

Qualité écologique via la faune macro-invertébrée benthique et devenir du niveau de contamination par le Cr et le Pb des sédiments de l'oued Boumerzoug (Constantine, Algérie)

D. Keddari^{1*}, F.Z. Afri-Mehennaoui¹, L. Sahli¹ et S. Mehennaoui²

¹Laboratoire Biologie et Environnement, Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

²Laboratoire ESPA, Université H. Lakhdar, Batna 1, Algérie.

*Corresponding author: dounia.keddari@umc.edu.dz

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 27/11/2018

Accepted : 20/02/2019

Key Words:

Sédiment;
Metallic trace elements;
Benthic macroinvertebrates;
Biotic index;
Pollution.

Mots-Clés :

Sédiment ;
Éléments traces métalliques ;
Macroinvertébrés
benthiques ;
Indice Biotique;
Pollution.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: Despite all the importance we recognize for water, for our health and for the environment, the fauna and flora, we contribute, through all the industrial activities of our society, to pollute and degrade its quality. In this study, our interest focused on the ecological quality of the wadi Boumerzoug and the impact of the discharges of Constantine. The first investigation concerned the water physicochemical (temperature, pH, conductivity, salinity and dissolved oxygen) and biological characterization (inventory of benthic macroinvertebrates and calculation of the biotic index). The impact of pollution on the benthic invertebrate fauna expressed by biotic index is manifested by a fall of the latter and the disappearance of sensitive species in favor of more tolerant species. The subject of the second investigation is to evaluate the contamination level of the watercourse by the metallic trace elements chrome (Cr) and lead (Pb) determined in the sedimentary matrix. By analogy in the previous decades, the situation improves very little despite collection and treatment of wastewater and this watercourse stays in a very worrying environmental state especially downstream. Its impact on the Rhumelin which it rushes, and on the dam, remains worrying.

Résumé : Malgré toute l'importance que nous reconnaissons à l'eau pour notre santé et pour celle de l'environnement, de la faune et de la flore, nous contribuons, par toutes les activités industrielles de notre société, à la polluer et à en dégrader la qualité. Dans cette étude, notre intérêt a porté sur la qualité écologique de l'oued Boumerzoug et sur l'impact des rejets de Constantine. La première investigation a concerné la caractérisation physico-chimique des eaux (température, pH, conductivité électrique, salinité et oxygène dissous) et biologique (inventaire des macroinvertébrés benthiques et calcul de l'indice biotique). L'incidence de la pollution sur la faune invertébrée benthique, exprimée par l'indice biotique, se manifeste par une chute de ce dernier et la disparition des espèces sensibles au profit d'espèces plus tolérantes. L'objet de la deuxième investigation est d'évaluer le niveau de contamination du cours d'eau par les éléments traces métalliques (Cr et Pb) déterminés dans la matrice sédimentaire. Par analogie aux décennies précédentes, la situation s'améliore très peu malgré la collecte des eaux usées et ce cours d'eau reste dans un état écologique très inquiétant surtout en aval. Son impact sur l'oued Rhumel où il afflue et donc sur le barrage Béni-Haroun, demeure préoccupant.

I. Introduction

Surnommée "l'or bleu", l'eau représente 70% de la planète terre et constitue la source naturelle la plus indispensable mais aussi la plus menacée par les activités humaines. En effet, la pollution des écosystèmes aquatiques, problème environnemental majeur, touche un grand nombre de pays, particulièrement, les pays africains dont l'Algérie, qui est fortement impactée par les divers et multiples rejets d'effluents auxquels s'ajoute le problème crucial du déficit en eau.

Il faut souligner que les cours d'eau sont parmi les écosystèmes dynamiques les plus complexes. Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des organismes. En Algérie la qualité des eaux de surface a le plus souvent été appréciée par des analyses microbiologiques mais aussi physico-chimiques et biologiques [1, 2, 3, 4]. Ces dernières se complètent et sont d'une importance capitale.

Au cours des dernières décennies, la lutte contre la pollution de l'eau représente le cœur des discussions et des débats mondiaux [5, 6, 7]. Plusieurs approches sont utilisées pour évaluer la contamination des écosystèmes aquatiques par plusieurs polluants. Parmi ces approches, des enquêtes sur le terrain sont souvent menées car elles intègrent des facteurs abiotiques et biotiques. La méthode idéale de surveillance de la qualité écologique d'un écosystème combine des aspects physiques, chimiques et biotiques [8].

Parmi les principaux polluants de l'eau, on peut citer les éléments traces métalliques (ETM) dont les origines sont diverses. En réalité, ces derniers sont des constituants normaux de la biosphère mais de multiples activités anthropiques favorisent leur dispersion [9] et augmentent leurs teneurs initiales. Les ETM émis dans l'environnement, parviennent aux écosystèmes aquatiques sous différentes formes physico-chimiques, dont une grande partie se trouve piégée dans les sédiments [10] responsables ainsi d'une pollution différée. Ces derniers sont alors souvent utilisés pour évaluer le degré de contamination ou de pollution des milieux aquatiques [11, 12, 13].

