

# Caractéristiques hydrochimiques des eaux de sources de Taoura, Souk-Ahras (Nord est Algérien)

## Hydrochemical characteristics of Taoura water springs, Souk-Ahras (North-east Algeria)

Fatma Bouhafs<sup>1\*</sup>, Abdelaziz Laraba<sup>1</sup> & Mounira Touati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche de Géologie (LRG), Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba, 23000, Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles (LGRN), Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba, 23000, Algérie

### Info. Article

#### Historique de l'article

Soumis le 24/06/2019

Révisé le 23/11/2019

Accépté le 26/11/2019

#### Mots-clés

Sources de Taoura, Qualité de l'eau, Faciès chimique, Paramètres physico-chimiques.

#### Keywords

Taoura water springs, Water Quality, chemical facies, Physico-chemical parameters.

### RESUME

L'analyse de la qualité des eaux est l'un des aspects les plus importants dans l'étude des eaux souterraines sachant que cette dernière est touchée par les pollutions diffuses ou généralisées qui sont dues principalement aux activités agricoles avec l'utilisation des engrais chimiques. L'étude hydrochimique nous renseigne sur la qualité des eaux destinée à la consommation, à l'agriculture et à l'industrie. Dans la zone d'étude, l'alimentation en eau potable est assurée principalement par les eaux de sources dont la qualité doit demeurer primordiale. Pour évaluer les paramètres physico-chimiques des eaux et déterminer les faciès dominants, une série d'analyse a été effectuée sur un certain nombre de sources, les résultats des analyses ont montré la dominance du faciès Bicarbonaté Calcique sachant que les sources sont principalement dans les dépôts carbonatés du campanien et maestrichtien. En parallèle, le résultat des analyses de quelques paramètres de pollution ont montré des valeurs qui dépassent les normes de l'OMS, surtout pour les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) due à l'utilisation des engrais (NPK) et des pesticides vu la vocation agricole de la région.

### ABSTRACT

Water quality analysis is one of the most important aspects in groundwater studies knowing that the latter is affected by diffuse or widespread pollution that is mainly due to agricultural activities with the use of chemical fertilizers. The hydrochemical study informs us about the quality of water that is suitable for drinking, agricultural and industrial purposes. In the study area, the water supply is provided mainly by the water springs. Therefore, their quality remains a paramount criterion. To evaluate the physico-chemical parameters and determine the dominant facies, a series of analyses was performed on a number of sources, the results of the analyses showed that the dominance of calcium bicarbonate facies knowing that the springs are mainly in the carbonate deposits of the Campanian and Maastrichtian. . In parallel, the results of some pollution parameters analyses have shown values that exceed the WHO standards for Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) due to the use of fertilizers (NPK) and pesticides given the agricultural vocation of the region.

\* **Auteur Correspondant : Fatma Bouhafs**

Laboratoire de Recherche de Géologie (LRG), Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba, 23000, Algérie

Email: [bouhafs\\_fatma@hotmail.com](mailto:bouhafs_fatma@hotmail.com)

## 1. INTRODUCTION

Les études antérieures ont montré que le synclinal de Taoura renferme dans son sous-sol un potentiel hydrique assez important. Il est constitué par un réseau de sources pérennes utilisées essentiellement pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des terres agricoles. Cependant le développement de cette région et l'accroissement des besoins en eau ont provoqué la dégradation de la qualité de ses eaux. Ainsi, cette ressource qui était jadis de bonne qualité, se trouve actuellement menacée par diverses sources de pollution.

Une étude de la qualité des eaux souterraines a été entreprise, pour mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement des eaux de sources, et leurs compositions physico-chimiques, ainsi que leurs qualités, à savoir la présence de polluants et leurs origines.

### 1.1. Présentation de la région d'étude

La région d'étude se situe à l'extrême Nord-est Algérien et aux confins Algéro-tunisiens. Elle se situe à 140 km au Sud-est de la ville d'Annaba et à 200 km à l'Est de Constantine.

La région de Souk-Ahras se trouve dans une zone de transition entre l'atlas tellien et l'atlas saharien. La zone de Taoura appartient aux monts méridionaux de Souk-Ahras. Elle se trouve entre deux grands Oueds : l'Oued Medjerda au Nord et l'Oued Mellegue au Sud (Fig.1).

