

IMPACT DES REJETS DES EAUX USÉES SUR LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DE L'OUED BENI AZA (BLIDA, ALGÉRIE)

Abdelmalek Bengherbia, Fella Hamaidi, Rabia Zahraoui, Mohand Said Hamaidi et
Smain Megateli

Département de biologie, université Saad Dahlab, Blida, Algérie
hamaidifella@yahoo.fr

(Received 3 January 2012 - Accepted 29 March 2012)

RÉSUMÉ

L'utilisation des eaux de l'oued Beni Aza pour l'irrigation pose un problème majeur de santé publique. Les échantillons prélevés des eaux de l'oued Beni Aza ont été systématiquement analysés en vue de mesurer tous les paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution: DCO (demande chimique en oxygène), DBO₅ (demande biochimique en oxygène sur 5 jours), MES (matières en suspension), nitrates et nitrites, ammonium, phosphates et matières organiques. Les résultats obtenus montrent que le cours d'eau est exposé à une forte pollution principalement d'origine organique. Cette pollution est exprimée par une DCO (417 mgO₂/l), une DBO₅ (219 mgO₂/l) et des MES (663 mg/l) très élevées dépassant largement les normes algériennes et celles de l'OMS. Des corrélations entre les paramètres de pollution ont été effectuées afin de donner des éléments de réponse aux causes principales de la pollution. Ces analyses ont fait également l'objet d'une recherche bactériologique. Les résultats bactériologiques obtenus montrent la présence d'un taux élevé en CT (coliformes totaux) (188×10^7 UFC/100ml), en CF (coliformes fécaux) (46×10^7 UFC/100ml) et en SF (streptocoques fécaux) (28×10^7 UFC/100ml). L'absence de germes pathogènes comme les salmonelles et les vibrions a été signalée.

Mots-clés: oued Beni Aza, Blida, eaux usées, paramètres physico-chimiques, bactériologie

ABSTRACT

The use of waters of the river Beni Aza for irrigation poses a major problem of public health. The sampling strategy developed in this study is based on the analysis of waters of the river Beni Aza. The samples were analyzed systematically to measure all the physicochemical indicators of pollution: COD, BOD₅, SS, nitrate and nitrite, ammonium, phosphate and organic matter. The results showed that whatever the day of sampling, the stream is exposed to heavy pollution of mainly organic origin. This pollution levels expressed by COD (417 mgO₂/l), BOD₅ (219 mgO₂/l) and MES (663 mg/l), was very high, exceeding the WHO and Algeria standards. Correlations between pollution parameters were conducted to give a response element on the main causes of pollution. The bacteriological results obtained showed the presence of significant levels of total coliforms (188×10^7 UFC/100ml), fecal

coliforms (46×10^7 UFC/100ml) and fecal streptococci (28×10^7 UFC/100ml). Pathogens such as Salmonella and Vibrio were not detected.

Keywords: Beni Aza wadi, Blida, domestic wastewater, physico-chemical parameters, bacteriology

INTRODUCTION

La disponibilité d'une eau de bonne qualité est un élément indispensable pour prévenir les maladies et améliorer la qualité de vie (Oluduro & Aderiyé, 2007). Actuellement, la situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente.

À cet effet, le rejet des eaux usées dans les oueds constitue un problème qui se traduit par un déséquilibre du milieu écologique d'une part et d'autre part par la perte de ces eaux sans récupération. Ces eaux usées ont une part importante dans la dégradation du milieu récepteur et risquent de constituer à l'avenir la cause essentielle de la pénurie d'eau et des problèmes de santé publique (Ghadbane, 2003).

L'oued Beni Azza, autrefois rivière claire et agréable, faisait la joie des citoyens de la commune de Oued Yaïch. Aujourd'hui devenu un égoût à ciel ouvert, cet oued empoisonne la vie des riverains en devenant un véritable problème pour l'ensemble de la commune. L'état actuel de l'oued est très dégradé et son influence sur la côte algéroise est conséquente. Il représente une menace pour la population blidéenne et plus particulièrement ceux d'Oued Yaïch. Il constitue un lieu de concentration de microbes et de microorganismes nuisibles, ainsi que de substances dangereuses pour la santé. L'inhalation à faible dose des vapeurs d'eau du fleuve peut causer l'irritation des yeux, de la gorge, ainsi qu'une toux douloureuse, c'est dire le niveau de contamination de cet oued.