Le présent travail porte sur «l'oued Boumerzoug» affluent de l'oued Rhumel, cours d'eau très important dans le Constantinois. Nous avons sélectionné six points de prélèvement de l'amont vers l'aval. Deux campagnes de prélèvements des échantillons ont été réalisées en mai et décembre 2016. Cette étude consiste en l'évaluation et le suivi de la qualité physico-chimique et biologique de l'oued Boumerzoug par analogie et en complément aux précédents travaux sur l'oued Rhumel et son affluent le Boumerzoug [3, 4, 14, 15, 16, 17, 18], qui ont été menés alors que les eaux usées, dont la

collecte était partielle, alimentaient encore l'oued. Actuellement ces dernières sont collectées dans un réseau d'assainissement unitaire longeant l'oued et sont acheminées vers la STEP Ibn Ziad qui traite les eaux usées de Constantine et sa banlieue.

La qualité physico-chimique de l'eau a été appréciée par la température de l'eau, le pH, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous. En complément, la qualité biologique a été évaluée via l'utilisation d'organismes macro-invertébrés benthiques. Cette dernière a conduit au calcul d'un Indice Biotique.

Dans un second volet, l'investigation a porté également sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination des sédiments superficiels par le plomb (Pb) et le chrome (Cr). Le choix de ces ETM est motivé par la présence de l'industrie de galvanoplastie et de traitement des surfaces métalliques dans la zone d'étude. En effet, en plus du réseau routier, l'oued draine la zone d'activité Boumerzoug, au sud de Constantine, qui regroupe diverses industries et des petites et moyennes entreprises. Les questions qui se posent alors sont: dans quelle mesure toutes ces activités contribueraient-elles à une éventuelle contamination métallique des sédiments de l'oued par le Pb et le Cr et quel est l'effet de la collecte et des eaux usées après plus d'une décennie de nos précédentes observations [14, 15, 18]?

II. Matériel et méthodes

II.1. Présentation et description de la zone d'étude

Avec une superficie de 8815 km² environ, le bassin versant 10Kébir-Rhumel déborde largement les limites géographiques du Constantinois (figure 1): il s'étend entre la mer Méditerranée au nord et les marges septentrionales des Hautes Plaines des sebkhas (lacs salés) au sud, présentant ainsi des caractères physiques nettement contrastés, d'où son originalité. L'oued Rhumel, long de 150 km reçoit son principal affluent, l'oued Boumerzoug s'écoulant sur 50 km. Constantine, troisième ville d'Algérie habite en son sein la confluence des deux oueds [15]. Au sud-est, le sous-bassin 10-05 de l'oued Boumerzoug, s'étend sur une superficie de 1832 km² et compte plus de 858800 habitants [19]. L'oued traverse plusieurs agglomérations: Ain Mlila, El Guerrah, Ouled Rahmoun, El Khroub avant d'atteindre le Rhumel à Constantine.

Les unités industrielles du sous-bassin Boumerzoug sont réparties en plusieurs zones, concentrées autour des grandes agglomérations. Les types d'activités industrielles sont multiples: production de gaz, production des machines et outils (ENPMO), production de tabac et allumettes, industries alimentaires et tanneries [19].

II.2. Localisation et choix des stations de prélèvements

Six stations ont été sélectionnées en des lieux stratégiques en fonction des observations faites sur le terrain (rejets, sources de pollution...) afin d'évaluer le niveau d'une éventuelle contamination métallique au sein du compartiment sédimentaire. Les six stations (Bm1, Bm2, Bm3, Bm4, Bm5, Bm6) sont localisées en aval de la confluence oued

Melah-Boumerzoug et en amont de la confluence Boumerzoug-Rhumel: Bm1 et Bm2 localisées en amont, Bm3 et Bm4 à mi-chemin et les deux dernières Bm5 et Bm6 en aval de l'oued Boumerzoug. Deux à deux, elles traduisent l'amont et l'aval d'effluents et sont présentées dans le tableau 1 et sur la figure 1. L'échantillonnage a été réalisé selon la méthode de jugement linéaire [20].

Tableau 1. Coordonnées géographiques des six stations de prélèvement de l'oued Boumerzoug.

| Stations Code | Coordonnées géographiques | Altitude |
|-----------------|---------------------------------|----------|
| Station1 Bm1 | 36° 10'58,42"N 6° 41'68,12"E | 780 m |
| Station2 Bm2 | 36° 10'29,00"N 6° 41'29,00"E | 688 m |
| Station3 Bm3 | 36° 16'29,14"N 6° 41'20,12"E | 594 m |
| Station4 Bm4 | 36° 15'08,15"N 6° 41'20,32"E | 586 m |
| Station5 Bm5 | 36° 18'43,78"N 6° 39'33,65"E | 561 m |
| Station6 Bm6 | 36° 18'25,73"N 6° 42'04,45"E | 531 m |

