

Etude de la Qualité Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Superficielles et de l'Aquifère Superficielle du Sous-bassin de Bouhamdane (Nord-Est de l'Algérie)

TOUATI Ahmed Samer⁽¹⁾, GUEROUI Yacine⁽¹⁾, et MAOUI Ammar⁽³⁾

⁽¹⁾Laboratoire de Biologie, Eau et Environnement Université 08 Mai 1945 -Guelma-

⁽²⁾Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique Université 08 Mai 1945 -Guelma-
samer46@hotmail.fr, yacinebma@yahoo.fr, maoui_ammam@yahoo.fr.

Résumé— Cette étude présente les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des échantillons prélevés des eaux de surface et des eaux souterraines du sous-bassin de Bouhamdane situé dans le Nord-Est de l'Algérie.

Au total 8 échantillons d'eau de sources, 7 échantillons d'eau de rivière et 5 d'eau de puits ont été analysés pour les éléments physico-chimiques majeurs et les éléments indicateurs de pollution.

Les résultats montrent que les échantillons d'eau présentent des valeurs de pH qui varient entre 6.48 et 8.11, des salinités qui se situent entre 0 et 0,9 et des concentrations de nitrates qui se situent entre 3,6 et 41,6 mg/l.

A partir des résultats obtenues de cette études on peut conclure que la plupart des eaux du sous-bassin de Bouhamdane sont propres à la consommation humaine et à l'irrigation sauf les sites où on a détecté une forte pollution bactériologique

Mots-clés— eau, oued, pollution, bactériologie, hydrochimie, sous-bassin de Bouhamdane

I. INTRODUCTION

L'eau joue un rôle important dans la vie et la santé des personnes, et même si elle fournit un accès à l'hygiène et le confort, elle peut aussi être porteur de nombreuses maladies telles que la brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra et la diarrhée, pour ne nommer que quelques maladies qui tuent des milliers de personnes chaque année dans le monde [1].

L'eau douce provient des rivières (eau de surface) et des nappes phréatiques. Les eaux de surface sont plus polluées que les eaux souterraines. Avant sa distribution publique, l'eau doit être traitée pour éliminer les agents pathogènes responsables de maladies et d'éliminer ou de réduire à un niveau sécuritaire les substances nocives pouvant être présentes dans l'eau [1].

Aujourd'hui la qualité de l'eau est un sujet de grave préoccupation. Les influences anthropiques (activités urbaines, industrielles et agricoles, l'exploitation croissante des ressources en eau) et des processus naturels (changements dans les précipitations, l'érosion) dégradent les eaux et nuisent à leurs utilisations pour la consommation humaine, industriels, agricoles ou d'autres fins [2].

A cause de son énorme importance, il est impératif de prévenir et contrôler la pollution de l'eau et de disposer

d'informations fiables sur sa qualité. Compte tenu des variations spatiales et temporelles de l'hydrochimie des eaux de surface et souterraines, les programmes de surveillance régulières sont nécessaires pour des estimations fiables de la qualité de l'eau [2].

L'évaluation de la qualité de l'eau dans la plupart des pays est devenue une question cruciale au cours des dernières années, surtout en raison des inquiétudes que l'eau douce sera une ressource rare dans le futur. La surveillance de la qualité de l'eau est un outil utile non seulement pour évaluer les impacts des sources de pollution, mais aussi pour assurer une gestion efficace des ressources en eau et la protection de la vie aquatique [2].

L'évaluation hydrochimique et bactériologique des eaux souterraines et de surface dans le sous-bassin de Bouhamdane n'a jamais été effectuée avant cette étude. Par conséquent, l'objectif principal du présent travail est la caractérisation et l'évaluation de la qualité de l'eau dans le sous-bassin de Bouhamdane et son adéquation à des fins domestiques et d'irrigation.

II. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

A. Présentation géographique

Le bassin versant d'un cours d'eau englobe l'ensemble des bassins versants élémentaires qui alimentent chaque point de la rivière. Ainsi, le grand bassin versant d'un fleuve recouvre l'ensemble des bassins versants de ses affluents, du chevelu à la rivière secondaire.

Le bassin de l'oued Bouhamdene fait partie du bassin versant de la Seybouse N° 14. Il englobe une superficie de 1105 Km².

