  
(Source : G. Thomas, 1985 [15])

Le Diagramme de Berkaloﬀ-Schoeller consiste à établir pour l'échantillon analysé, la ligne figurative joignant les points correspondants aux teneurs des éléments chimiques et le type d'eau est donné par la prédominance d'un anion et d'un cation. Le diagramme de Piper consiste à représenter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réactions (r %) de chaque cation et anion. Les deux points sont reportés sur un losange en un seul point qui représente la famille chimique de l'eau. Ce diagramme présente l'avantage de pouvoir regrouper un grand nombre d'analyses.

## 4. RESULTATS

### 4.1. Résultats du pH, de la minéralisation et la conductivité des puits

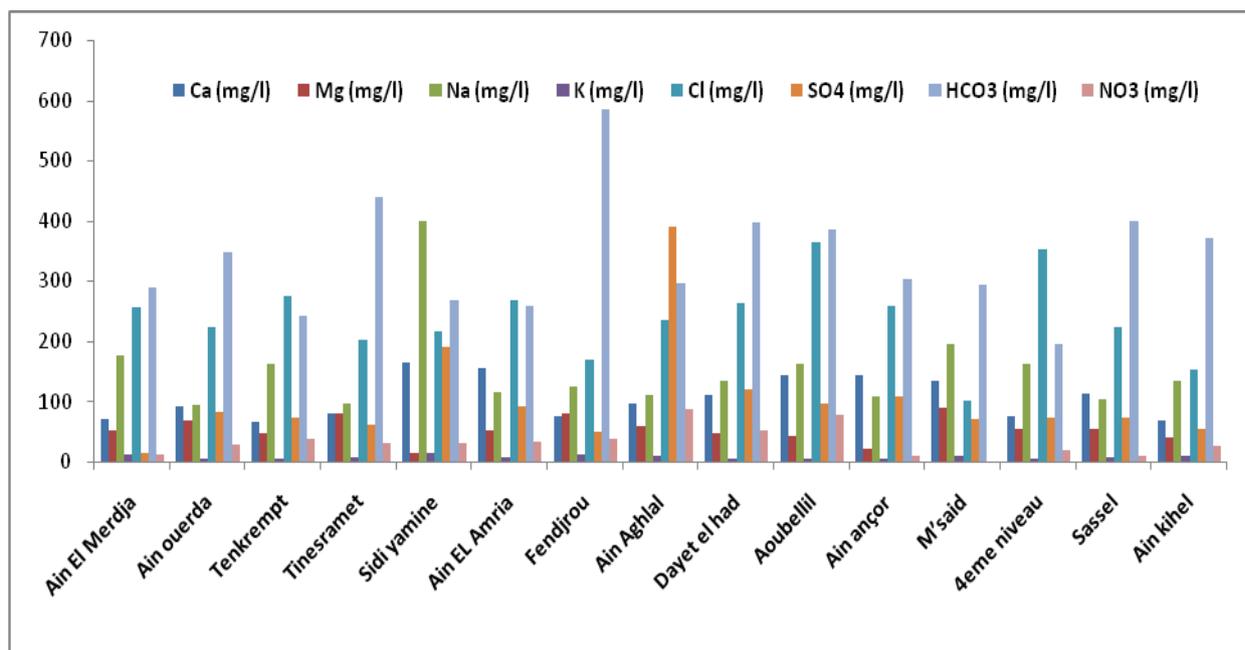
On constate pour les quinze puits d'eaux échantillonnées que leurs pH varient entre 7.21 et 8.3. Ces valeurs indiquent que les puits ont un pH légèrement neutre comme : Aïn El Merdja (7,42), Tinesramet (7,65), M'said (7,78) et basique comme les puits d'Aïn Ançor (8,38), 4eme

niveau (8,2).