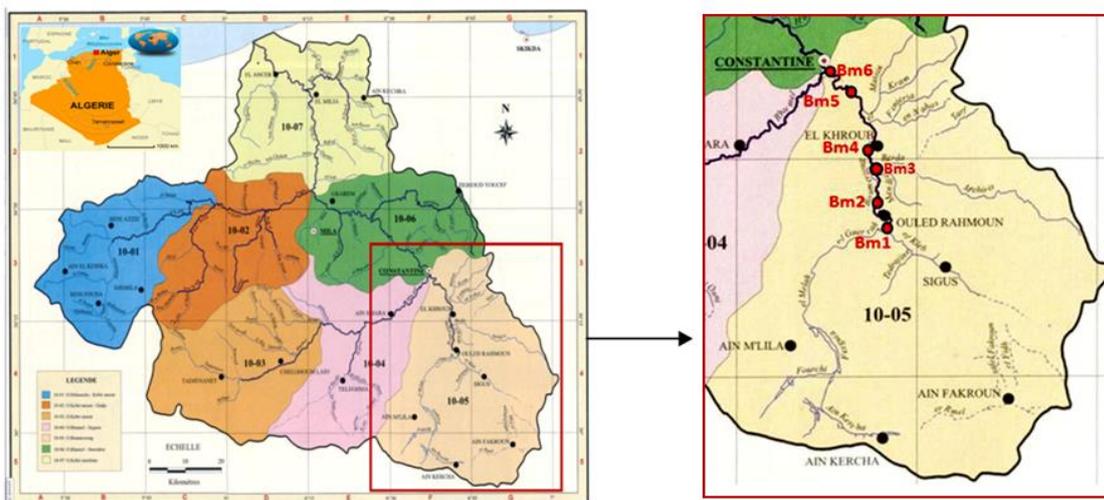


Figure 1. Zone d'étude et localisation des stations de prélèvement des échantillons.

II.3. Paramètres physico-chimiques de l'eau

La température de l'air est prise au thermomètre à alcool. Les paramètres, température de l'eau, pH, conductivité, salinité, teneur en oxygène dissous et % de saturation en O₂ de l'eau sont mesurés *in situ*, à l'aide du multi-paramètres de type 3420-SET-G.

L'utilisation de cet appareil consiste à plonger les sondes appropriées dans l'eau, après calibrage, puis à attendre la stabilisation de l'affichage sur l'écran avant de relever le résultat des différentes mesures. Par précaution, lors de l'échantillonnage, les sondes sont immergées loin de la rive et de la surface pour éviter les influences de ces dernières.

II.4. Détermination du niveau de contamination des sédiments par les ETM

La contamination récente par les éléments traces métalliques Cr et Pb est déterminée dans les sédiments de surface (5 cm). Environ 500g des sédiments sont prélevés en plusieurs points de la station. Au laboratoire ils sont séchés à 80°C jusqu'à poids constant, broyés et tamisés. Pour le compartiment sédiment, le pH, la conductivité électrique, la teneur en matière organique (ou perte au feu à 525°C), et le calcaire total sont déterminés sur la fraction 2 mm. La fraction inférieure à 63µm a été évaluée et servira au dosage des ETM qui s'y fixent préférentiellement.

La technique d'extraction des ETM consiste en une digestion humide à l'eau régale (aqua regia), mélange d'HNO₃ et d'HCl, dans les

proportions respectives 1V/3V. La technique, inspirée de la norme NF-ISO 11466 (1995), est proposée par le constructeur du four micro-ondes BERGHOF MWS-2. Le programme de la minéralisation à chaud et sous pression des sédiments est consigné dans le tableau 2. Les dosages du chrome et du plomb, sont effectués par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme de type Chimadrou 6800. L'efficacité du processus d'extraction est contrôlée à l'aide de l'analyse d'un échantillon de référence certifié (sédiment d'un lac canadien: Lake sediment LKSD-1 N°1065). Les teneurs déterminées vs les valeurs certifiées et les % de récupération sont: 12,12 vs 12 mg/kg pour Cr (101%) et 84,26 vs 84 mg/kg pour Pb (100,3 %).

Tableau 2. Etapes et conditions d'extraction des ETM au four micro-ondes.

| Etapes | Temps (mn) | Température (°C) | Puissance (%) |
|--------|------------|------------------|---------------|
| 1 | 5 | 140 | 80 |
| 2 | 5 | 160 | 85 |
| 3 | 20 | 175 | 90 |

II.5. Analyses biologiques

Les analyses physico-chimiques ont été complétées par des analyses biologiques relatives à la faune macroinvertébrée benthique. L'incidence des perturbations physiques ou chimiques sur la faune invertébrée benthique est exprimée par le calcul d'un indice biotique (de 0 à 10), ou expression chiffrée du niveau de la qualité écologique de l'écosystème. Cette méthode combine à la fois la diversité (nombre d'unités systématiques (US) collectées), et la présence de taxons bioindicateurs dont les plus sensibles disparaissent quand les conditions du milieu se dégradent au profit des unités plus tolérantes qui investissent le milieu.

