

Evaluation du niveau de contamination par le Cuivre et le Chrome des sédiments du barrage Koudiat Medouar de Timgad Batna (Algérie)

I. Smatti-Hamza^{*1,2}, F-Z. Afri-Mehennaoui¹, D. Keddari¹, S. Mehennaoui²

¹Laboratoire Biologie et Environnement, Université Frères Mentouri Constantine1, Algérie.

² Laboratoire ESPA, Université Hadj Lakhdar, Batna1, Algérie.

*Corresponding author: hamza.imane@yahoo.fr; Tel.: +213 00 00 00 ; Fax: +21300 00 00

ARTICLE INFO

Article History :

Received : 27/11/2018

Accepted : 01/07/2019

Key Words:

Metallic trace elements; sediment; fresh water; physicochemical parameters; pollution.

Mots Clés :

Éléments traces métalliques ; sédiment ; eau douce ; paramètres physicochimiques ; pollution.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: The objective of the present study is to evaluate the distribution of two metallic trace elements (MTE) of Koudiat Medouar dam sediments; it was located in the east of the Batna city in Algeria. This study concerned five stations, selected at strategic locations on the banks of the dam and sampled four times during 2012 and 2013. We have determined parameters, pH, electrical conductivity, organic matter and fraction less than 63 μ m. Then we have also evaluated the contamination level of the dam by copper and chrome in the sedimentary matrix. Copper (Cu) and chromium (Cr) average concentrations in sediments vary widely from one station to another and from one campaign to another, with chromium and copper values of 108 \pm 104 mg/kg and 27.2 \pm 11,2 mg/kg, respectively. The statistical treatment of the data reveals that there is no correlation between the two elements Cu and Cr.

Résumé : L'objectif de la présente étude est d'évaluer la distribution de deux éléments traces métalliques (ETM) des sédiments du barrage Koudiat Medouar localisé à l'est de la wilaya de Batna en Algérie. Cette étude a concerné cinq stations, sélectionnées en des lieux stratégiques sur les berges du barrage et échantillonnées à quatre reprises au cours des années 2012 et 2013. Les paramètres, pH, conductivité électrique, teneur en matière organique et fraction inférieure à 63 μ m, des sédiments ont été déterminés. Puis le niveau de contamination du barrage par le cuivre et le chrome, a été déterminé dans la matrice sédimentaire. les teneurs moyennes des sédiments sont très variables d'une station à l'autre et d'une campagne à l'autre, les valeurs du chrome et cuivre sont respectivement 108 \pm 104 mg/kg et 27,2 \pm 11,2 mg/kg. Le traitement statistique des données révèle l'absence de corrélation entre les deux éléments Cu et Cr.

I. Introduction

L'eau, élément vital, constitue une source indispensable à de multiples usages. Son importance demande pour l'économie ne cesse de croître alors que son approvisionnement devient de plus en plus difficile à acquérir [1].

En Algérie, de nombreuses infrastructures hydrauliques (barrages, réseaux de raccordement et d'assainissement...) ont été conçues. Cependant la disponibilité de l'eau par habitant risque d'être de plus en plus réduite si une partie de ces ressources est rendue inutilisable par les pollutions. De ce fait, il s'avère indispensable de veiller sur sa qualité qui

peut être évaluée par des analyses physiques, chimiques et biologiques [2].

La santé publique exige un contrôle rigoureux de la qualité de l'eau car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques des écosystèmes terrestres, aquatiques et même sur la santé des populations. Dans les systèmes aquatiques, les sédiments sont étudiés pour leur rôle d'indicateur de contamination du milieu, vu leur pouvoir d'ancrage des polluants, particulièrement les éléments traces métalliques (ETM), et engendrent alors un réservoir voire une source importante de contamination pour les eaux [3].

La pollution de l'environnement aquatique par les substances toxiques, est l'un des problèmes majeurs auxquels doivent faire face les sociétés. Ces

polluants, tels que les ETM, contaminent les systèmes aquatiques à partir de sources ponctuelles et/ou diffuses (eaux de drainage, eaux usées, lessivages des routes et terres agricoles) [4, 5].

Le constat aujourd'hui est dramatique en particulier pour les écosystèmes aquatiques. Il existe en effet des échanges très importants entre les différentes phases (aqueuse, solide et biotique) du milieu aquatique ce qui favorise la distribution des ETM entre l'eau, les sédiments et les organismes vivants. Les contaminants qui atteignent ces milieux constituent toujours un problème environnemental majeur. En effet, la concentration de la plupart de ces contaminants (ETM) s'élève parfois jusqu'à des niveaux qui sont toxiques pour la vie aquatique tant dans l'eau que dans les sédiments [6].