Dans sa partie orientale et du Nord vers le Sud, la limite du bassin versant suit la ligne de partage des eaux séparant les chaâbets Sehouek et Louba et se poursuit en joignant les sommets de Kouidi at Bourhoussine. Aux alentours de la localité de Ras El Akba, elle passe par les sommets de djebel Essaâda (1108m) et djebel Ancel (1124m) djebel M'dereg Narou au SW de Ain Tra b. Cette limite se poursuit en reliant les sommets d'une série de monticules culminant à des altitudes moyennes d'ordre (950m), avant d'atteindre à l'ex trême Sud-Est les sommets 1065m.

Au Sud, le bassin versant est délimité par Kouidiat Dib (1124m). Dans sa partie Ouest, la limite est constituée par la

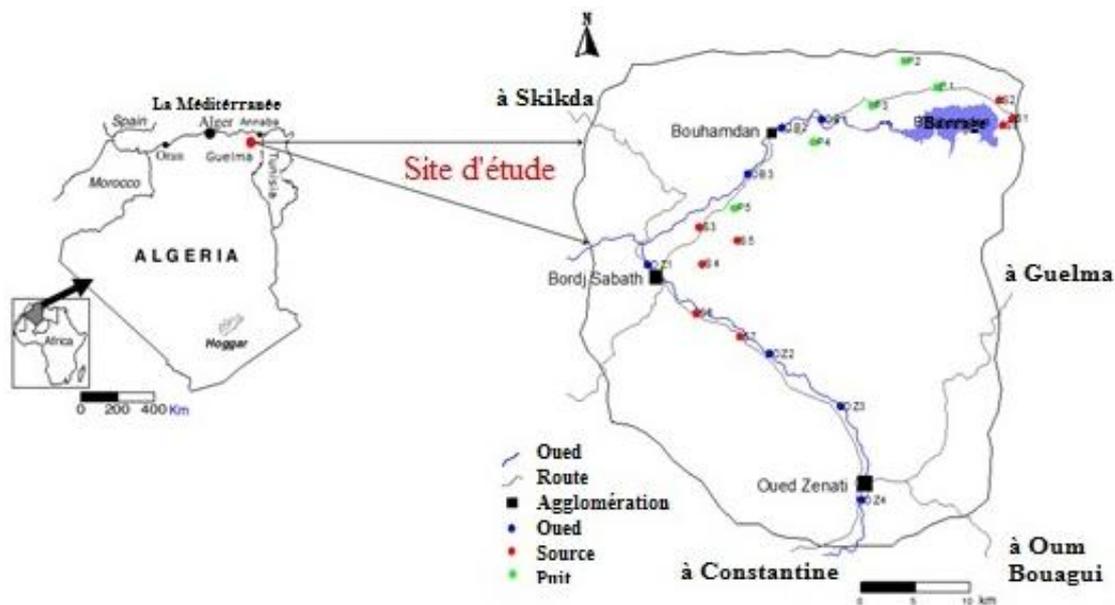


Figure 1 : Localisation du site d'étude dans le Nord-Est de l'Algérie.

Ligne de partage des eaux qui passent par les sommets de djebel El Guettar (1246m), djebel Oum Settas (1324m) et Kef Si Salah près d'El Aria. Au Sud de ce village, la limite passe par les sommets où les altitudes sont de l'ordre de 900m.

La limite remonte vers le Nord, pour relier les sommets de djebel Lobba à M'zaret Sidi Chagref (1289m) et Koudiat N'Zel El Kraznadja à l'extrême Nord-Ouest.

Dans la partie septentrionale, la limite du bassin versant et de l'Ouest vers l'Est passe à travers la forêt de chêne liège de Sedrata et suit la ligne de crêtes séparant la vallée de l'oued Bouhamdene de celle de Zerdazas, et se continue vers l'Est en reliant les sommets des djebels Taya et Mermoura et en fin, celles du djebel Arara à Medjez Amar.

B. Géologie du site

Situé en zone sub-tellienne, s'étend sur deux grands ensembles physiques : la chaîne numidique (bassin de l'oued Sabath et le bassin de l'oued Bouhamdene) et la zone des nappes de charriages (bassin de l'oued Zenati).