La faune macroinvertébrée benthique a été échantillonnée à l'aide d'un filet troubleau, triée et déterminée selon les limites de la méthode de Tuffery et Verneaux [21] en se basant principalement sur les clés de détermination de Micha et Noiset [22] pour définir les unités systématiques (US). La diversité, exprimée par le nombre d'US, et la présence de taxons indicateurs de qualité permettent de calculer un Indice Biotique (IB) qui varie de 10 si la qualité écologique est excellente à 0 si l'eau est excessivement polluée [23, 24].

III. Résultats et discussion

Les résultats de l'ensemble des analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments sont présentés

dans le tableau 3 et ceux des analyses biologiques sont rapportés dans le tableau 4.

III.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Boumerzoug faite sur la base des critères du SEQ-Eau [25] montre que la température de l'air est saisonnière et elle détermine celle de l'eau qui reste dans un intervalle viable pour la faune macroinvertébrée. De même, les valeurs du pH reflètent une faible alcalinité compatible avec la survie des organismes. La conductivité, généralement élevée, est influencée par la nature carbonatée du bassin versant, à laquelle s'ajoutent des effluents diffus engendrant une eau excessivement minéralisée. L'appartenance du sous-bassin à un étage semi-aride et surtout la fréquence des sols salés au sud, confèrent à l'eau une salinité élevée qui est un facteur limitant important pour la colonisation des milieux par les organismes. La teneur en oxygène dissous, facteur vital pour la survie de la faune macroinvertébrée benthique, est faible et diminue de l'amont vers l'aval où il devient rare, voire nul à la suite de l'augmentation de la charge organique causée par des effluents domestiques et agricoles incontrôlés. Cette carence est le signe d'un déséquilibre écologique qui se répercute sur la diversité faunistique et seuls survivront les taxons tolérants à un déficit en oxygène.

Tableau 3. Résultats des analyses physico-chimiques (moy ± écart-type et valeurs extrêmes) de l'eau et des sédiments de 6 stations de l'oued Boumerzoug pendant 2 campagnes de prélèvements (mai et décembre 2016).

| Paramètres eau | Campagne mai | Campagne décembre |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| T air (°C) | 31,83 ± 3,06 [28 -36] | 16 ± 1,41 [14 -18] |
| T eau (°C) | 24,73 ± 1,68 [21,9 -26,1] | 12,36 ± 0,85 [11,5 -13,5] |
| pH | 7,77 ± 0,12 [7,54 -7,88] | 7,47 ± 0,20 [7,21 -7,77] |
| CE (µS/cm) | 2231 ± 514 [1800 -2875] | 2386 ± 521 [1824 -3100] |
| Salinité (g/l) | 1,13 ± 0,29 [0,9 -1,5] | 0,85 ± 0,15 [0,62 -1,2] |
| O ₂ mg/l | 3,08 ± 1,90 [0 -5,45] | 4,69 ± 2,31 [0,65 -6,99] |
| O ₂ %Sat | 43,33 ± 24,54 [0 -67] | 49,8 ± 25,41 [6,7 -80,1] |
| Paramètres sédiment | Campagne mai | Campagne décembre |
| pH | 8,46 ± 0,20 [8,21 -8,72] | 7,91 ± 0,20 [7,65 -8,18] |
| CE (µS/cm) | 378 ± 103 [284 -578] | 431 ± 120 [313 -647] |
| Calcaire total (%) | 36,43 ± 5,76 [30,66 - 45,51] | 34,67 ± 9,91 [24,15 -52,60] |
| Matière organique (%) | 6,67 ± 1,15 [5,20 -8,10] | 4,32 ± 0,99 [2,72 -5,24] |
| Fraction < à 63 µm (%) | 50,24 ± 10,17 [35,28 - 62,35] | 46,00 ± 6,59 [34,86 -54,77] |
| Plomb (mg/kg) | 54,72 ± 5,75 [50 -64,16] | 39,16 ± 4,80 [31,66 -45,83] |
| Chrome (mg/kg) | 119,28 ± 35,88 [85 -172,14] | 134,28 ± 24,12 [105,7-170,7] |

III.2. Caractérisation des sédiments et niveau de contamination par les ETM

La caractérisation physico-chimique des sédiments de l'oued Boumerzoug a révélé que ces derniers présentent un pH légèrement alcalin, une conductivité électrique typique de celle observée dans les milieux des eaux douces, comprise entre 100 et 1000 µS/cm, de fortes teneurs en calcaire total, des charges moyennes en matière organique si l'on se réfère à Meybeck [26] qui qualifie de très forte la proportion de 10 % de matière organique dans les sédiments. Directement visée par la méthode d'échantillonnage car elle fixe préférentiellement les ETM, la fraction des sédiments fins, inférieure à 63µm, représente environ 50% des sédiments de surface. Les teneurs pseudo-totales en chrome des sédiments, sont supérieures à celles du plomb. Elles varient de 85 à 172 mg/kg avec une moyenne de 127±30 mg/kg pour le Cr et de 31,6 à 64,2 et une moyenne de 47±5,5 mg/kg pour le Pb.