Il est donc très important d'étudier le sort des ETM dans les différents compartiments abiotiques et biotiques et de déterminer les mécanismes qui conditionnent leurs propagations, leurs capacités de bioaccumulation et leurs dangereux effets sur les différents niveaux biologiques.

L'utilité des eaux des barrages réside principalement dans leurs multiples usages domestiques, agricoles et industriels etc. Ainsi le contrôle de leur qualité et de leur état de pollution s'avère incontournable [7]. Les oueds et barrage du bassin de Koudiat Medouar, sont principalement affectés par effluents des activités humaines (pratiques agricoles, activités industrielles, rejets domestiques...). Vu l'importance de ces ressources hydriques dans la région, nous avons porté notre intérêt au barrage Koudiat Medouar de Timgad (wilaya de Batna) qui a été édifié pour renforcer l'agriculture dans les hauts plateaux de l'Est algérien et pour la production d'eau potable destinée à la ville de Batna et ses voisins (Khenchela, Oum el Bouaghi et Biskra). Il est à signaler que le barrage Koudiat Medouar n'a jamais fait l'objet d'étude publiée relative à la qualité et la contamination métallique de ses sédiments.

II. Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

Le barrage Koudiat Medouar est situé à 35 km de Batna et à 7 km au nord-est du site historique de Timgad (ruines romaines). Ses coordonnées Lambert sont : longitude 06°24'E et latitude 35°3'N définissant un point sur le barrage où la côte de l'oued est à environ 956 m d'altitude. Le barrage présente des pentes assez fortes drainées par les massifs montagneux qui prennent naissance à l'amont à la jonction de deux oueds : Oued Taga et Oued Seba Regroud. Mis à l'eau officiellement, en 2003, avec une capacité initiale de 69 hm³, le barrage a pour objectif principal, la mobilisation des ressources hydriques du bassin d'oued Chemorah, afin de contribuer à satisfaire les besoins en eau potable. En plus de ce principal objectif, le barrage de Timgad constitue un aire de loisirs; il est donc sujet à une forte fréquentation surtout en période estivale. Les eaux du barrage constituent également un lieu préféré pour les amateurs de la pêche. Les sédiments et l'eau du barrage ont été échantillonnés sur cinq stations à quatre reprises en 2012-2013 et analysés.

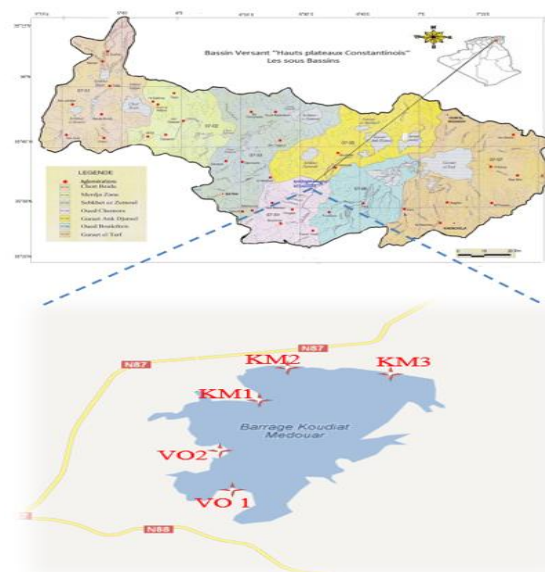


Figure 1. Localisation du barrage Koudiat Medouar (Timgad) dans le bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois (ABH-CSM, 2010) [8] et des stations de prélèvement des échantillons

II.2. Description des stations:

Le choix des points d'échantillonnage repose sur leur variable fréquentation par les habitants des localités avoisinantes et leurs animaux :

KM1 : zone de végétation et sable (plus ou moins fréquentée par l'homme et les animaux).

KM2 : zone plus ou moins rocheuse (faiblement fréquentée par les humains et les animaux).

KM3 : située près de la digue (la moins fréquentée par l'homme).

VO1 : embouchure du barrage (arrivée des eaux de l'oued Rebaa, source principale du barrage, c'est une station plus ou moins fréquentée par l'homme et les animaux).