L'objectif de cette étude est d'évaluer pour la première fois la qualité des eaux de l'oued Beni Aza par la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'oued Beni Aza se situe au nord de l'Algérie dans la wilaya de Blida. Il prend naissance sur les hauteurs de Chréa et traverse la wilaya de Blida au niveau des communes d'Oued Yaïch et de Beni Mered puis celle d'Oued Alleug. Il se réunit avec l'oued Mazafran au niveau du lieu dit Magtaa Kheira et se déverse dans la mer Méditerranée après un parcours de 33,8 km (Figures 1 et 2).

La région de Blida est caractérisée par un climat subhumide avec un hiver frais. En général, les mois les plus pluvieux se situent entre décembre et avril et les mois les plus secs entre juin et septembre. L'enneigement est assez fréquent, de décembre à janvier sur le massif de Chréa à haute altitude. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'août 32°C en moyenne, et les plus basses sont de l'ordre de 6°C en janvier (Loucif Seiad, 2003).

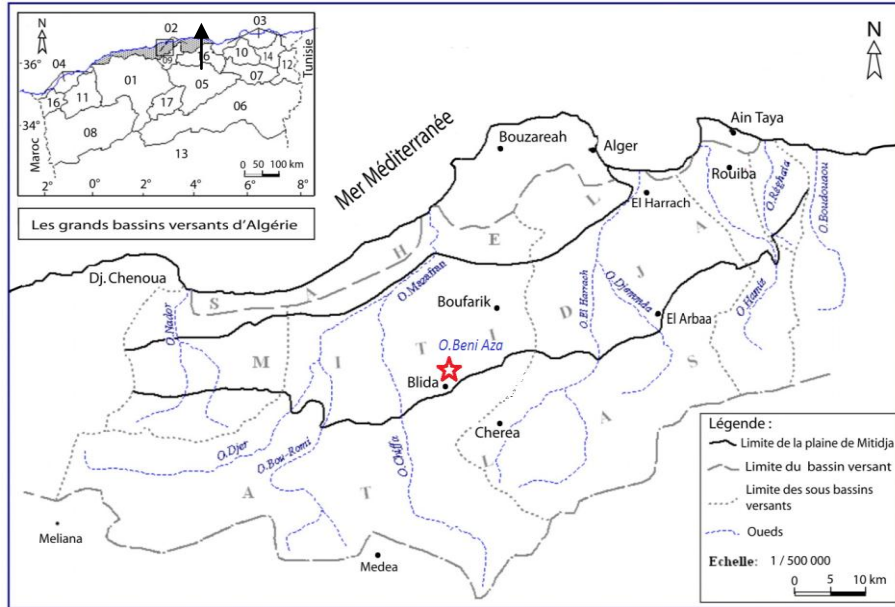


Figure 1. Présentation de la zone d'étude.

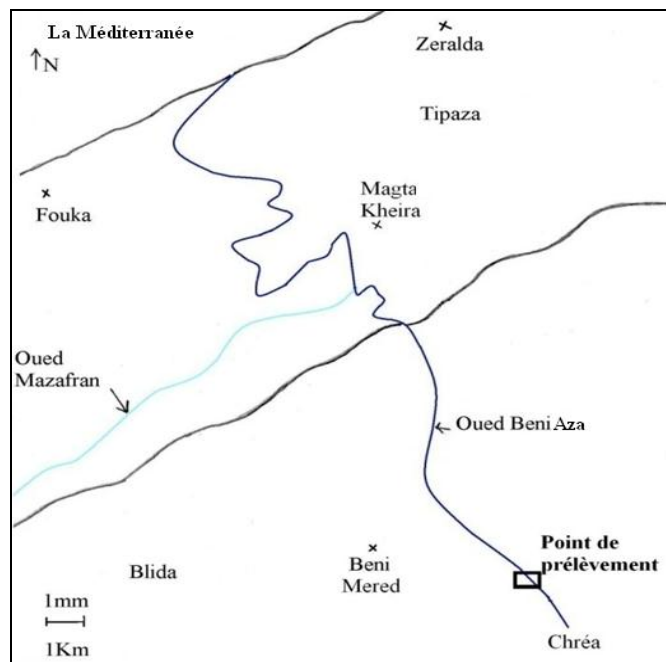


Figure 2. Carte schématique du site d'étude (original).

Sources de pollution

Du fait de sa situation, l'oued Beni Aza est confronté à différentes sources de pollution qui menacent la qualité de ses eaux:

- Le rejet des eaux usées (domestiques et industrielles) de la commune d'Oueld Yaïch.
- Le rejet domestique des bidonvilles de Ben Achour.
- Les excréments des animaux domestiques se trouvant près de l'oued.