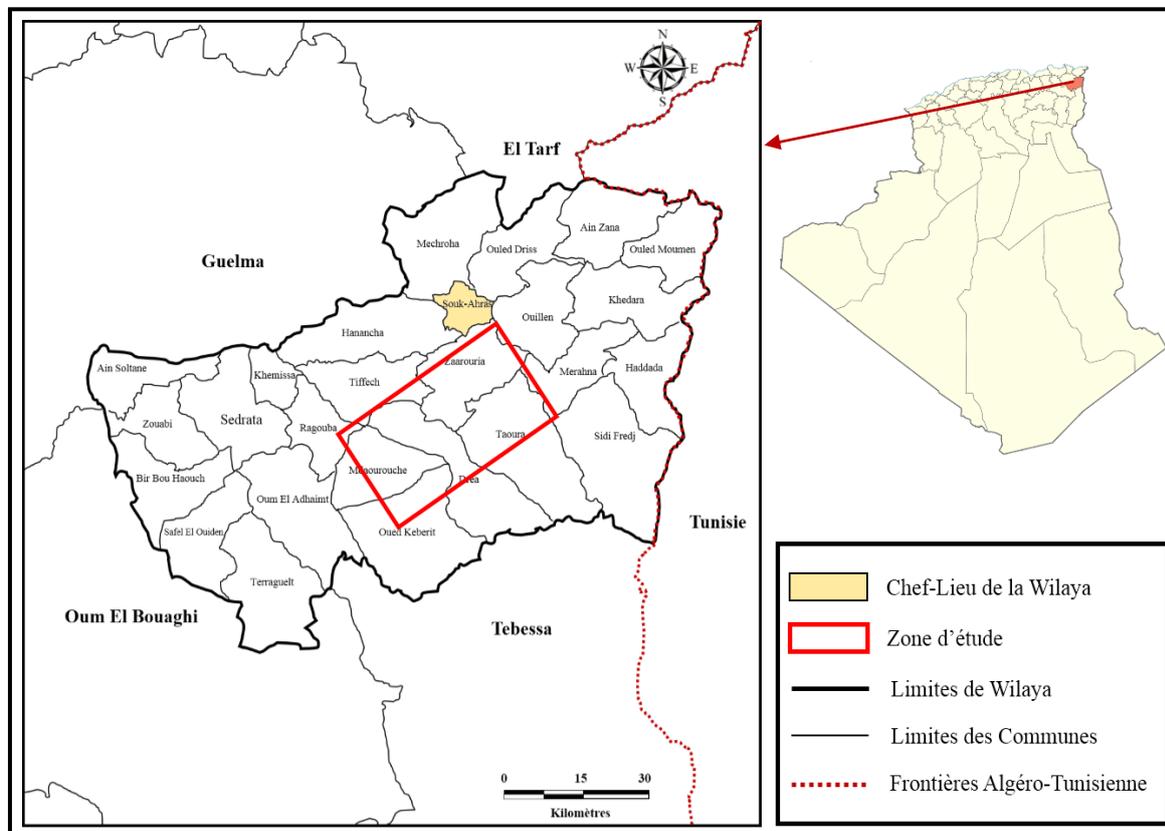


Figure 1. Situation géographique de la région d'étude

## 2. MATERIEL ET METHODES

Les données hydrochimiques acquises lors de la présente étude couvrent une période de 12 mois de Janvier à Décembre 2017. L'évolution des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines de la région de Taoura est basée sur les résultats des analyses effectuées sur dix (10) sources dans la zone d'étude (Fig.2).

Les prélèvements sur les sources ont été réalisés directement au griffon. Les échantillons de l'eau ont été effectués dans des bouteilles de 1 litre en polyéthylène et transportés au laboratoire dans une glacière à basse température (4 ° C). Les paramètres physiques (pH, CE, T ° et O<sub>2</sub> dissous) ont été mesurés in situ à l'aide de dispositifs de terrain tels que le pH-mètre WTW, un conductimètre WTW. La température a été obtenue simultanément avec la mesure du pH, de la CE et de l'oxygène dissous.

Les analyses chimiques ont été effectuées sur les principaux éléments responsables de la minéralisation des eaux, les cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) et les anions (chlorures, sulfates et bicarbonates).

Les nutriments ont concernés les paramètres de l'azote : Les nitrites, les nitrates et l'ammonium.