Les teneurs en chrome traduisent une contamination évidente (tableau 3 et figure 2). En effet, plus de la

moitié des sédiments prélevés en mai et décembre (soit 7 sur 12 échantillons) présentent des teneurs en Cr supérieures à la concentration moyenne naturelle mondiale, de l'ordre de 120 mg/kg [27]. Ces teneurs en Cr dépassent également 50 mg/kg, valeur de référence pour la Seine [28] ainsi que 25 mg/kg, seuil standard pour le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, défini en 1986 [29]. Sept échantillons ont présenté des teneurs supérieures à cette valeur, il s'agit des stations Bm4 et Bm6 pour lesquelles nous avons enregistré des concentrations respectives de 154,28 mg/kg et 172,14 mg/kg, en mai et les stations Bm1, Bm2, Bm3, Bm5, Bm6 avec les teneurs respectives de 155,71 ; 120,71 ; 170,71 ; 127,24 ; 125,71 mg/kg en décembre (figure 2). La présence du chrome est à la fois d'origine naturelle (altération des roches, précipitations, retombées atmosphériques...) et surtout anthropique (industries, mise en décharge, rejets pétroliers, tanneries...) [30]. C'est à de fortes concentrations que le chrome devient toxique pour le biote aquatique [31], ce qui a d'ailleurs été observé au niveau des stations Bm5 et Bm6 qui

présentent des teneurs anormalement élevées durant les deux campagnes (figure 2).

Cet enrichissement en chrome pourrait être dû à la présence de sources anthropiques, à priori, de rejets diffus et surtout d'effluents industriels implantés dans cette zone très urbanisée et à importantes activités industrielles mécaniques particulièrement le complexe ENPMO qui se trouve en amont de la confluence Hmimime-Boumerzoug et qui contribuent à une pollution surtout par le chrome. En effet, dans ce complexe sont effectués des traitements de chromage des surfaces métalliques. La forme hexavalente du chrome, très toxique et aussi très soluble dans l'eau, est la plus problématique. Cette solubilité lui confère une grande mobilité dans les écosystèmes si bien qu'une pollution au chrome (VI), d'abord très localisée, peut concerner ensuite une zone beaucoup plus vaste. Or le complexe ENPMO dispose de sa station d'épuration mais, il est connu que les STEP n'éliminent pas tous les ETM. Les méthodes mises en œuvre actuellement pour traiter les rejets pollués par du chrome (VI), visent généralement à le réduire en chrome (III), afin de diminuer les impacts écotoxicologiques et leurs étendues [15]. Nous notons que ces concentrations sont beaucoup plus élevées que celles enregistrées par Sahli et al [18]. Ces auteurs ont enregistré une concentration de l'ordre de $46,82 \pm 17,54$ mg/kg pour le bassin du Boumerzoug en 2005/2006. Ainsi, malgré la collecte des eaux usées, nous constatons un enrichissement en chrome des sédiments l'oued Boumerzoug.

Les teneurs en plomb traduisent également une contamination évidente (tableau 3 et figure 2). La

majorité des sédiments prélevés pendant les deux campagnes (soit 8 échantillons sur 12) présentent des teneurs en plomb qui dépassent la concentration moyenne naturelle mondiale de l'ordre de $40 \mu\text{g/g}$ [27]. Seuls 4 échantillons ont des teneurs inférieures à cette valeur; il s'agit des stations Bm2, Bm3, Bm4, Bm5, pour lesquelles nous avons enregistré des teneurs en mg/kg de : 37,5; 39,16; 38,33 et 31,66 respectivement, en décembre (figure 2). Toutefois, nous pouvons expliquer cette contamination au plomb des sédiments des six stations de l'oued Boumerzoug par la présence de deux principales sources de contaminations auxquelles est exposé notre cours d'eau. La première source, évidente, est l'impact des rejets urbains et industriels auxquels ce cours d'eau sert de réceptacle malgré la collecte des eaux usées (eaux usées diffuses, eaux chargées en huiles et graisses, eaux chargées de matière organique ... etc). D'autre part, les six stations de prélèvement sont situées près des axes routiers où la circulation et les eaux de ruissellement engendrent une pollution au Pb vu que l'essence plombée est encore commercialisée en Algérie. Cependant, nous notons une diminution du niveau de contamination; les teneurs sont inférieures à celles rapportées par [15,18] déterminées plus de dix années auparavant, pour le même cours d'eau. Elles étaient de l'ordre de 68 ± 10 mg/kg [15] et $66,23 \pm 32,56$ mg/kg [18]. Nos résultats sont, en revanche, supérieurs aux teneurs des sédiments de la Garonne en France, considérés comme étant de bonne qualité (25 mg/kg) [32].