Echantillonnage et mode de prélèvement

Les prélèvements ont été régulièrement effectués au niveau de cet oued du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre 2010. Le protocole de l'échantillonnage est mentionné dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Protocole d'Échantillonnage

Analyses	Quantité	Période
Physico-chimie	1 litre	Une fois par mois
Bactériologie	250 ml	Chaque semaine

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de Blida (ANRH), les analyses bactériologiques dans la polyclinique de Boufarik.

Le suivi des paramètres physico-chimiques est effectué selon la technique de Rodier *et al.* (1996). Ces paramètres sont mentionnés dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Méthodologie des Paramètres Physico-Chimiques

Paramètres	Méthodes de mesures
Température	Thermomètre numérique
pH	pH mètre
NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , DCO, MO	Dosage colorimétrique par spectrophotomètre (HACH DR/2000)
DBO_5	DBO mètre (Oxi Top WTW)
MES	Méthode de centrifugation (Hettick Zentrifugen)

Les paramètres bactériologiques sont déterminés par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) (Rodier *et al.*, 1996; Lebres *et al.*, 2002; Delarras, 2003). Une dilution

décimale jusqu'à 10^{-7} pour les coliformes fécaux, totaux et streptocoques fécaux et 10^{-4} pour les anaérobies sulfite réductrices et les germes pathogènes a été nécessaire.

Après une incubation de 24 h à 37°C, les tubes présentant un virage de couleur violet vers le jaune et un dégagement de gaz sont considérés positifs. Les coliformes totaux sont dénombrés après une incubation de 24 h à 48 h à 37 °C. Les tubes contenant le milieu bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol, sont munis d'une cloche de Durham (test présomptif).

Les tubes positifs (fermentation du lactose et production de gaz) sont repiqués pour un test confirmatif sur milieu Schubert munis d'une cloche de Durham puis incubés pendant 24 h à 48 h à 44 °C. Après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, il se forme alors un anneau rouge en surface et un dégagement de gaz qui sont témoin de la production de l'indole et de la présence de coliformes fécaux.

La recherche des streptocoques est effectuée sur le milieu Rothe à 37°C pendant 24 h (test présomptif). À partir des tubes de Rothe positifs, on effectue une subculture sur milieu Eva Litsky pendant 24 h à 37°C (test confirmatif). Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 100 ml suivant la table de Mac-Grady.

La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfite-réducteurs se font selon les étapes suivantes: (1) chauffer 25 ml de l'échantillon à 80°C pendant 5 à 10 minutes afin de détruire la forme végétative et préserver la forme sporulée, (2) refroidir rapidement sous l'eau de robinet, (3) répartir le contenu dans quatre tubes stériles à raison de 5 ml par tube, ajouter 20ml de gélose viande foie (VF) additionnée d'une ampoule de sulfite de sodium et d'une ampoule d'alun de fer, (4) mélanger soigneusement sans faire des bulles en évitant l'introduction d'air, (5) laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C durant 18 heures.

La recherche des vibrions cholériques se fait sur milieu eau peptonée alcalin (EPA) et le repiquage sur milieu GNAB (gélose nutritive alcaline biliée).

Quant aux salmonelles, leur recherche est effectuée sur le milieu sélénite-cystéine (SFB) et le repiquage sur gélose Hektoen (H).

L'analyse statistique par le test de corrélation de Pearson a permis de mettre en relief les relations potentielles entre les différentes variables à tester.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'oued Beni Aza

Les valeurs de la température de l'eau de l'oued Beni Aza varient en fonction d'un rythme saisonnier, avec une valeur maximale de 25,9°C au mois d'août et une valeur minimale de 17,2°C au mois d'avril 2010 et une moyenne de 22,62°C (Figure 2a). D'après Potelon et Zysman (1998), la température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été. L'augmentation de la température aux mois de juillet et août favoriserait selon Moussa

Moumouni Djermaakoye (2005) le phénomène de l'auto-épuration et accroîtrait la vitesse de sédimentation de la matière en suspension.

Durant toute la période de cette étude, le pH était supérieur à 7, ce qui laisse supposer l'existence d'un milieu légèrement alcalin. Les valeurs extrêmes se situent entre 7,40 et 8,19 (Figure 2b). Selon Blinda (2007), des pH compris entre 5 et 9 permettent un développement normal de la faune et de la flore.