Deux campagnes de prélèvements (Mars et Septembre 2017), ont été effectuées afin d'étudier la qualité des eaux des sources, l'origine de la minéralisation et son évolution spatio-temporelle durant les deux saisons de l'année.

Les dix sources choisies sont pérennes, accessibles et couvrent les zones proches de Taoura chef-lieu et les alentours. Les coordonnées des sources ont été relevées à l'aide d'un GPS de type GARMIN GPS. (Fig.2).

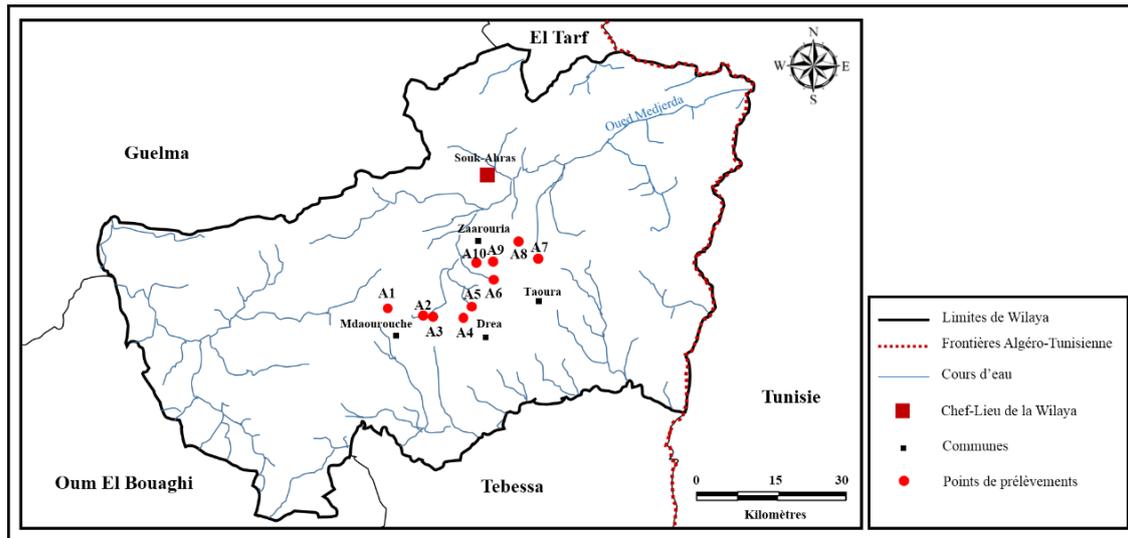


Figure 2. Carte de situation des points de prélèvements

### 3. ANALYSES ET RESULTATS

#### 3.1. Formules ioniques et faciès chimiques

La formule ionique a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction pour cent des groupes des anions et des cations.

Elle permet d'établir les caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'aquifère en relation avec sa lithologie et de classer les eaux de même origine (Tab.1).

Tableau 1. Formules ioniques et faciès chimiques

Sources	Formules ioniques		Faciès chimiques
A1	Cl <sup>-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Chloruré Calcique
A2	Cl <sup>-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Chloruré Calcique
A3	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A4	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A5	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A7	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A8	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A9	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique
A10	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Calcique

#### 3.2. Représentation des résultats des analyses chimiques

La représentation graphique des résultats des analyses chimiques sur le diagramme de Piper, montre que le faciès dominant des eaux de la région d'étude et le Bicarbonaté Calcique (Fig.3).

La représentation des résultats concernant les analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de sources de la région de Taoura durant l'année 2017 sur le diagramme de Piper a montré l'existence de deux familles de faciès chimiques : le chloruré calcique et le bicarbonaté calcique (Fig.3).

Ce diagramme montre que la majorité des échantillons de sources prélevés (80 %) ont un faciès Bicarbonaté Calcique : Sources (A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 et A10), et 20 % des sources ont

un faciès Chloruré Calcique : Sources (A1, A2). La bonne corrélation entre les ions  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{Ca}^{2+}$  confirme la même origine de ces deux éléments, qui seraient liés à la dissolution des formations carbonatées (calcaire) au cours du transit des eaux dans la formation aquifère.