La minéralisation et la conductivité sont très importantes pour les puits suivants : P14: sassel (1821 mg/L et 2400  $\mu$ s/cm), P12: M'said (1851 mg/L et 2440  $\mu$ s/cm), P6: Ain El Amria (1919 mg/L et 2530  $\mu$ s/cm), P4: Tinesramet (1312 mg/L et 1730  $\mu$ s/cm), P9:Dayet el had (1434 mg/L et 1890  $\mu$ s/cm), P7:Fendjrou (1077 mg/L et 1420  $\mu$ s/cm), P1:Ain El Merdja (1282 mg/L et 1690  $\mu$ s/cm), P2:Ain ouerda (1016 mg/L et 1340  $\mu$ s/cm). Tandis que les autres puits marquent des valeurs moyennes comme les puits de : P3 : Tenkrempt (933 mg/L et 1230  $\mu$ s/cm), P5 : Sidi yamine (956 mg/L et 1260  $\mu$ s/cm), P8 : Ain Aghlal (827 mg/L et 1090  $\mu$ s/cm), P10 : Aoubellil (941 mg/L et 1110  $\mu$ s/cm), P11 : Ain ançor (749 mg/L et 1080  $\mu$ s/cm), P13 :4eme niveau (856 mg/L et 1024  $\mu$ s/cm), P15 : Ain kihel (910 mg/L et 1200  $\mu$ s/cm).

#### 4.2. Résultats physicochimiques des puits

Les principaux résultats d'analyse physicochimique obtenus sont représentés dans la figure suivante :



**Fig.3.** Diagramme des résultats physicochimiques des puits d'Ain Témouchent

On remarque que les valeurs de concentration les plus remarquables sont retenus pour les bicarbonates (avec un minimum 195mg/l et un maximum de 585,3 mg/l) et les chlorures (avec un minimum 100 mg/l et un maximum de 364 mg/l). Des valeurs moyennes sont enregistrées pour le calcium, le sodium, les sulfates et les nitrates. Le potassium marque des

concentrations très faibles.

On constate que pour les puits : Ferdjrou, Tinesramet, Ain ouerda, Dayet el had et Aoubellil ; enregistrent des concentrations très remarquables en bicarbonates, sodium et chlorure. On note aussi que Ain aghlal et Sidi yamine marquent des valeurs très élevés en sulfates.

### 4.3. Caractérisation hydrochimique des eaux des puits

#### 4.3.1. Résultats sur Diagramme Piper

Le diagramme de Piper effectué sur les quinze sources échantillonnées, nous montre la dominance de trois principaux faciès comme suit :

- **Chloruré et sulfaté, calcique et magnésienne** : ce faciès dénombre les sources d'Ain Aghlal, Ain EL Amria, Ain ançor, Sassel, Dayet el had, Aoubellil, Ain ouerda, Tenkrempt, Tinesramet et 4eme niveau.
- **Bicarbonate, calcique et magnésienne** : ce faciès dénombre les sources de Fendjrou, M'said et Ain kihel.
- **Chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique** : ce faciès dénombre les sources d'Ain El Merdja et Sidi yamine.

On constate aussi d'après le diagramme (figure 4 (a)), l'apparition des sous-faciès caractérisent nos sources échantillonnées comme le sous-faciès : calcique magnésien et chloruré sulfaté.

#### 4.3.2. Résultats sur Diagramme de Schoeller-berkallof

Le diagramme tracé pour les quinze sources de la nappe d'Ain temouchent (figure 4 (c)), confirme la prédominance du faciès Bicarbonate, calcique et magnésien, Chloruré et sulfaté, calcique et magnésien, permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée essentiellement aux ions chlorure, bicarbonate et calcium. L'enrichissement en calcium peut être relié à la dissolution de calcite et/ou de la dolomite, minéraux largement présents dans le milieu, l'appauvrissement en magnésium des eaux peut provenir de la précipitation de minéraux magnésiens comme la magnésite et/ou la dolomite par équilibre avec la roche encaissante, l'appauvrissement en sulfates et en bicarbonates peut être lié à de la réduction de cet élément en sulfures ou bien à la précipitation d'un minéral de sulfate comme le gypse.