Les valeurs retrouvées pour le paramètre DCO de l'eau ne sont pas uniformes. Une valeur élevée au mois de septembre (651 mg/l) et une valeur faible au mois d'avril (66 mg/l) ont été notées. Cependant, dans l'ensemble, ces valeurs sont plus ou moins élevées par rapport aux normes des eaux de surface qui est de 120 mg/l (Figure 2c). Les valeurs retrouvées pour la DCO sont similaires à celles trouvées par Karrouch et Chahlaoui (2009) sur l'oued Boufekrane au Maroc. D'après Igbinsa et Okoh (2009), l'augmentation des concentrations de la DCO pendant la saison d'été pourrait être attribuée à une augmentation des substances organiques et inorganiques dans le milieu récepteur.

Les concentrations de la DBO₅ de l'eau varient entre 50 mg/l et 328 mg/l, ces valeurs sont supérieures aux normes de l'OMS (2001) des eaux de surface (Figure 2c). Selon Asia et Akporhonor (2007), si les valeurs de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) sont assez élevées, cela signifie que les eaux usées ont un potentiel de pollution élevé et devrait donc être traitées avant leur rejet dans l'environnement.

Les concentrations en MES fluctuent entre 182 mg/l au mois d'avril et 1190 mg/l au mois de mai. Elles sont supérieures aux normes exigées par l'OMS (2001) qui sont de 30 mg/l (Figure 2c). Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur (Baumont *et al.*, 2003). Ces mêmes observations ont été notées lors des sorties sur le terrain.

Les valeurs enregistrées des nitrates (NO₃⁻) dans les échantillons sont comprises entre 0 mg/l et 1,3 mg/l (Figure 2d).

Slim *et al.* (2005) ont constaté qu'une quantité infinie des nitrates dans les eaux de surface est liée soit à la croissance algale accrue dans ces sites, soit au phénomène conjoint de dénitrification qui transforme le nitrate NO₃⁻ en azote N₂ grâce à la présence de la matière organique.

Les valeurs trouvées pour les nitrites sont inférieures aux normes de l'OMS (2001) des eaux de surface sauf pour le premier prélèvement qui dépasse la norme (0,435 mg/l) (Fig. 2d). Selon Potelon et Zysman (1998), les nitrites présentent une forme transitoire instable lors de la nitrification ou la dénitrification, leur présence dans le milieu naturel est faible. Les concentrations obtenues pour les nitrites concordent avec celles de Derradji *et al.* (2007) pour les eaux superficielles dans le nord-est algérien, Mouni *et al.* (2009) pour les eaux de l'oued Soummam en Algérie et Ahmed Baig *et al.* (2009) pour les eaux de surface de la ville de Jamshoro au Pakistan.

Toutes les valeurs obtenues pour la mesure de l'ammonium sont inférieures aux normes des eaux de surface, sauf pour le mois de juin où on note une valeur élevée égale à 76

mg/l (Figure 2e). Dans les eaux naturelles, la détection d'ammonium en grandes quantités est un critère de pollution (Dussart, 1966). Ces résultats concordent avec ceux de Guasmi *et al.* (2006), sur l'oued Medjerda (Maroc), et Cébron (2004) pour les eaux de surface de la commune d'Achères à Paris.

Les variations des phosphates présentent de fortes concentrations avec un pic de 12,008 mg/l aux mois d'août et septembre, ceci est dû aux rejets domestiques (Figure 2e). Selon Festy *et al.* (2003), les phosphates proviennent des lessivages. Ils participent en première ligne au processus d'eutrophisation, phénomène aux conséquences environnementales (développements algaux) et sanitaires (libération de toxines algales). Les valeurs enregistrées des phosphates sont semblables à celles décrites par Birguy *et al.* (2008) dans les cours d'eau d'Ouagadougou et celles de Jain (2002) dans les eaux montagneuses du Gange en Inde.

La teneur en matières organiques oscille entre 18,5 mg/l au mois d'avril et 112,5 mg/l au mois de septembre (Figure 2f). Toutes les concentrations enregistrées sont supérieures aux normes de l'OMS pour les eaux de surface (2 mg/l). Selon Mouni *et al.* (2009), la concentration en matières organiques augmente avec l'augmentation de la matière en suspension, ce qui nous renseigne sur le caractère organique de la matière en suspension dans cette étude.