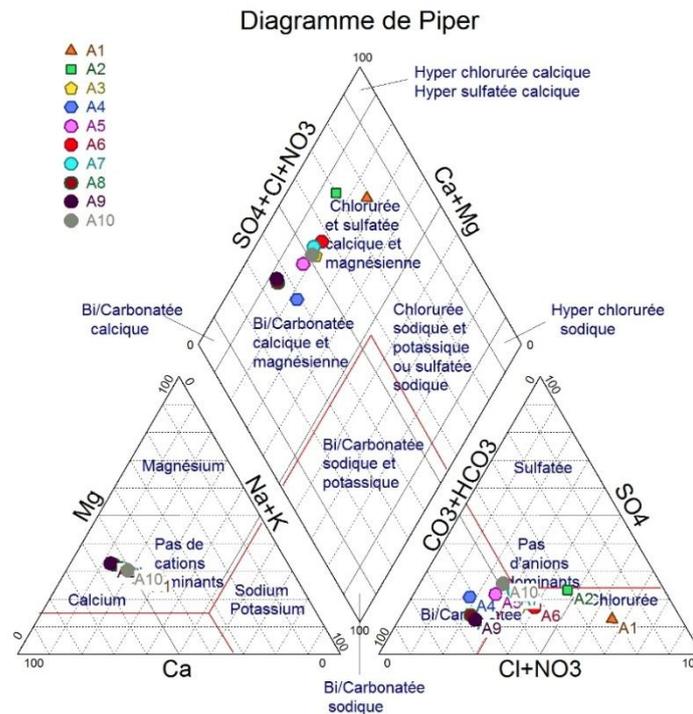


Figure 3. Faciès des eaux de sources (Diagramme de Piper sources de Taoura 2017 période basses eaux)

### 3.3. Qualité des eaux de sources

#### 3.3.1. Conductivité électrique (CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

La conductivité électrique est une expression de la minéralisation, elle est fortement dépendante du temps de transit et des roches mises en contact avec l'eau. Elle est liée à la présence des ions en solution et représente la quantité totale de substances dissoutes [3]. La conductivité électrique des eaux est liée aux interactions « eau-roche » et à la capacité des eaux à dissoudre les minéraux contenus dans les roches. Les valeurs des conductivités électriques mesurées dans les eaux de sources fluctuent entre 253 et 786  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig.4). Ces faibles valeurs inférieures à la norme tolérée par L'OMS de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indiquent que le temps de séjour des sources au contact avec la roche est court, ce qui veut dire que les eaux de sources présentent des minéralisations faibles à moyennes [4].

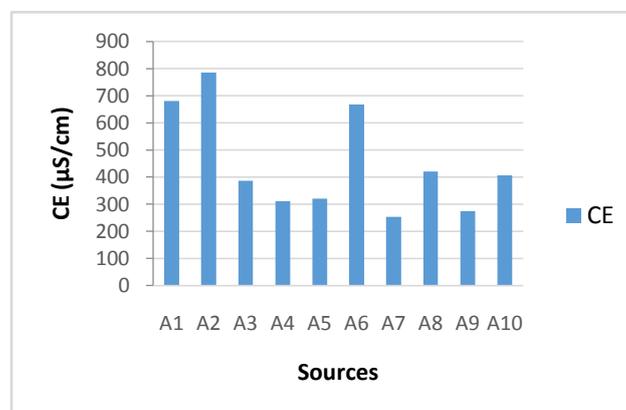


Figure 4. Variation de la conductivité des eaux de sources

### 3.3.2. Oxygène dissous (mg/l)

L'oxygène est un facteur clé et un excellent indicateur de la qualité des eaux. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à de nombreux facteurs, en particulier ; la température, la pression atmosphérique et la salinité. La concentration en oxygène dissous mesurée dans les eaux de sources est admissible à la limite standard. Les teneurs en oxygène dissous varient entre 7,27 mg/l et 8,99 mg/l (Fig.5). L'oxygène dissous est nécessaire pour transformer la matière organique biodégradable d'une forme à une autre par des organismes vivants principalement des bactéries afin de maintenir le processus métabolique et produire de l'énergie pour leur croissance et leur reproduction [5].