#### 4.3.3. Résultats sur Diagramme de Wilcox

Le diagramme de Wilcox (figure 4 (b)) ; nous montre trois classes bien distinctes comme suite :

- Bonne qualité pour l'irrigation
- Qualité médiocre pour l'irrigation
- Qualité admissible pour l'irrigation

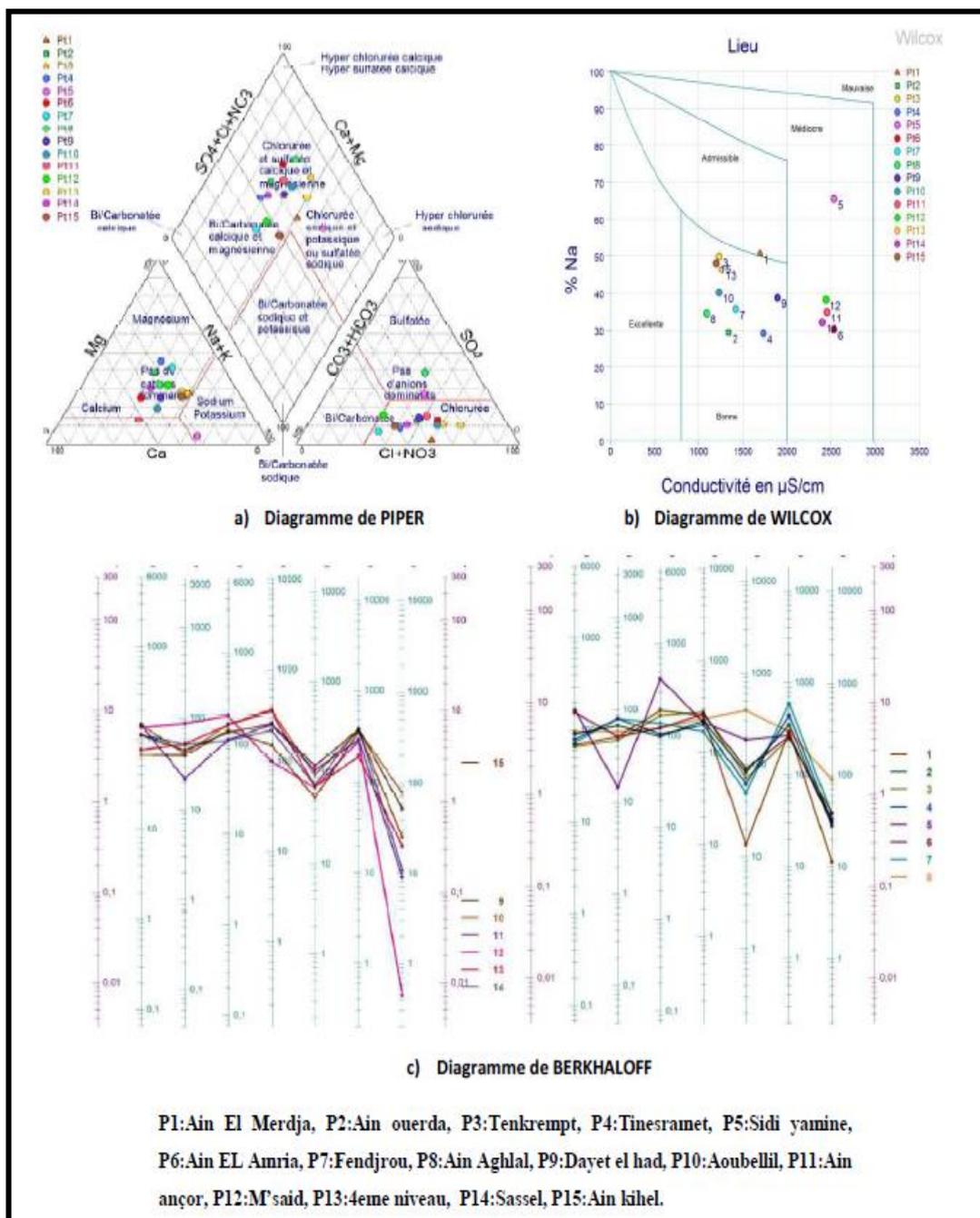


Fig.4. Caractérisation hydrochimique des eaux des puits d'Ain Témouchent

#### 4.3.4. Résultats sur la répartition spatiale des éléments chimiques

Les cartes d'isoteneurs suivantes représentent la variation spatiale des éléments chimiques dans les quinze sources d'Ain temouchent.

- Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (calcaire, gypse). Les résultats sont compris entre 66 et 164,5 mg/l. Toutes les sources ont des concentrations inférieures à la valeur maximale qui est 200 mg/l de calcium.
- La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Dans les points d'eau analysés, les teneurs en magnésium varient entre 22 et 90,15 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à la norme qui égale 150 mg/l.
- Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux. L'OMS recommande à ce titre une réduction progressive de l'apport quotidien total en sodium hydrique et alimentaire à 6 gr/jour au maximum. Les résultats sont compris entre 94 et 195 mg/l. On observe que le sodium est plus élevé au nord et au sud.
- Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium ; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations. Sa concentration dans les sources est inférieure à la norme qui est égale à 15 mg/l.
- Les ions chlorures peuvent avoir plusieurs origines ; dissolution des chlorures de sodium. Les résultats sont compris entre 100 et 364 mg/l. tous les résultats des sources sont dans les normes Algériennes 500mg/l.
- Les sulfates sont les ions les moins abondants dans les eaux de la nappe libre. Les sulfates peuvent provenir de l'altération des pyrites ou de la pollution artificielle. Les résultats sont compris entre 13,45 et 390 mg/l ils sont inférieurs aux normes Algériennes (400mg/l).
- Les teneurs des Nitrates obtenues varient entre 0.44 et 88 mg/L et toutes les sources ont des teneurs conformes à la norme (50 mg/l) à l'exception de certaines qui marquent des valeurs importantes.

- Les bicarbonates montrent des valeurs importantes qui s'échelonnent entre 195 et 585,3 mg/L.