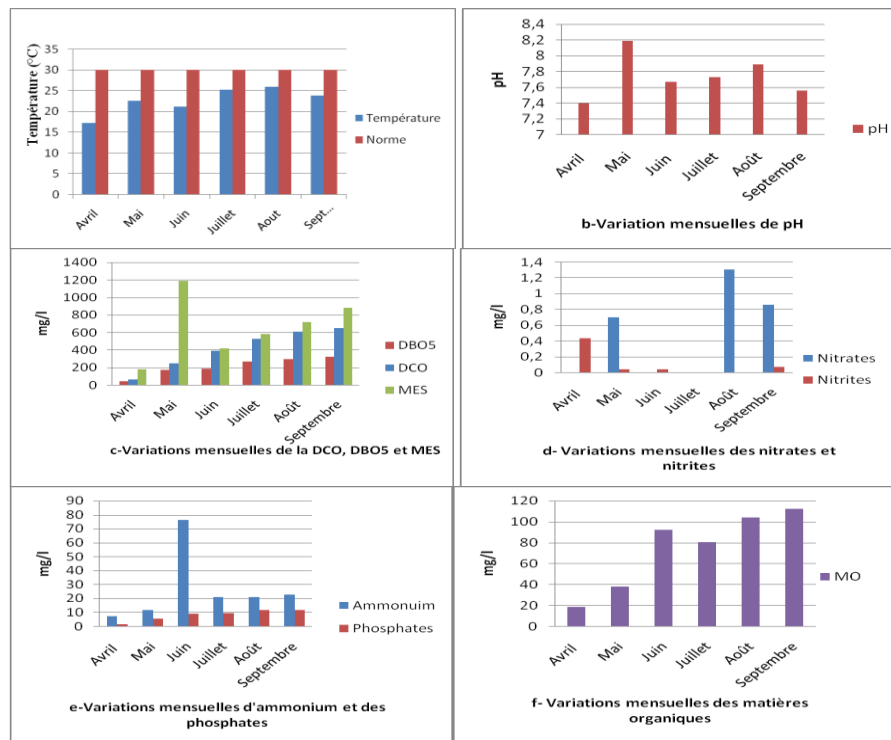


Figure 2 (a-f). Variations mensuelles des différents paramètres physico-chimiques.

Analyses bactériologiques des eaux de l’oued Beni Aza

Dans la plupart des échantillons, la concentration des coliformes totaux et coliformes fécaux est supérieure à 240×10^7 UFC/100ml, en raison du faible débit de l’eau en saison estivale (Figures 3a et 3b). Jacinta *et al.* (2007) ont noté dans leurs travaux que la qualité des eaux de surface de nombreux lacs et rivières souffre également de la présence de niveaux élevés en coliformes fécaux. Ces derniers sont des indicateurs de contamination fécale.

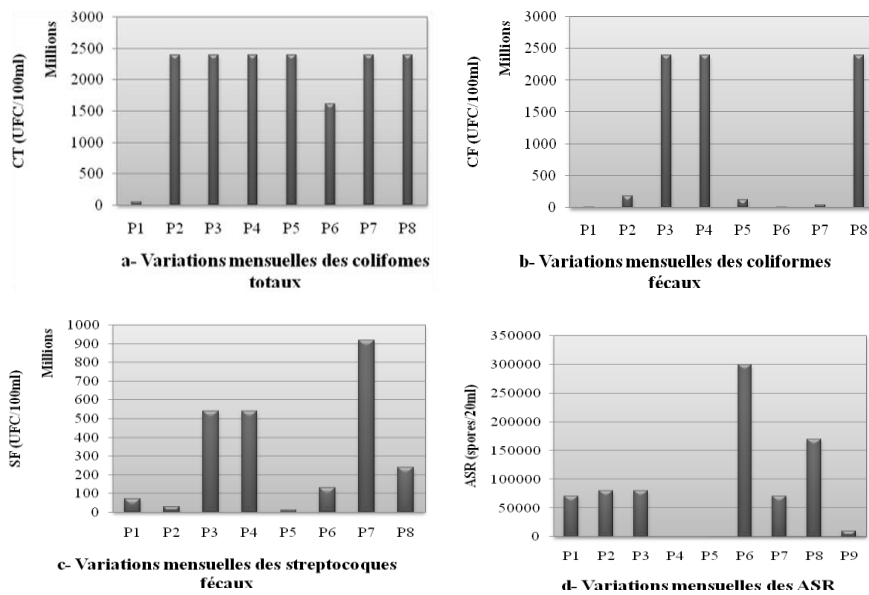


Figure 3 (a-d). Variations mensuelles des différents paramètres bactériologiques (P: prélèvement).