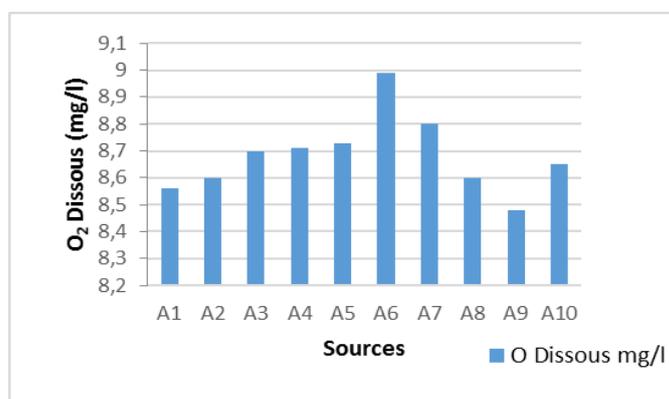


Figure 5. Variation des valeurs de l'oxygène dissous

### 3.3.3. Les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les teneurs en nitrates varient entre 41 mg/l et 228 mg/l source A8 et A6. La norme fixée par l'OMS est de 50 mg/l et elle est bien respectée dans les sources A7, A8, A9 avec une concentration de 44 mg/l, et 41 mg/l respectivement. Cette limite est par contre dépassée dans les autres sources avec des valeurs qui oscillent entre 53 mg/l (A4, A5) et 228 mg/l (A6), ce qui indique une contamination de la source A6 (Fig.6). Les nitrates sont utilisés comme un indice de pollution, Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels.

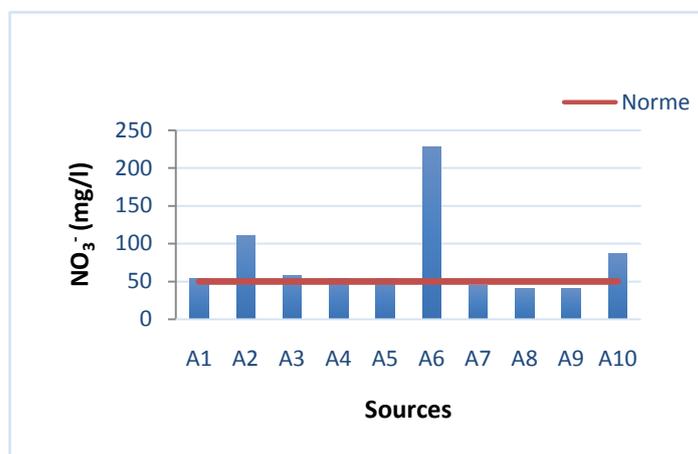


Figure 6. Variation des concentrations des nitrates dans la zone d'étude

### 3.3.4. Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrites proviennent d'une transformation de l'ammonium par les bactéries. Leur présence est signe d'une pollution d'origine bactériologique et organique. Dans nos prélèvements, ce paramètre reste loin de la limite préconisée par l'OMS (0,1 mg/l) avec des valeurs entre 0,01 mg/l (A8) et 0,03 (A10) (Fig.7).

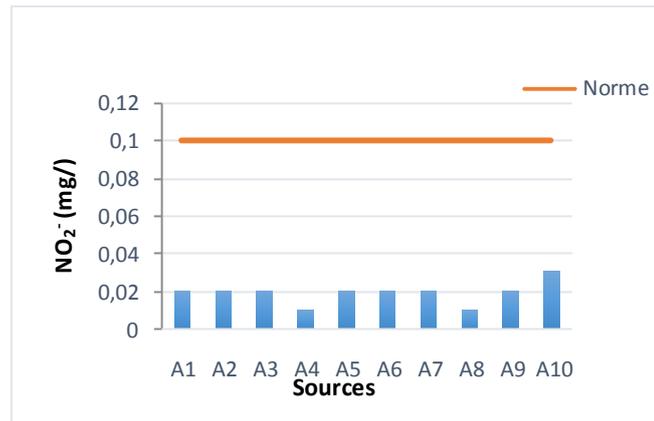


Figure 7. Variations des concentrations des nitrites dans la zone d'étude

### 3.3.5. L'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

L'ion ammonium est la principale forme de l'azote dans la nature [6] [7]. Il provient des conditions d'anaérobioses des écosystèmes [8]. L'ammonium provient des activités humaines, des rejets agricoles ou bien des rejets et déchets industriels. Dans nos échantillons, les valeurs mesurées varient entre 0,28 mg/l (A7, A9) et 0,35 mg/l (A10). Les valeurs en ammonium sont conformes à la norme de l'OMS (0,5 mg/l) (Fig.8).