VO2 : rivage du barrage (le plus fréquenté par les humains et plus ou moins fréquenté par les animaux, présence de champs de cultures).

Outre les ETM, principal objectif de cette étude, des analyses complémentaires sont entreprises pour cerner la physico-chimie du milieu dans sa globalité. Préalablement aux analyses, les sédiments ont été séchés à 105°C jusqu'à poids constant, puis broyés dans un mortier en porcelaine et tamisés à 2 mm et 63 µm. Sur la fraction inférieure à 2 mm des sédiments, nous avons déterminé le pH, la conductivité électrique (CE), la matière organique par oxydation (MO). Les teneurs en chrome et cuivre des sédiments ont été évaluées dans la fraction argilo-limoneuse (<63 µm). Cette fraction, la plus importante quantitativement et la plus réactive [6], a été appréciée car les sédiments fins fixent préférentiellement les polluants métalliques. L'extraction des ETM a été effectuée par digestion humide à l'eau régale (3V HCl + 1V HNO₃) par la méthode de chauffage à reflux. Le dosage des ETM a été effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme de type Shimadzu 6800.

La reproductibilité du protocole d'extraction des ETM dans les sédiments a été vérifiée à l'aide de l'analyse de standards internationaux (Lake Sediment Reference Materials, LKSD-1 N°1065).

Les valeurs trouvées sont comprises dans des niveaux certifiés par CCRMP (Projet Canadien de Matériaux de Référence).

Tableau 1. Résultats de l'analyse des ETM du sédiment de référence (LKSD-1)

| | Valeur certifiée (mg/kg) | Valeur déterminée (mg/kg) | Taux de récupération (%) |
|----|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Cr | 12 | 12 | 100 |
| Cu | 44 | 43 | 98 |

II. 3. Analyses statistiques

Pour le traitement statistique des résultats nous avons procédé à des corrélations entre les différents paramètres. Les relations entre les éléments analysés ont été testées en utilisant le coefficient de Pearson avec une signification statistique fixée à $p < 0,05$ par le logiciel Statistica 10.

III. Résultats et discussion

III.1. Paramètres physico-chimiques des sédiments

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le Tableau 2. Les variations spatio-temporelles des 5 stations et 4 campagnes sont illustrées par les Figures 2 à 7.

Tableau 2. Résultats des analyses physico-chimiques (moyenne, écart-type, minimum et maximum, médiane) des sédiments des cinq stations du barrage Koudiat Medouar lors des quatre campagnes de prélèvement.

| | min | Moy ±ET | max | med |
|---------------|------|-----------|------|------|
| pH | 8,2 | 8,5±0,1 | 8,8 | 8,5 |
| Ce (µS/cm) | 319 | 672±300 | 1370 | 599 |
| M.O (%) | 0,6 | 2,9±1,1 | 4,8 | 3 |
| Frac <63µm(%) | 21,7 | 29,4±5,7 | 47,2 | 28,8 |
| Cu (mg/kg) | 4,2 | 27,2±11,2 | 44,8 | 30 |
| Cr (mg/kg) | 11,6 | 108±104 | 471 | 86 |

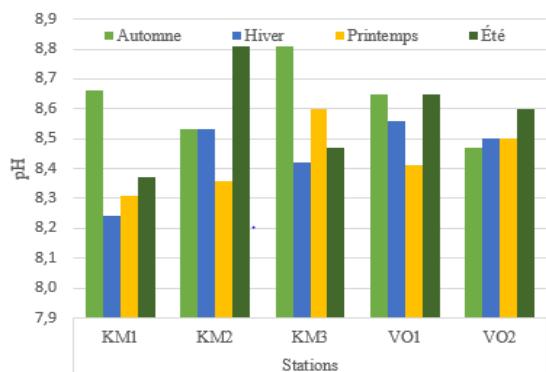


Figure 2. Variation spatiale et saisonnière du pH des sédiments du barrage Koudiat Medouar.

Le pH des sédiments du barrage Koudiat Medouar, légèrement alcalin (Figure 2), traduit bien la nature des sédiments, dominée par les terrains calcaires et argileux. Les variations du pH ne dépassent pas l'unité au cours des 4 campagnes de prélèvement, et reflètent le pouvoir tampon des sédiments. L'augmentation du pH favorise les groupements carboxyles de la matière organique, hydroxyde des oxydes et des minéraux argileux [9, 10, 11]. Le pH des sédiments est comparable aux résultats rapportés par Keddari et al [12] pour l'oued Boumerzoug, et Djeddi et al pour le barrage Béni-Haroun [13].