La lithologie constituée de formations superficielles (32.4%), grès, conglomérats, marno-calcaires et marnes schisteuses (40.5%), argiles et marnes (23.1%) et calcaires (4.0%).

Deux principales artères, l'oued Zenati qui draine la zone semi-aride des Hautes Plaines (pluie moyenne: 450 à 550mm) et l'oued Sabath du Tell méridional au climat sub-humide (pluie moyenne 550 à 650 mm). A la station de Guelma, la moyenne annuelle de la température de l'air est de 18,1 °C (10 °C en janvier et 27.8 °C en août).

C. Climatologie

La référence [3], montre que dans cette région, il se superpose une diversité de zone bioclimatique : humide sur les sommets de la partie septentrionale, subhumide au Nord et au centre et semi-aride dans la vallée et dans la partie méridionale. Ces affirmations confirmées par la carte des zones bioclimatiques et le quotient d'Emberger montrent chaque fois que la combinaison topographie-climat-végétation est différente de celle de la région voisine. Ainsi, les précipitations qui croissent avec l'altitude, décroissent plus vers le Sud.

III. MATERIEL ET METHODES

A. Paramètres physico-chimiques

Les échantillons ont été collectés dans des bouteilles en polyéthylène de bonne qualité d'une capacité de 1.5L, conservés et transportés dans des glacières réfrigérées à 4°C jusqu'au moment de l'analyse.

La température (T°C), le pH, la conductivité électrique (CE) et l'oxygène dissous sont mesurés in situ à l'aide d'un multi paramètres portatif (WTW Multi 340i).

Les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), l'azote ammoniacal (NH_4^+), les sulfates (SO_4^{2-}), le fer (Fe^{2+}) et les orthophosphates (PO_4^-) sont déterminés par dosage colorimétrique à l'aide d'un spectrophotomètre (photolab 6100, WTW).

La dureté (TH), le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) sont dosés par la méthode volumétrique en EDTA.

L'oxydabilité (les matières oxydables : MO) est déterminée par oxydation à chaud en milieu acide [6].

Le titre alcalin (TA), le titre alcalin complet (TAC) et les bicarbonates (HCO_3^-) sont analysés par dosage volumétrique avec du HCL 0.1 N.

Le sodium (Na^+) et le potassium (K^+) sont déterminés par excitation des atomes par le photomètre à flamme (Corning 400) [4].

B. Analyses bactériologiques

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons à vis en verre stériles de 250ml, remplis immédiatement et fermés hermétiquement, conservés à froid dans des glacières et ramenés au laboratoire le plus vite possible pour effectuer les analyses le même jour où ils ont été recueillis.

Le stockage total des échantillons n'a pas dépassé les 4 à 5h. Les Coliformes totaux, Streptocoques totaux, Streptocoques fécaux, les Pseudomonas et les Staphylocoques ont été énumérés par la technique de filtration sur membrane de 0,45mm (sartorius stedim biotech) en milieux solides sélectifs.

Les résultats sont exprimés par unité formant colonie (UFC) par 100 ml. La recherche et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices et de Clostridium sulfite-réducteurs a été effectuée par incorporation en gélose en tubes profonds.

En ce qui concerne les Germes totaux à 37°C et à 22°C on a adopté à l'ensemencement par incorporation directe.

La recherche des germes pathogènes (*salmonella sp.* et *Vibrions cholériques*) a été effectuée selon les techniques décrites par la référence [5].

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Paramètres physico-chimiques

Le **tableau 1** rapporte les valeurs moyennes relatives aux différents paramètres physico-chimiques étudiés.

La température montre une différence notable entre les sites et varie entre 11.9 °C et 18.2°C. Les températures élevées sont enregistrées au niveau des eaux de surface alors que celles les plus basses sont notées au niveau des eaux souterraines.

Les valeurs moyennes du pH sont comprises entre 6.78 et 8.11 dans les différentes stations, les valeurs faibles sont enregistrées au niveau des eaux souterraines tandis que les valeurs élevées sont enregistrées au niveau des eaux superficielles qui sont légèrement alcalines.