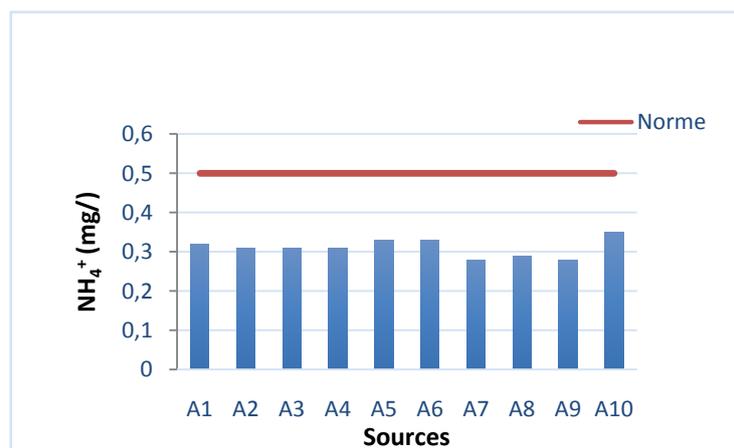


Figure 8. Variations des concentrations de l'ammonium dans la zone d'étude

### 3.3.6. Les Phosphates PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

La présence du phosphore concerne principalement le phénomène de l'eutrophisation, qui favorise la croissance des algues et d'autres plantes conduisant à l'efflorescence [9]. Il est largement utilisé comme engrais agricole et comme constituant majeur des détergents, en particulier ceux à usages domestiques.

Les valeurs obtenues dans les échantillons d'eau de sources varient entre 7,4 mg/l (A7) et 18,4 mg/l (A4) (Fig.9), dépassant largement la norme de L'OMS qui est de l'ordre de 0,5 mg/l [10], ce qui constitue un indice de pollution.

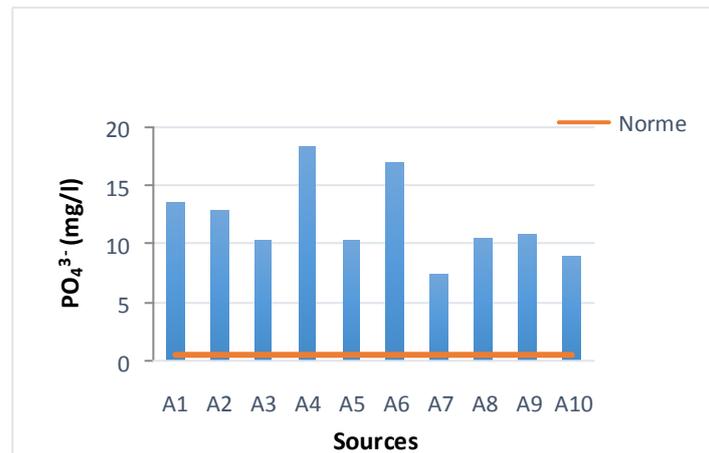


Figure 9. Variations des concentrations des phosphates dans la zone d'étude

**3.4. Classification et interprétation de la qualité des eaux**

La qualité générale de l'eau est définie selon quatre classes de qualité déterminées à partir d'une grille à double entrée (classe de qualité / paramètres mesurés). (Tab 2, Tab 3, Tab 4)

- \* **Classe I** : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière ; Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.
- \* **Classe II** : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement. Elle est représentée en vert.
- \* **Classe III** : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé. Elle est représentée en jaune.
- \* **Classe IV** : Pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques et très onéreux. Elle est représentée en rouge.

Tableau 2. Grille pour l'évaluation de la qualité minérale

Paramètre \ Qualité	I	II	III	IV
Ca <sup>2+</sup> mg/l	40 – 100	100 - 200 (A7, A5, A4, A9, A3, A10)	200 – 300 (A1, A8)	> 300 (A2, A6)
Mg <sup>2+</sup> mg/l	< 30	30 – 100 (A1, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10)	100 – 150 (A2, A6)	> 150
Na <sup>+</sup> mg/l	10 - 100 (A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10)	100 – 200 (A1, A6)	200 - 500	> 500
Cl <sup>-</sup> mg/l	10 - 150 (A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10)	150 – 300 (A2, A6)	300 – 500 (A1)	> 500
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	50 - 200 Tous les points	200 - 300	300 - 400	> 400