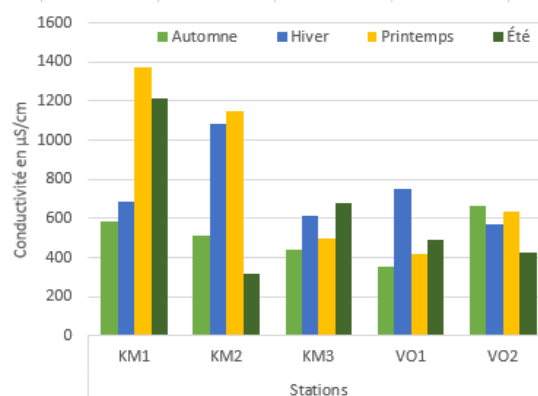


Figure 3. Variation spatiale et saisonnière de la conductivité électrique des sédiments du barrage Koudiat Medouar

La conductivité des sédiments du barrage Koudiat Medouar oscille entre 319 et 1370 µS/cm (Figure 3). Notons, que des valeurs relativement importantes ont été enregistrées au niveau des stations KM1 et KM2 reflétant ainsi une forte minéralisation. Ceci peut être attribué aux rejets urbains auxquels s'ajoute la salinité des sols drainés par les eaux de l'oued Rebaa. Par ailleurs, la conductivité électrique varie considérablement d'une campagne de prélèvement à l'autre, surtout pour KM1 et KM2, sous l'effet des apports du ruissellement et de l'évaporation qui concentre les eaux.

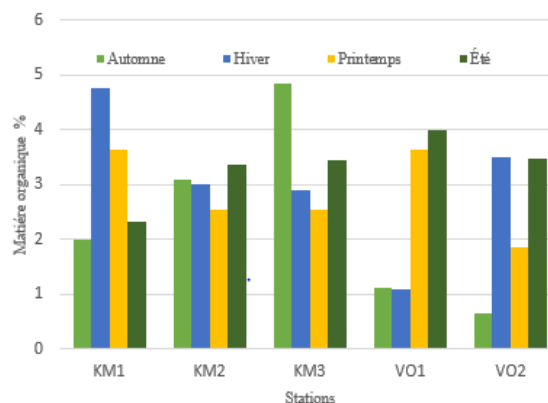


Figure 4. Variation spatiale et saisonnière des teneurs en matière organique des sédiments du barrage Koudiat Medouar.

Les teneurs en matière organique des sédiments (Figure 4) restent faibles à moyennes. Dans l'ensemble des prélèvements, elles varient de 0,65 % (VO2 en automne) à 4,83 % (KM3 en automne). La matière organique naturelle joue un rôle important dans le comportement et le transport des ETM dans les environnements aquatiques [14]. Les teneurs de la matière organique dans les sédiments sont le résultat de plusieurs facteurs, tel que les apports anthropiques par les effluents et l'intensité de la productivité biologique qui est un facteur non négligeable. Cette dernière peut avoir lieu par des apports en éléments nutritifs favorables pour la productivité du phytoplancton, ajouté à cela un faible hydrodynamisme et/ou une faible hauteur de la colonne d'eau qui favorise le dépôt de la matière organique [15] après la mort des organismes végétaux et animaux. Nos résultats montrent qu'ils existent des fluctuations saisonnières; ces dernières peuvent être liées aussi à l'agressivité des hautes eaux résultantes aux événements pluvieux qui arrachent les dépôts de sédiments et vase par « effet de chasse » [16].

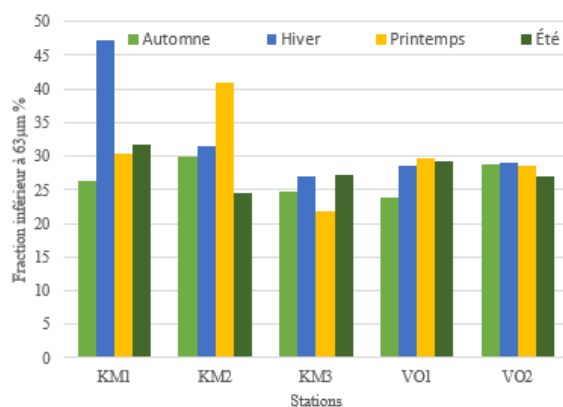


Figure 5. Variation spatiale et saisonnière de la fraction inférieure $63\mu\text{m}$ des sédiments du barrage Koudiat Medouar