Dans le cas où il s’agit d’une eau constamment contaminée par des germes de pollution fécale, telles que le sont presque toutes les eaux de surface. Il ne s’agit plus dès lors d’un signal d’alarme, mais d’une évaluation de l’importance de la pollution fécale. La plupart de ces contaminations permanentes proviennent des rejets d’eaux usées urbaines dont la concentration en coliformes fécaux est relativement constante et de l’ordre de 10^6 à 10^7 par 100ml (Rodier *et al.*, 1996). Ces valeurs élevées des coliformes fécaux trouvées lors de cette étude concordent avec celles de Ghadbane (2003) relatives aux eaux usées de la ville de M’sila.

La présence des coliformes fécaux dans l’oued Beni Aza avec des concentrations élevées montre qu’il y a une contamination fécale de cet oued d’une part par la présence de nombreux mammifères (moutons, bovins, caprins, *etc.*) et, d’autre part, par les rejets des eaux usées domestiques de la commune qui entoure cette rivière (Figure 4).



Figure 4. Activités existantes dans l'entourage de l'oued Beni Aza.

Les streptocoques fécaux sont présents dans cette étude mais avec des concentrations moins importantes que celles notées pour les coliformes fécaux (Figure 3c). D'après El-Addouli *et al.* (2009), les concentrations des streptocoques fécaux les plus élevées sont enregistrées en été et en automne par contre la diminution du nombre des streptocoques fécaux est observée au printemps et en hiver. Dans cette étude, la concentration des streptocoques fécaux est plus faible en comparaison avec celle des coliformes fécaux et des coliformes totaux au niveau de l'oued Bouishak.

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR ont montré que le nombre de spores dans ces eaux varient entre 7×10^4 spores/20ml et 30×10^4 spores/20ml. Cette valeur maximale (30×10^4 spores/20ml) durant le sixième prélèvement du mois de juillet est en contraste avec l'absence totale durant le quatrième et le cinquième prélèvements du mois de juin (Figure 3d). La présence de ces germes telluriques pendant la première semaine du mois de juillet est probablement due aux orages d'été qui ont marqué ce mois dans la commune. Aucun prélèvement ne s'est révélé positif ni pour les bactéries du genre *Salmonella* ni pour l'espèce *Vibrio cholerae*. Cette constatation est similaire à celle rapportée par Aboukacem *et al.* (2007) dans les eaux des oueds Boufekrane et Ouislane et par El-Addouli *et al.* (2009) dans les eaux de l'oued Bouishak (Maroc).

Evaluation de la qualité des eaux

La qualité de l'eau est évaluée par la qualité physico-chimique et la qualité biologique. Elle est calculée à l'aide du système d'évaluation de la qualité des eaux littorales (SEQ Littoral, 2003) et a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) :

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, 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 : Polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique, elle est représentée en orange.

Classe V : Pollution excessive, elle est représentée en rouge.

Les valeurs moyennes obtenues (Tableau 3) sont réparties en cinq niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) et ont permis de classer l'oued Beni Aza en fonction des valeurs obtenues.

De cette classification, il ressort que l'eau analysée est de très mauvaise qualité pour la majorité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques (MES, DBO₅, DCO, ammonium, phosphates, coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux).

TABLEAU 3

Grille de Classification des Eaux de l'Oued Beni Aza

paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température	< 20	20 - 21,5	21,5 - 25 (22,61°C)	25 - 28	> 28
pH	<8 (7,74)	8 - 8,5	8,5 - 9	9 - 9,5	>9,5
MES	< 25	25 - 50	50 - 100	100 - 150	>150 (663,67)
DBO ₅	< 3	3 - 6	6 - 10	10 - 25	>25 (219,67 mg/l)
DCO	< 20	20 - 30	30 - 40	40 - 80	>80 (417,67 mg/l)
NO ₃ ⁻	< 2 (0,28 mg/l)	2 - 10	10 - 25	25 - 80	>80
NO ₂ ⁻	< 0,03	0,03 - 0,3 (0,1 mg/l)	0,3 - 0,5	0,5 - 1	>1
NH ₄ ⁺	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 4	4 - 8	>8 (26,79 mg/l)
PO ₄ ⁻³	< 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2	>2 (8,44 mg/l)
Coliformes totaux	< 50	50 - 500	500 - 5000	5000-50000	>50000 (20075×10 ⁵)
Coliformes fécaux	< 20	20 - 200	200 - 2000	2000-20000	>20000 (9450×10 ⁵)
Streptocoques fécaux	< 20	20 - 200	200 - 1000	1000-10000	>10000 (3100×10 ⁵)

(les chiffres entre parenthèses désignent la moyenne des mesures dans cette étude).