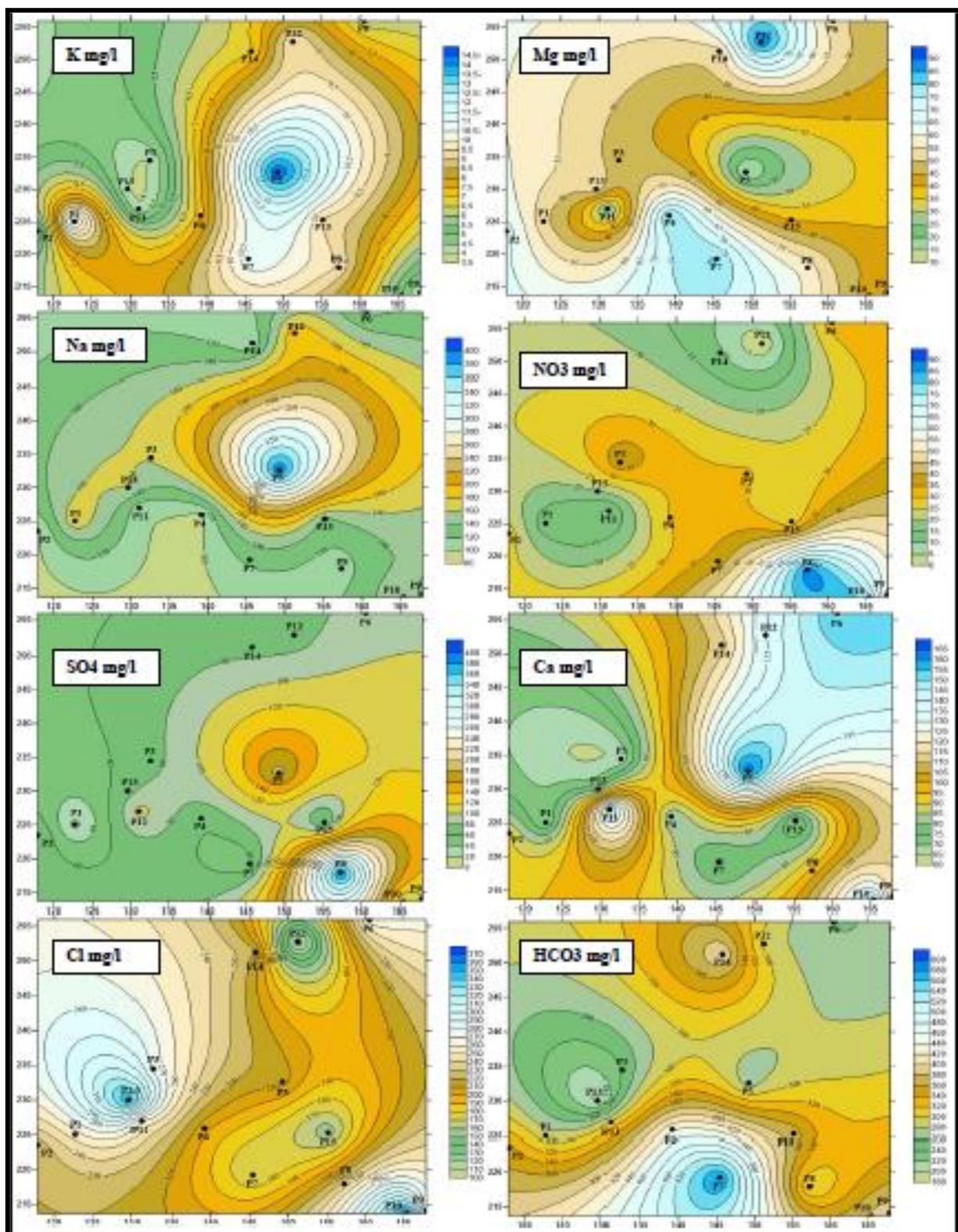


Fig.5. Répartition spatiale des éléments chimiques de quinze sources échantillonnées

## 5. DISCUSSION

Notre modeste travail s'articule sur une étude hydrochimique des sources des eaux potables dans la wilaya d'Ain Temouchent. D'après les résultats obtenus ; on a pu identifier pour les quinze sources échantillonnées trois faciès dominants : chloruré et sulfaté, calcique et magnésien pour les sources d'Ain Aghlal, Ain EL Amria, Ain ançor, Sassel, Dayet el had, Aoubellil, Ain ouerda, Tenkrempt, Tinesramet et 4eme niveau ; le faciès Bicarbonate, calcique et magnésien pour les sources de Fendjrou, M'said et Ain kihel ; et enfin le faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique : ce faciès dénombre les sources d'Ain El Merdja et Sidi yamine. On a pu classer également les sources en trois catégories des eaux d'irrigation : bonne qualité, Qualité médiocre et Qualité admissible. Le pH nous renseigne sur l'acidité et l'alcalinité des eaux naturelles il est généralement compris entre 6.6 et 7.8. D'après les résultats obtenus ; le pH de puits d'Ain Ançor et 4eme niveau sont supérieurs à la norme par rapport aux autres puits. La conductivité électrique (CE) joue un rôle très important dans la connaissance de la minéralisation des eaux souterraines et principalement l'ensemble des cations et des anions dissous dans l'eau. La conductivité électrique permet une estimation approchée de la minéralisation des eaux. Elle augmente avec la teneur en sels dissous (conductivité élevée => eau chargée). La Salinité est les sels inorganiques et les petites quantités de matières organiques qui sont dissous dans l'eau. Leurs principaux constituants sont habituellement les cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) et les anions (carbonate, bicarbonate, chlorure, sulfate et les nitrate) surtout quand il s'agit des eaux souterraines [16]. La salinité des eaux souterraines de la nappe peut avoir plusieurs origines géologiques et lithologiques. Par contre, les facteurs favorisant une large dispersion de la salinité au sein de l'aquifère contribue en l'occurrence, la tectonique, hydrodynamique, température et l'exploitation intensive des eaux souterraines en particulier en période sèche [14]. La dureté d'une eau est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et se résume globalement à sa teneur en calcium et en magnésium. Une eau à titre hydrotimétrique TH élevé est dite « dure », dans le cas contraire, il s'agit d'une eau « douce ». D'après les concentrations obtenues. Les résultats sur la nappe d'Ain temouchent enregistrés entre 176 et 380 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  revelent que ces eaux sont légèrement dures. Le calcium est

généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (calcaire, gypse). Toutes les sources ont des concentrations inférieures à la valeur maximale qui est 200 mg/l de calcium [16,17], et ceci pourrait être attribué à la dissolution de la calcite ou du gypse. La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles soit à la dissolution des formations carbonatées :  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3$  ; soit à la dissolution des formations gypseuses :  $(\text{CaSO}_4, 2(\text{H}_2\text{O})) \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$  [13,15,17]. Une teneur faible en calcium fait penser à un échange de base contre le sodium ou à l'absence de minéraux riches en calcium faiblement altérable. Par contre, une teneur élevée en calcium pourrait provenir de la mise en solution du gypse ou de l'anhydrite [14,16]. La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates [16]. Dans les points d'eau analysés, les teneurs en magnésium varient entre 22 et 90,15 mg/l. Les sources ont des concentrations inférieures à la norme qui est égale 150 mg/l. La source du magnésium semble être liée au contact de l'eau avec les roches calcaires et dolomitiques [15,14]. Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, le Magnésite :  $\text{MgCO}_3 = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3$  et le Dolomite :  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2(\text{CO}_3)$  [14,16]. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux. L'OMS recommande à ce titre une réduction progressive de l'apport quotidien total en sodium hydrique et alimentaire à 6 gr/jour au maximum. On observe que le sodium est plus élevé, sa concentration est élevée pour certaines sources en dépassant la norme qui égale à 200 mg/l. La cause de la teneur en sodium élevée est la présence des argiles et les alluvions aquifères drainées par la nappe [16]. L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à la proximité de la côte. Les évaporites seraient la principale origine de la teneur en  $\text{Na}^+$ . La proximité des Sebkhass et des Chotts peut être aussi à l'origine de l'enrichissement en cet élément [15]. Les ions chlorures peuvent avoir plusieurs origines ; dissolution des chlorures de sodium, des alluvions salifères, des activités humaines

ou d'origines atmosphériques [17]. L'origine de cet élément est comme pour le cas du sodium, liée principalement à la dissolution des formations salifères. Les évaporites constituent la source principale de cet enrichissement. L'influence marine, la proximité des bassins endoréiques (Chotts, Sebkhass), les eaux fossiles ou connées, peuvent aussi être à l'origine de cet élément [14-16]. Les sulfates sont les ions les moins abondants dans les eaux de la nappe libre. Les sulfates peuvent provenir de l'altération des pyrites ou pollutions artificielles [16]. Les sulfates peuvent avoir une origine météorique, comme ils peuvent également provenir de l'activité agricole ou biologique naturelle, ou de l'utilisation domestique (détergents), ou de la présence d'évaporites (gypse) [16]. Les teneurs des nitrates obtenues varient entre 0,44 et 88 mg/l. Cette variation peut être expliquée par la présence d'un apport en nitrates exogène (utilisation des pesticides pour les agricultures) ou la présence d'un rejet domestique directement dans le sol [17].

## 6. CONCLUSION

Au terme de l'étude du système hydrochimique dans la région d'Ain temouchent, les différents résultats obtenus sur les caractéristiques géochimiques de l'eau des quinze sources échantillonnées, ainsi que les observations et les connaissances acquises sur la nature géologique et hydrogéologique de la nappe, sont rassemblés afin de déterminer la qualité et la caractérisation et la qualité ces eaux. La concentration ionique nous indique : le faciès chloruré et sulfaté, calcique et magnésien ; le faciès Bicarbonate, calcique et magnésien, et en dernier le faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique. Les résultats obtenus d'après ces méthodes affirment qu'il y a une prédominance des chlorures par rapport aux sulfates, une forte teneur de calcium par rapport au sodium, et prédominance des alcalins sur les alcalino-terreux et enfin prédominance de magnésium et inversement une augmentation notable du calcium. Le digramme de Piper, Berkhalof et Wilcox ; montre la tendance vers le pôle magnésien et le pôle sodique pour les cations, alors que les anions montrent une dominance chlorure et parfois la tendance vers le pôle Sulfaté. Les mutations de la composition de l'eau des sources affirment un enrichissement en calcium et en potassium lié à la dissolution de calcite et/ou de la dolomite et de la dissolution de minéraux potassiques.