Les valeurs enregistrées de la fraction péltique ($<63\mu\text{m}$) au niveau du barrage Koudiat Medouar fluctuent entre 21,74% déterminées pour la station KM3 à 47,26% pour la station KM1. On note de faibles fluctuations saisonnières à l'exception de l'hiver et printemps dans KM1 et KM2 respectivement. Cette hausse est probablement liée aux différences de la morphologie, de la nature de la roche mère, et des types d'occupation des sols de chaque bassin des oueds alimentant le barrage. Selon la classification d'Ibouily (en % de fractions fines $<63\mu\text{m}$) la station KM3 est de type « sables moyennement envasés » alors que la station KM1 est de type « sédiment très envasé à dominance de sable ». On note l'enrichissement en matière organique et en particules fines qui vont jouer un rôle primordial dans la fixation des éléments traces métalliques.

III. 2. Niveau de contamination des sédiments par les éléments trace métalliques

*Cuivre

Les teneurs en cuivre sont variables d'une campagne à l'autre. Ainsi, des teneurs assez élevées ont été obtenues au niveau la station VO1 (Figure

6) riche en cuivre (45 mg/kg) par rapport aux autres stations de prélèvement. Globalement, les teneurs en cuivre ne reflètent aucune contamination des échantillons analysés. La moyenne naturelle mondiale étant de l'ordre de (50 $\mu\text{g/g}$) [17]. En outre, si nous comparons nos résultats avec ceux obtenus par [3, 13], ces stations sont assez chargées en Cu. Comparativement aux données de la grille du Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'eau (SEQ-Eau), les sédiments du barrage Koudiat Medouar sont de « qualité bonne » [19]. La comparaison de nos résultats aux valeurs de références [20], nous permet de dire que 85% des stations de prélèvement révèlent des sédiments dont les teneurs en cuivre sont supérieures à la valeur naturelle (15 $\mu\text{g/g}$). Cependant, la contamination par le cuivre est absente ou faible, non susceptible à priori d'entraîner des nuisances (N1). La présence du cuivre est attribuée essentiellement au lessivage des terrains et éventuellement aux rejets urbains affectant le barrage.

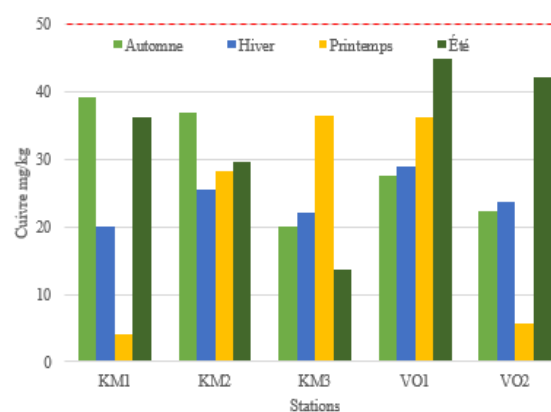


Figure 6. Variation spatiale et saisonnière des teneurs en cuivre des sédiments du barrage Koudiat Medouar

*Chrome

Les teneurs en chrome reflètent une situation normale pour 85 % des échantillons prélevés si on les compare à la moyenne naturelle mondiale (120 $\mu\text{g/g}$), proposée par Thomas et Meybeck en 1992 [17]. La moyenne du chrome (108 mg/kg) est considérée comme "passable" en termes de qualité des cours d'eau (SEQ-Eau) [19]. Comparativement à la classification de l'AEAP (1990) [20], les sédiments analysés se classent au niveau N1. La contamination est donc faible, non susceptible à priori de causer des nuisances [20]. Les teneurs des quatre campagnes sont similaires à celles rapportées par [18] mais elles sont inférieures à celles déterminées par [12].

Cependant la teneur en chrome des sédiments de la station VO2 atteint la valeur inquiétante de 471 mg/kg (Figure 7) lors de la campagne estivale. Elle est 15 fois supérieure à la teneur considérée comme naturelle (30 $\mu\text{g/g}$ [20]) et 4 fois supérieure à la moyenne naturelle mondiale [17]. En plus des constituants géochimiques, cette station (VO2) est affectée par les rejets domestiques mais surtout par les eaux de lavage des véhicules très fréquent à cet endroit du barrage et qui contribueraient à un éventuel enrichissement en chrome [13].