Les valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux souterraines sont moins importantes que celles des eaux superficielles, elle varie entre 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1985 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des eaux superficielles car celles-ci sont exposées au phénomène de vaporisation en plus de la présence des rejets urbains et les rejets de l'hôpital au niveau de la ville de Oued Zenati, ces eaux sont caractérisées par de des concentrations très élevées des éléments dissous qui augmentent la conductivité électrique.

La valeur la plus faible de l'oxygène dissous est de 1.52 mg/l au niveau de toutes les stations.

D'une façon générale, les concentrations des formes azotées des eaux de toutes les stations sont très basses et ne témoignent aucune pollution azotée.

Les concentrations des orthophosphates sont très faibles au niveau des eaux souterraines mais elles sont remarquables au niveau des eaux superficielles, ceci est dû aux produits des lessives (au voisinage des oueds Zenati et Bouhamdane). Et comme le phosphore est considéré comme élément nutritif principal de développement des algues il a été constaté à ce niveau un développement excessif des algues pendant le printemps et le début de l'été ce qui témoigne l'enrichissement de ces eaux en orthophosphates. Cet enrichissement est favorisé aussi par la faible couche d'eau au niveau des eaux superficielles de cette région.

Les valeurs moyennes des chlorures sont comprises entre 42.2 mg/l et 380.2 mg/l.

Les concentrations du sodium et du potassium sont importantes au niveau des eaux superficielles par contre les faibles teneurs sont enregistrées au niveau des eaux souterraines à cause de la dilution importante.

Les valeurs du bicarbonate varient entre 48.8 mg/l et 384.3 mg/l la valeur la plus remarquable est enregistrée au niveau du site OZ4.

La dureté totale montre une certaine hétérogénéité entre les sites et varie entre 14 °F et 87 °F, ceci les classe parmi les eaux dure à très dures.

Les concentrations du fluor sont faibles à l'exception des sites (S1, S2, S8) qui montrent des valeurs élevées ceci est dû à la nature des roches constituant la géologie de Hammem Debegh riche en fluorite.

B. Analyses bactériologiques

En ce qui concerne les coliformes totaux, la concentration moyenne est de 6.2 $\log_{10}/100\text{ml}$. La concentration moyenne maximale est enregistrée au niveau du site OZ₃.

La numération des coliformes fécaux montre que les eaux du sous-bassin de Bouhamdane renferment une concentration moyenne de l'ordre de 3.6 $\log_{10}/100\text{ml}$. La moyenne maximale est enregistrée au niveau du site OZ₃.

Concernant les streptocoques fécaux on note que la concentration moyenne des eaux étudiées est de l'ordre de 4.1 $\log_{10}/100\text{ml}$ avec une moyenne maximale enregistrée au niveau du site OB₂ (5.8 $\log_{10}/100\text{ml}$) et une valeur moyenne minimale enregistrée au niveau du site S₄ (2.3 $\log_{10}/100\text{ml}$).

La concentration moyenne minimale en flore totale est obtenue au niveau du site S₃ (3.2 $\log_{10}/100\text{ml}$). Par contre la concentration moyenne maximale (11.3 $\log_{10}/100\text{ml}$) est enregistrée au niveau du site OZ₄.

La recherche des germes pathogènes a été effectuée systématiquement au niveau de toutes les stations dans la région étudiée. Leur détection a été marquée dans les sites OZ₁, OZ₄, P₅, S₈, OB₂, OB₃ par la présence de *Vibrion cholérique* et *salmonella sp.*

Tableau 1: valeurs moyennes des paramètres physicochimiques des eaux de la région étudiée du sous-bassin de Bouhamdane.