L'appauvrissement en magnésium et en sulfates des eaux peut provenir de la précipitation de minéraux magnésiens comme la magnésite et/ou la dolomite par équilibre avec la roche encaissante. À l'issue de cette contribution, les eaux d'Ain Temouchent restent parmi les sources les plus appréciées pour l'utilisation en eau potable et pour l'irrigation.

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Chabour, N, Mebrouk, N, Hassani, I H, Upton, K, Ó Dochartaigh, B É et Bellwood-Howard, I. 2018. Atlas de l'eau souterraine en Afrique : hydrogéologie de l'Algérie. *British Geological Survey*.
- [2] Hildebert, I. La répartition saisonnière des pluies en Algérie ; *Annales de géographie* ; 1950, pp. 354-361.
- [3] Seltzer, P. Le climat de l'Algérie, 1946. p 145.
- [4] Kaldi, A. Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida", Thèse de doctorat 3<sup>o</sup> cycle –Université d'Oran. 2005.
- [5] Errih, M. Programme de calcul de régularisation des ressources en eau superficielles au moyen de barrages- réservoirs. 2eme Journées Tunisiennes de Géologie Appliquée, 17–19 mai 1993, Sfax, Tunisie, 590–600.
- [6] Habi, M., Morsli, B. Contraintes et perspectives des retenues collinaires dans le Nord-Ouest algérien - Science et changements planétaires/Sécheresse, jle.com, 2011.
- [7] Meddi, M., Hubert, P. Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. IAHS publication, books.google.com. 2003.
- [8] Meddi, M. Sediment transport and rainfall erosivity evolution in twelve basins in Central and Western Algeria. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, JSTOR. 2013.
- [9] Hamlet, AF., Elsner, MMG., Mauger, GS., Lee, SY. An overview of the Columbia Basin Climate Change Scenarios Project: Approach, methods, and summary of key results *Atmosphere*, Taylor & Francis. 2013.
- [10] Fatah, A. Construction de la surexploitation et reproduction des inégalités d'accès et

d'usage des eaux souterraines : Cas des exploitations agricoles dans le Saïss (Maroc). Hydrologie. AgroParisTech ; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc). Français. ffNNT: 2017.

[11] Custodio, E. Aquifer over-exploitation; what does it mean? Hydrogeology Journal, 10, 2002, 254-277.

[12] Acreman, M.C. Wetlands and hydrology. MedWet Publication 9. Tour du Valat, France. 2003.

[13] Mahi, E.A. Etude des Caractéristiques Morpho métriques du bassin versant des côtiers oranais. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en hydraulique, Universitaire Belhadj Bouchaib - Ain Temouchent, 2017. pp 93.

[14] Hachemaoui, D., Sadek, M. Hydrologie et Modélisation pluie-débit : cas du bassin versant de l'oued El-Malleh Wilya de Ain Temouchent. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en hydraulique, université Dr moulay Tahar, saïda, 2016. pp102.

[15] Thomas, G. Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le Bassin du Bas Chéelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. 11<sup>ème</sup> réunion Ann, Sci terre, clement-ferrant. 1985. pp173.

[16] Sapan, P., Laverrière, R., Tissot, J.M., Mage, N., Pachova, T., N'Duakulu, J.J., Nançoz, M., Bourguignon, C., Jimaja, S., Joseph, S., Roux, L., De Figueiredo, M., Jacot-Descombes, E., Auzanneau, N., Sauterel, F., Cerato, L., Constenla-Martinez, J.A. Sampling and Analysis of Natural Water. University of Genève, 2013. pp 88.

[17] Benmoussa, H. Chimie des eaux. Polycopié d'Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2018. pp124 .

**How to cite this article:**

Benkhamallah Z, Benyahia M, Ayache A. Hydrochemical study of groundwater in province of ain temouchent (western Algeria). J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(3), 1298-1312.