Étude statistique

L'analyse de Pearson a permis d'établir la matrice suivante (Tableau 4). Il existe une corrélation positive significative entre la DCO et la DBO₅ ($r= 0,98^*$), ceci s'explique, selon Hassoune *et al.* (2010), par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité et la multiplication nécessitent de l'oxygène.

La corrélation positive très significative entre la température et la DBO₅ ($r= 0,92^*$) pourrait s'expliquer par une forte activité bactérienne (Hmama *et al.*, 1993). La corrélation positive et significative entre les coliformes totaux et la température ($r= 0,67^*$) sont en accord avec les résultats trouvés par Aboulkacem *et al.* (2007) et concernant les eaux des oueds Boufekrane et Ouislane au Maroc. Cette corrélation est due au fait que les bactéries autochtones sont les composants dominants de la population totale dans les rivières polluées.

Une corrélation positive significative entre la température et les nitrates ($r= 0,59^*$) a été observée, les bactéries nitrifiantes sont généralement mésophiles. La relation significative ($r= 0,56^*$) entre la température et les matières en suspension est probablement liée au fait que les températures notées au cours des différents prélèvements sont favorables au développement de certaines espèces bactériennes comme l'a déjà signalé Cébron (2004).

TABLEAU 4

Coefficient de Corrélation de Pearson entre les Différentes Variables Recueillies pour un Seul Niveau de Signification (* = $P < 0.05$) dans l'Oued Beni Aza

	pH	T°C	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	DCO	DBO ₅	MES	CT	CF	SF	ASR
pH	1,00											
T°C	0,49	1,00										
NO ₃ ⁻	0,46	0,59	1,00									
NO ₂ ⁻	-0,63	-0,88	-0,41	1,00								
NH ₄ ⁺	-0,10	-0,01	-0,30	-0,35	1,00							
DCO	0,10	0,88	0,53	-0,76	0,19	1,00						
DBO ₅	0,24	0,92	0,60	-0,81	0,10	0,98	1,00					
MES	0,80	0,56	0,64	-0,62	-0,25	0,35	0,51	1,00				
CT	0,52	0,67	0,18	-0,90	0,43	0,62	0,69	0,65	1,00			
CF	-0,07	-0,22	-0,43	-0,20	0,97	-0,06	-0,14	-0,29	0,31	1,00		
SF	-0,38	0,06	0,17	-0,16	0,45	0,47	0,43	0,09	0,36	0,32	1,00	
ASR	-0,15	0,07	0,55	0,16	-0,55	0,23	0,30	0,41	-0,07	-0,62	0,49	1,00

CONCLUSION

Les résultats obtenus indiquent que la qualité physico-chimique aussi bien que la qualité microbiologique des eaux de surface ne répondent pas toujours aux critères en vigueur. La classification de cet oued selon le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (2003), a permis de conclure que les eaux de l'oued Beni Aza sont de très mauvaise qualité en ce qui concerne les MES, DBO₅, DCO, ammonium, phosphates, coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

La sensibilisation des populations aux mesures d'hygiène à prendre en vue de préserver la qualité de l'eau de cet oued ainsi que la mise en fonction d'une station d'épuration devraient permettre de préserver la qualité de l'eau pour l'irrigation et de sauvegarder les côtes algériennes de la pollution d'autre part.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) de la commune de Soumaa et la polyclinique de Boufarik.

RÉFÉRENCES

- Aboukacem, A., Chahlaoui, A., Soulaymani, A., Rhazi-Filali, F., Benali, D. 2007. Étude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San. et Environn.*, 1(1): 10-22.
- Agence Nationale de Développement de l'Investissement. *Cartographie de la wilaya de Blida*, p. 22.
- Ahmed Baig, J., Kazi, T.G., Arain, M.B., Afridi, H.I., Kandhro, G.A., Sarfraz, R.A., Jamal, M.K., Shah, A.Q. 2009. Evaluation of arsenic and other physico-chemical parameters of surface and ground water of Jamshoro (Pakistan). *Journal of Hazardous Materials*, 166(2-3): 662-669.
- Asia, I.O. et Akporhonor, E.E. 2007. Characterization and physicochemical treatment of wastewater from rubber processing factory. *International Journal of Physical Sciences*, 2(3): 061-067.
- Barlow, M. et Clarke, T. 2005. *L'or bleu: l'eau, nouvel enjeu stratégique et commercial*. Nouv. éd. mise à jour, coll. Boréal compact, (170), Montréal, pp. 398.
- Baumont, S., Camard, J.P., Lefranc, A., Franconi, A. 2003. *Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, p. 222.
- Birguy, L.D., Kenfack, S., Millogo-Rasolodimby, J. 2008. Évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso – Le cas du Massili dans le Kadiogo. *Sud Sciences et Technologies*, 16 : 23-28.
- Blinda, M. 2007. *Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solutions*. Thèse de doctorat, université Mohammed V, faculté des sciences, Rabat, pp. 194.
- Cébron, A. 2004. *Nitrification, bactéries nitrifiantes et émissions de N₂O*. Thèse de doctorat, université Paris VI-Pierre et Marie Curie, pp. 289.
- Delarras, C. 2003. *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux*. Édition Lavoisier, pp. 269.
- Derradji, F., Bousnoubra, H., Kherici, N., Romeo, M., Caruba, R. 2007. Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le nord-est algérien. *Revue Sécheresse*, 18: 23-27.
- Dussart, B. 1966. *Limnologie : l'étude des eaux continentales*. Édition géologique écologique aménagement, 2^{ème} trimestre, pp. 252.
- El-Addouli, J., Chahlaoui, A., Berrahou, A., Chafi, A., Ennabi, A., Karrouch, L. 2009. Influence des eaux usées utilisées en irrigation sur la qualité des eaux de l'oued