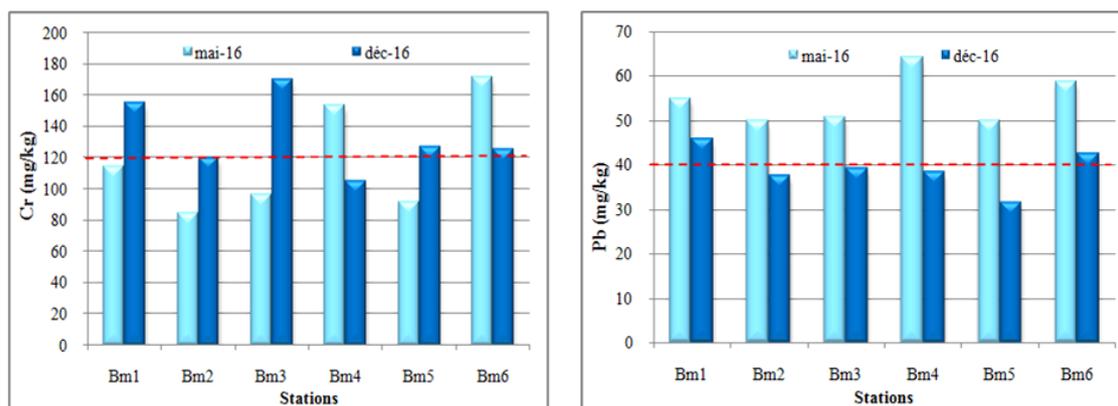


Figure 2. Variations spatio-temporelles des teneurs en chrome et plomb des sédiments de l'oued Boumerzoug.

III.3. Analyses biologiques

Le nombre d'unités systématiques (US) de la faune macroinvertébrée benthique et l'Indice Biotique (figure 3) montrent une nette évolution de l'amont vers l'aval. Nous avons capturé 22 et 21 unités systématiques et les indices biotiques calculés sont [6 à 2] et de [5 à 2] respectivement en mai et décembre pour l'ensemble des sites (tableau 4). L'indice biotique (IB) permet une expression numérique de la

diversité faunistique et de la sensibilité des macroinvertébrés benthiques. Le tableau 4 regroupe toutes les valeurs des indices biotiques (IB), le nombre d'unités systématiques et les classes de niveau de pollution (CNP) et la figure 3 illustre les variations de l'IB dans l'espace et dans le temps. En période estivale l'indice biotique varie de 6 (Bm1 et Bm3) à 2 en aval de l'oued à la station Bm6. En hiver les stations Bm1, Bm2, Bm3, et Bm5 révèlent

Tableau4. Résultats biologiques : Indice Biotique (IB), nombre d'unité systématiques (US) et classes de niveau de pollution (CNP) de l'oued Boumerzoug en mai et décembre 2016.

| Station | Mai-16 | | | Décembre-16 | | |
|---------|--------|-------------|-----|-------------|-------------|-----|
| | IB | Nombre d'US | CNP | IB | Nombre d'US | CNP |
| Bm1 | 6 | 11 | III | 5 | 8 | III |
| Bm2 | 5 | 9 | III | 5 | 9 | III |
| Bm3 | 6 | 11 | III | 5 | 6 | III |
| Bm4 | 5 | 8 | III | 4 | 5 | IV |
| Bm5 | 5 | 8 | III | 5 | 9 | III |
| Bm6 | 2 | 3 | V | 2 | 4 | V |

l'indice le plus élevé de cette campagne (IB=5), pour diminuer à la station Bm6 et atteindre l'indice le plus faible (IB = 2). La station à l'aval de ce cours d'eau affiche le plus faible indice biotique en mai et décembre.

Évidemment les 6 stations échantillonnées lors des 2 campagnes appartiennent à différentes classes de niveau de pollution (tableau 4). En amont de l'oued, au mois de mai, la station Bm1 et Bm3 habitent 11 unités systématiques et appartiennent à la classe III tout comme les stations Bm2, Bm4 et Bm5 alors que ces dernières offrent une diversité moindre (9 et 8 US). Par la suite on a noté une dégradation et la station la plus en aval (Bm6) est classée V avec seulement 3 US. Cet appauvrissement se traduit par la disparition des US sensibles telles que les éphéméroptères et les trichoptères qui seront remplacés par des espèces plus tolérantes comme les chironomides et les tubificides.

En décembre les 4 stations (Bm1, Bm2, Bm3 et Bm5) sont aussi classées III et l'oued voit son état se détériorer de la classe III à la classe IV (station Bm4) puis la classe V à la station Bm6 tout en aval. Chaque classe de pollution correspond à un état écologique. En se basant sur la classification de Tuffery et Vernaux [21] on peut conclure que lors des deux campagnes la qualité biologique de Bm1, Bm2, Bm3, Bm4 et Bm5 est dans une situation critique. Nous assistons ensuite à une dégradation en décembre à la station Bm4 qui devient très polluée. Enfin en aval (Bm6), la qualité se détériore davantage et la station est excessivement polluée aussi bien en mai qu'en décembre. L'impact des perturbations et des pollutions se traduit surtout par une croissance de la conductivité et de la salinité et une raréfaction de l'oxygène dissous, ainsi qu'une diminution de la diversité faunistique.