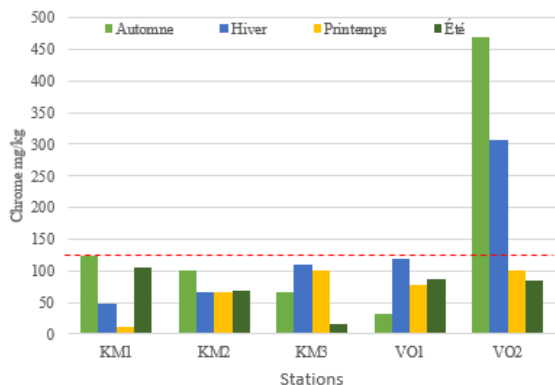


Figure 7 : Variation spatiale et saisonnière des teneurs en chrome des sédiments du barrage Koudiat Medouar

Les teneurs des deux ETM sont préoccupantes car selon les critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce au Québec [22], les teneurs en cuivre enregistrées sont classées comme CSE : Concentration seuil produisant un effet ; tandis que les valeurs du chrome sont CEF : Concentration d'effets fréquents sur les organismes aquatiques.

La comparaison des concentrations en métaux obtenues dans les échantillons de sédiments du barrage Koudiat Medouar, montre que les concentrations les plus importantes se trouvent dans les stations VO1 pour le cuivre et VO2 pour le chrome. La distribution quantitative des teneurs en Cr est supérieure à celle du Cu. D'après les variations spatio-temporelles des concentrations en cuivre et en chrome, les fortes valeurs en période estivale et début automnale sont dues probablement à la décantation et au piégeage dans les sédiments de ces éléments véhiculés par les rejets d'effluents domestiques et les activités anthropiques, accentués par le faible débit des cours d'eau en cette période. Cependant les quelques faibles teneurs en cuivre et en chrome peuvent être expliquées par la diffusion des deux éléments dans la phase dissoute, en raison des conditions physico-chimiques du milieu (température élevée, forte salinité, anoxie) [23]. Des corrélations ont été réalisées afin d'établir des relations entre les différents paramètres et de vérifier la similarité de la source des métaux dans les sédiments du barrage Koudiat Medouar. Selon le coefficient de corrélation de Pearson, une corrélation positive hautement significative ($r=0,47$; $p < 0,05$) existe entre la fraction péloïdique et la conductivité. Une corrélation négative, hautement significative existe entre la conductivité et le pH ($r=-0,63$; $p < 0,05$) et très hautement significative entre la fraction fine et le pH ($r = -0,71$; $p < 0,001$). Par contre, il n'existe pas de corrélation entre les teneurs du Cu et Cr, suggérant que leurs origines ne sont pas communes.

IV. Conclusion

La contamination, localisée en fonction du point de prélèvement, du barrage Koudiat Medouar par le Cu et le Cr est induite par les diverses et multiples activités anthropiques au sein du bassin versant. Les effluents domestiques, les activités industrielles, le transport, l'agriculture et autres sources, vont engendrer des pollutions par le Cu, le Cr ou les deux ETM dont les sources diffèrent. Les métaux dissous ne traduisent pas clairement le niveau de pollution par les ETM car ces derniers, en présence de particules minérales et organiques migrent vers le fond et se déposent dans les sédiments, véritable réservoir pour les polluants les plus divers. Ils jouent alors un rôle dans le stockage puis la propagation spatiale et temporelle des contaminants lors de leur remise en suspension.

Les informations fournies par les teneurs métalliques seules restent insuffisantes pour évaluer l'impact environnemental sur les systèmes aquatiques puisque les ETM sont présents sous différentes formes chimiques dans les sédiments. Dans ce sens, des examens biologiques complémentaires permettraient d'apprécier le niveau de transfert des ETM vers les organismes vivants d'où leur biodisponibilité et d'en évaluer les conséquences écotoxicologiques.