Sites	Température (°C)	pH	conductivité électrique (µS/cm)	Sodium (mg/l)	potassium (mg/l)	bicarbonates (mg/l)	chlorures (mg/l)	sulfates (mg/l)	dureté (°F)	Nitrites (mg/l)	ammonium (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Oxygène dissous (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Fluor (mg/l)
S1	18.2	7.12	1834	443.72	25.52	347.7	210	110.2	58	0.132	0.104	35.2	3.85	0.5833	2.21
S2	17.5	6.81	1765	426.31	28.74	305	204.2	220.6	62	0.099	0.156	33.44	2.66	0.7982	2.08
S3	15.8	7.14	748	244.64	12.54	317.2	57.4	32.7	37	0.165	0.143	11	3.58	0.1535	0.71
S4	15.6	7.27	765	252.41	14.12	311.1	57.4	51.2	35	0.099	0.182	14.08	4.22	0.1535	0.41
S5	14.5	7.51	606	156.65	12.44	183	42.2	27.67	23	0.099	0.208	7.48	4.07	0.307	0.24
S6	12.9	7.35	1009	275.2	17.62	213.5	118.6	34.3	38	0.132	0.117	19.8	4.55	0.6447	0.94
S7	13.3	7.45	621	134.81	7.8	134.2	58.6	18.86	28	0.198	0.143	38.28	3.22	0.1535	0.32
S8	16.8	7.65	1985	488.6	17.02	244	380.2	152.53	70	0.264	0.39	41.36	3.14	0.6754	2.11
P1	13.7	7.42	860	290.33	15.32	292.8	70.4	108.54	38	0.165	0.143	24.2	4.02	0.3991	1.46
P2	14.5	6.48	544	172.55	8.3	103.7	82.8	71.95	18	0.198	0.104	9.24	2.87	0.2763	0.19
P3	14.4	7.34	878	249.6	12.66	280.1	46	45.72	42	0.066	0.169	9.68	3.02	0.3684	1.04
P4	14.6	7.44	885	252.3	15.45	314.8	62.4	48.14	57	0.165	0.286	16.72	4.09	0.1535	1.37
P5	11.9	7.08	384	94.02	3.56	48.8	75.2	31.09	14	0.198	0.286	12.32	3.91	0.4605	0.22
OB1	13.8	7.87	770	186.28	12.05	109.8	114.2	69.58	28	0.33	0.234	18.04	4.15	0.5526	0.43
OB2	14.6	8.11	774	184.5	7.72	109.8	111.6	66	31	0.297	0.195	6.16	3.53	0.6754	0.44
OB3	14.6	7.91	793	188.04	7.52	109.8	119.2	57.75	25	0.165	0.143	13.64	3.48	0.6754	0.35
OZ1	15.5	7.83	1650	345.2	18.87	292.8	195.2	151	62	1.254	0.234	20.24	1.73	1.1359	0.88
OZ2	16.5	7.88	1663	362.28	21.33	317.2	208.2	128	67	0.792	0.195	22.88	1.52	1.0745	0.94
OZ3	16.6	7.62	1657	345.6	18.52	305	208.2	135	73	0.231	0.208	21.56	1.65	2.2411	1.13
OZ4	16.1	7.85	1841	434.15	18.12	384.3	220.6	164.42	87	0.627	1.378	17.6	2.53	0.8596	1.11

S: source, P: puit, OB: oued Bouhamdane, OZ: oued Zenati.

V.CONCLUSION

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la région étudiée ont montré que le pH, la température et les sulfates peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucun danger pour la consommation.

Les eaux superficielles affichent des concentrations moyennes en orthophosphates supérieures aux normes de 0.5 mg/l selon l'organisation mondiale de la santé (O.M.S).

Ces résultats confirment l'impact de l'intensification de l'agriculture, les rejets des eaux usées domestiques et industrielles.

Il est à signaler que les eaux du sous-bassin de Bouhamdane affichent des concentrations élevées en dureté, orthophosphates, fluor et chlorure.

La présence très élevée des germes indicateurs de contamination fécale ainsi que la présence de certains germes pathogènes constitue un danger pour les habitants qui utilisent les eaux des puits comme une eau potable.

REFERENCES

[1]Saibi H., Bahri F and Semar A. (2013). Hydrochemistry and bacteriology of western and Saharan spring waters of Algeria. Arab. J. Geosci. 6:665– 677.

[2]Varol M., GöKot B., Bekleyen A. and en B. (2012). Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. Catena 92:11-21.

[3]Côte M. (1983). Communication au colloque sur les eaux I.S.T. Université de Constantine.

[4]Achour S. (1990). La qualité des eaux de Sahara septentrional : étude de l'excès en Fluor. Tribune de l'eau 1990. 42.542 :53-57.

[5]Rodier J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Bordas, 6^{ème} éd. Paris. 1136p.

[6]Ramdani A. et al. (2012). Physic-Chemical water quality in some regions of southern Algeria and pretreatment prediction. Procedia engineering. 33 (2012) 335-339.