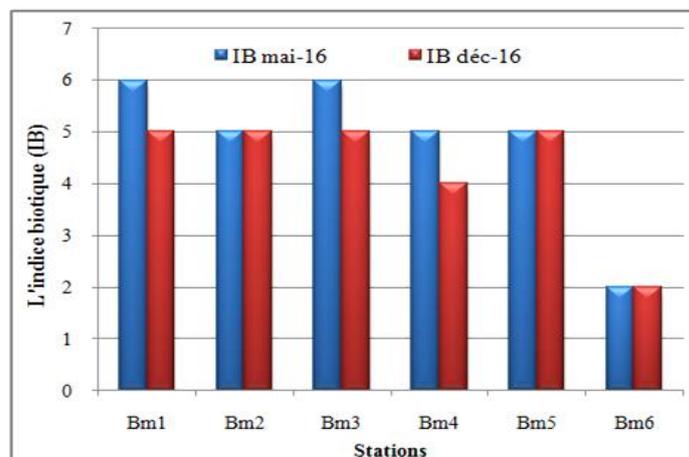


Figure 3. Variations spatio-temporelles de l'indice biotique de l'oued Boumerzoug.

IV. Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que la qualité de l'eau en aval de l'oued est loin d'être indemne de pollution, essentiellement par les apports dus aux activités anthropiques. Les résultats spatio-temporels des teneurs pseudo-totales en ETM des sédiments révèlent une contamination de l'écosystème par les deux métaux et que la teneur en Cr a augmenté alors que celle du Pb a diminué en une décennie. Les sédiments constituent ainsi un puits de pollution différée, sachant que les éléments traces métalliques, peu ou pas dégradables, ont la capacité de s'accumuler au fond des écosystèmes aquatiques et peuvent être libérés par bioturbation du sédiment ou lors des hautes eaux et des crues. L'étude du compartiment faune met en exergue, la faible diversité et un appauvrissement faunistique d'amont en aval. Ce dernier se manifeste par une élimination de toutes les unités systématiques sensibles à la pollution organique et/ou métallique. Cette détérioration de la qualité serait provoquée, en partie, par les émissions diffuses domestiques et agricoles qui s'ajoutent aux dépôts atmosphériques, aux effluents industriels et aux multiples activités artisanales.

V. Références

1. Khereif Nacereddine, S. ; Djeddi, H. ; Benayache, Y. ; Afri-Mehennaoui, F.Z. Dynamique des éléments nutritifs et du phytoplancton dans le Barrage Béni-Haroun dans l'est algérien. *European Scientific Journal* 12(2018) 1857-7431.
2. Djeddi, H. ; Kherief Nacereddine, S. ; Keddari, D. ; Afri-Mehennaoui, F.Z. Teneurs des éléments traces métalliques Cu, Zn et Pb des sédiments du barrage Béni Haroun (Nord-Est de l'Algérie). *European Scientific Journal* 15 (2018) 1857- 7431.
3. Melghit, M.; Afri-Mehennaoui, F.Z.; Sahli, L. Impact of wastewaters on the physico-chemical quality of waters: case study of the Rhumel river, Hammam Grouz and Beni Haroun dams. *Journal of Environmental Science and Engineering* B4 (2015) 625-630.
4. Afri-Mehennaoui, F.Z.; Sahli, L.; Mehennaoui, S. Assessments of sediment trace metal level and biological quality of Rhumel River by using multivariate analysis. *Environmetrics* 15(2004) 435-446.
5. Tarras-Wahlberg, N.H.; Flachier, A.; Lane, S.N.; Sangfors, O. Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of the Total Environment* 278 (2001) 239-261.
6. Cheng, S. Heavy metal pollution in China: origin, pattern and control. *Environmental Science and Pollution Research* 10 (2003) 192-198.
7. Chasek, P.S.; Downie, D.L.; Brown, J.W. *Global environmental politics*, 7th ed.; Taylor & Francis Group, Oxford, UK, (2016) 482.
8. Metcalfe, I.J. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate history and present status in Europe. *Environment Pollution* 60 (1989) 101-159.
9. Swarnalatha, K.; Nair, A.G. Assessment of sediment quality of a tropical lake using sediment quality standards. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 22 (2017) 65-73.
10. Sin, S.N.; Chua, H.; Lo, W.; Ng, L.M. Assessment of heavy metal cations in sediments of Shing Mun River, Hong Kong. *Environment International* 26 (2001) 297-301.
11. Pekey, H. The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. *Marine Pollution Bulletin* 52(2006) 1197-1208.
12. Buggy, C.J.; Tobin, J.M. Seasonal and spatial distribution of metals in surface sediment of an urban estuary. *Environment Pollution* 155 (2008) 308-319.
13. Belabed, B.E.; Meddour, A.; Samraoui, B.; Chenchouni, H. Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring Assessment* 189 (2017) 265-284.
14. Afri-Mehennaoui, F.Z. Evaluation du niveau de contamination par les métaux lourds de différents compartiments d'un écosystème aquatique (eau, sédiment, faune macroinvertébrée, macrophyte) de l'oued Rhumel et son affluent le Boumerzoug en zone urbaine (Constantine). Thèse de doctorat en science, Université Mentouri de Constantine (2006).
15. Afri-Mehennaoui, F.Z. ; Sahli, L. ; Mehennaoui, S. Evaluation de la contamination par le Cadmium, le Plomb et le Zinc de l'eau, des sédiments de l'Oued Rhumel et son affluent le Boumerzoug et leur transport vers une plante semi-aquatique : *Rorippa Nastrutium-aquaticum* (L.). *Science & Technologie C* 29(2009) 45-55.
16. Sahli, L.; Afri-Mehennaoui, F.Z.; El-Hadef-El-Okki, M.; Blaise, C.; Mehennaoui, S. Spatial, seasonal variations and ecological significance of sediment trace metal concentrations in Kébir-Rhumel basin (Northeast of Algeria). *Water Science & Technology* 64(2011) 1759-1766.
17. Sahli, L.; Afri-Mehennaoui, F.Z.; El Hadef El Okki, M.; Ferard, J.F.; Mehennaoui, S. Assessment of sediment quality and pore water ecotoxicity in Kebir Rhumel basin (NE-Algeria): a combined approach. *Water Science & Technology* 65 (2012) 393-401.
18. Sahli, L. ; El Hadeff El Okki, M. ; Afri-Mehennaoui, F.Z. Utilisation d'indices pour l'évaluation de la qualité des sédiments : cas du bassin Boumerzoug (Algerie). *European Scientific Journal* 35 (2014) 333-343.
19. Agence du Bassin Hydrographique (ABH). Les Cahiers de l'Agence N° 8. Le Bassin du Kébir-Rhumel. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Ministère des Ressources en Eau (2004).
20. Tauw Environnement et Ophrys. Guide méthodologique de la caractérisation des sédiments, projet de curage et surveillance des sédiments (2001).