V. Références

1. Kettab, A. ; Mitiche, R. ; Bennaçar, N. De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. *Revue des sciences de l'eau* 21(2008) 247-256.
2. Afri-Mehennaoui, F.Z.; Mehennaoui, S. Qualité écologique des cours d'eau dans l'est algérien : cas de l'oued Rhumel dans le Constantinois. *Deuxième Congrès Méditerranéen Ressources en eau dans le Bassin Méditerranéen WATMED 2, Marrakech, Maroc, 14-17 Novembre, (2005)*.
3. Teissier, E. Diagnostic de la contamination sédimentaire par les métaux/métalloïdes dans la rade de Toulon et mécanismes contrôlant leur mobilité. *Thèse de doctorat en science à l'université de Toulon, (2012)* 292.
4. Abdel-Khalek, A.; Elhaddad, I.; Mamdouh, S.; Saed Marie, M. Assessment of Metal Pollution around Sabal Drainage in River Nile and its Impacts on Bioaccumulation Level, Metals Correlation and Human Risk Hazard using *Oreochromis niloticus* as a Bioindicator. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 16 (2016) 227-239.
5. Dahri, N.; Atoui, A.; Ellouze, M.; Abida, H. Assessment of streambed sediment contamination by heavy metals: The case of the Gabes Catchment, South-eastern Tunisia. *Journal of African Earth Sciences* 140 (2018) 29-41.
6. Sahli, L.; El Hadeif El Okki, M.; Afri-Mehennaoui, F.Z.; Mehennaoui, S. Utilisation d'indices pour l'évaluation de la qualité des sédiments : cas du bassin Boumerzoug (Algerie). *European Scientific Journal* 35 (2014) 333-343.
7. 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.
8. Agence du bassin hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. 14 (2010).
9. Stone, M.; Droppo, I.G. Distribution of lead, copper and zinc in size fractionated river bed sediment in two agricultural catchments of southern Ontario, Canada. *Environmental Pollution* 93 (1996) 353-362.

10. Gould, M.S.; Genetelli, E.J. Heavy metal complexation behavior in anaerobically digested sludges. *Water Res* 12 (1978) 505- 512.
11. Godfrin, J.M.; Bladel, R.V. Influence du pH sur l'adsorption du cuivre et du zinc par les sols. *Sci du sol* 28 (1990) 15-26.
12. Keddari, D.; Afri-Mehennaoui, F.-Z.; Sahli, L.; Mehennaoui, S. Evaluation de la qualité Biologique et de la contamination par le plomb et le chrome des sédiments de l'oued Boumerzoug (Constantine, Algérie). *Fourth International Conference on Energy, Materials, Applied Energetics and Pollution. Proceeding ICEMAEP* 2018, April 29-30.
13. Kadja, M.; Zaatari, A.; Chemani, H.; Bessaih, R.; Benissaad, S.; Talbi, K. (Eds.). Constantine, Algeria. (2018) 1045-1052.
14. 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.
15. Benedetti, M.F.; Milne, C.J.; Kinniburgh, D.G.; Riemsdijk, W.H.; Koopal, L.K. Metal-ion binding to humic substances-Application of the nonideal competitive adsorption model. *Environ Sci Technol* 29 (1995) 446-457.
16. COPRAMEX. Suivi du milieu marin et impact sanitaire du Rejet de la station d'épuration de martigues. Avril (2010) rapport finale p.27.
17. Afri 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, Univ Mentouri, Constantine, (2006) 267.
18. Thomas R. et Meybeck M. *The use of particulate material*, In Chapman D. Eds. *Water Quality Assessments. A guide to the use of Biota sediments and Water in environmental monitoring*. Chapman & Hall Ltd London, (1992)121-170.
19. Xu, J.; Chen, Y.; Zheng, L.; Liu, B.; Liu J.; Wang, X. Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediment of the Main Tributaries of Dongting Lake, China. *Water* 10 (2018) 1008-1060.
20. SEQ-Eau. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Version 2. MEED & Agences de l'eau. *Développement Durable Paris* (2003) 40.
21. AEAP, Annuaire de la qualité des sédiments du Bassin Artois Picardie (1985-1990). *Agence de l'Eau Artois Picardie France* (1990).
22. Weng, H.; Zhang, X.; Chen, X.; Wu N. The stability of the relative content ratios of Cu, Pb and Zn in soils and sediments. *Environ Geol* 45 (2003) 79-85.
23. Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration. (2008) 39.
24. Van Den Berg, M.G. Complex formation and the chemistry of selected trace elements in estuaries. *Estuaries* 16 (1993) 512-520.

Please cite this Article as:

Smatti-Hamza I., Afri-Mehennaoui F.-Z., Keddari D., Mehennaoui S. Evaluation de la contamination par le Cuivre et le Chrome des sediments du Barrage Koudiat Medouar de Timgad, Batna (Algerie), *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 6:2 (2020) 1348-1353