- Bouishak région de Meknès (centre-sud du Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San. et Environn.*, 3: 57-75.
- Festy, B., Hartamann, P., Ledrans, M., Levallois, P., Payment, P., Tricard, D. 2003. *Qualité de l'eau*. Édition Tec & Doc, p. 37.
- Ghadbane, N. 2003. *Les eaux usées urbaines*. Mémoire de Magistère, université Mohamed Boudiaf M'sila, p. 147.
- Guasmi, I., Djabri, L., Hani, A., Lamoureux, C. 2006. Pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments. *Larhyss Journal*, p. 113-119.
- Hassoune, E., El Kettani, S., Kalouli, Y., Bouzidi, A. 2010. Contamination bactériologique des eaux souterraines par les eaux usées de la ville Settat, Maroc. *Revue Microbiologie Industrielle, Sanitaire et Environnementale*, 4: 1-21.
- Hmama, Z., Fekhaoui, M., Bahou, J. 1993. Étude de la contamination bactériologique de l'oued Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès. *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 17: 47-55.
- Igbinosa, E.O. et Okoh, A.I. 2009. Impact of discharge wastewater effluents on the physico-chemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6(2): 175-182.
- Jacinta, C., Uzoigwe, E., O'Brien, H. and Brown, E.J. 2007. Using nutrient utilization patterns to determine the source of *Escherichia coli* found in surface water. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 1(1): 007-013.
- Jain, C.K. 2001. A hydro-chemical study of a mountainous watershed: the Ganga, India. *Water Research*, 36(5): 1262-1274.
- J.O.R.A. 1993. Journal officiel de la république algérienne, 46.
- Kadi, A. 1997. La gestion de l'eau en Algérie. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 42(2): 191-197.
- Karrouch, L. et Chahlaoui, A. 2009. Bioévaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknès, Maroc). *Édition Biomatec Echo*, 3(6): 6-17.
- Lebres, E., Azizi, D., Hamza, A., Taleb, F. et Taouchichet, B. 2002. *Manuel des travaux pratiques*. Institut Pasteur d'Algérie, 20p.
- Loucif Seiad, N. 2003. Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie. *Revue H.T.E.*, 125 : 94-101.
- Mouni, L., Merabet, D., Arkoub, H., Moussace, K. 2009. Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Revue Sécheresse*, 20: 360-366.
- Moumouni Djermakoye, M.H. 2005. *Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines*. Thèse de doctorat, université de Bamako, pp. 135.
- Oluduro, A.O. et Aderiye, B.I. 2007. Efficiency of *Moringa oleifera* seed extract on the microflora of surface and ground water. *J. Plant Sci.*, 6: 453-438.
- Organisation Mondiale de la Santé 2001. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, recommandations, 3rd ed., World Health Organization, Geneva.
- Potelon, J.-L., Zysman, K. 1998. *Le guide des analyses de l'eau potable*. Édition naturelle, p. 249.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L. 1996. *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. Dunod, 8ème édition, Paris, pp. 1384.
- Slim, K., Saad, Z., El-Samad, O., Kazpard, V. 2005. Caractérisation chimique et algologique des eaux superficielles de la rivière Oronte (Liban) dans un climat semi-aride. *Revue Sécheresse*, 16: 31-35.
- Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau 2003. Grilles d'évaluation SEQ-EAU (version 2), MEDD & Agences de l'eau, p. 40.