21. Tuffery, G. ; Verneaux, J. Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. *C.E.R.A.F.E.R.*(1967)23.
22. Micha, J.C; Noiset, J.L. *Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques*, 2^{ème}ed;Probio-revue : Publication trimestrielle, Belgique (1982)13-16.
23. DE Pauw, N.; Vanhooren, G. Method for biological quality assessment of water courses in Belgium. *Hydrobiologia*100 (1983)153-168.
24. NBN ; Norme Belge T92-402. Qualité biologique des cours d'eau. Détermination de l'Indice Biotique se basant sur les macro-invertébrés aquatiques. *Institut belge de Normalisation*11(1984).
25. SEQ-Eau. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Version 2. MEED&Agences de l'Eau. *Développement Durable*, Paris (2003) 40.
26. Meybeck, M. Man and river interface: multiple impacts on water and particulates chemistry illustrated by the river Seine basin. *Hydrobiologia* (1998) 1-20.
27. Thomas, R.; Meybeck, M. *Water Quality Assessments. A guide to the use of Biotasediments and Water in environmental monitoring*, The use of particulate material: In Chapman D. Eds Chapman & Hall Ltd, London, (1992)121-170.
28. Thévenot, D.; Meybeck, M.; Chesterikof, A.; Chevreuil, M.; Huang, W.W.; Estèbe, A.; Idlafkih, Z.; Jairy, A.; Bussy, A.L.; Garnaud, S.; Mouchel, J.M. Pourquoi tant de métaux? In Meybeck, M. de Marsily, G. Fustec E. (Eds), *La Seine en son bassin* Elsevier, Paris, (1998) 749.
29. Genin, B. ; Chauvin, C. ; Menard, F. Cours d'eau et indices biologiques, Pollution - Méthodes -IGBN, 2^{ème}ed ; Educagri Ed, Paris, (2003) 221.
30. INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances Chimiques. Chrome et ses dérivés. *BLMDRC-05-456720-FF lk/JI- 0548*(2005).
31. CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments: protection de la vie aquatique-chromedansRecommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, *Winnipeg le Conseil* (1999).
32. Saulnier, I.; Gagnon, C. Background Levels of Metals in St. Lawrence River Sediments: Implications for Sediment Quality Criteria and Environmental Management. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2 (2009) 126-141.

Please cite this Article as:

Keddari D., Afri-Mehennaoui F.Z., Sahli L., Mehennaoui S., Qualité écologique via la faune macro-invertébrée benthique et devenir du niveau de contamination par le Cr et le Pb des sédiments de l'oued Boumerzoug (Constantine, Algérie), **Algerian J. Env. Sc. Technology, 5:2 (2019) 990-998**