Tableau 3. Grille utilisée pour signaler les problèmes du phosphore

Forme du Phosphore \ Qualité	I	II	III	IV
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01 - 0.1	0.1 - 3	> 3 Tous les points

Tableau 4. Grille utilisée pour signaler les problèmes de l'azote

Paramètre \ Qualité	I	II	III	IV
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01 - 0.1	0.1 - 3 Tous les points	> 3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 0.01	0.01 - 0.1 Tous les points	0.1 - 3	> 3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 10	10 - 20	20 - 40	> 40 Tous les points

#### 4. CONCLUSION

Les eaux de sources de la région de Taoura présentent pour la majorité des points prélevés un faciès chimique dominant: le Bicarbonaté Calcique. Les paramètres PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sont classés dans les catégories des eaux de mauvaise qualité et à pollution excessive qui nécessitent un traitement avant consommation. Les concentrations des nitrates dans la zone d'étude dépassent les normes de l'OMS (50mg/l). La contamination des eaux souterraines par les nitrates est l'un des problèmes majeurs dans l'étude de la qualité des eaux. Les nitrates sont inodores et incolores et peuvent par conséquent causer des maladies graves à long terme. D'après les résultats des analyses, les eaux de sources de la zone d'étude ne sont pas aptes à la consommation. Bien que l'ammonium se trouve dans les normes admissibles par l'OMS, les valeurs analysées se trouvent dans la classe des eaux de mauvaise qualité nécessitant un traitement très poussé. Les valeurs de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux de sources s'expliquent essentiellement à travers les pratiques agricoles et culturelles par l'épandage et la dissolution des engrais (NPK), ainsi que par les rejets domestiques des détergents.

#### REFERENCES

- [1] WHO 2011, Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- [2] Dahiya S and Kaur A, 1999. Assessment of physico-chemical characteristics of underground water in rural area of Toshiam sub-division Bhiwani district, Haryana, *Journal of Environment and Pollution* 6(4), 281-8.
- [3] Rodier J, Legube B, Merlet N et coll, 2009. L'Analyse de l'eau, 9ème édition, DUNOD, pp 1242 - p1332
- [4] Alam M, Rais S and Aslam M, 2012, Hydrochemical investigation and quality assessment of ground water in rural areas of Delhi, India. *Environmental Earth Sciences* 66(1), 97-110.
- [5] Chahboune M, Chahlaoui A, Zaid A, Mehanned S and Ben Moussa A, 2014. Monitoring of the water's quality of Moulouya River : main tributary of Hassan II Dam (Province of Midelt, Morocco). *Moroccan Journal of Chemistry* 2 (5), *Mor.J.Chem* 2N°5 (2014) 427-433.
- [6] Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O and Belghity D 2010. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sabou en aval de sa confluence avec oued Fès. *Larhyss Journal*, n°08, Juin 2010, pp 101-112.
- [7] Chapman D.V., 1996. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.
- [8] EPA 2001. PARAMETERS OF WATER QUALITY: interpretation and standards.
- [9] N. Benouara, A. Laraba, L. Hachemi Rachedi. 2016. Assessment of groundwater quality of Seraidi in northeast of Algeria using NSF-WQI. *Water Science and Technology*, Vol 16 issue 4, p1132-1137.
- [10] M. Benhamza, A. Laraba, D. Landry. 2018. Contamination by Selected Trace Elements in Groundwater of Azzaba District in North East of Algeria. *Springer International Publishing AG 2018*. pp.553-554.
- [11] A. Laraba, M. Mahia. 2010. Etude des sources thermo-minérales du NE Algérien : Cas de Guelma. 2ème Journée Matériaux et Environnement « JME 2 ». Meknès, Maroc.
- [12] N. Benouara, A. Laraba. 2016 Study of water quality of spring in the municipality of Seraidi International Conference on Applied Geology & Environment, Mahdia, Tunisia.
- [13] N. Benouara, A. Laraba, L. Hachemi Rachedi. 2016. Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de Seraidi (Nord- Est Algérien). 5ème Colloque International du réseau « Eaux & Climats ». (CIREC5) Fès, Maroc.
- [14] F. Bouhafs, A. Laraba. 2017. Variation du chimisme des eaux des sources de la région de Taoura (Souk Ahras) Nord Est Algérien, First International Symposium of Water Resources and Environmental Impact Assessment in North Africa, Gafsa, Tunisie.