

Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(2): 872-883, April 2013

ISSN 1991-8631

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation de la contamination métallique des moules *Mytilus galloprovincialis* et des sédiments marins au niveau des côtes de la région de Dakar (Sénégal)

Ibrahima DIAGNE ¹, Momar NDIAYE ^{1*}, Birame NDIAYE ¹, Abdoulaye DIOP ¹ et Mahtar THIOM ²

¹Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chimie Physique Organique et d'Analyse Environnementale (LCPOAE) – UCAD, Dakar, Sénégal.

²Laboratoire d'Analyses Chimiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières de Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant, E-mail: momndiaye@hotmail.com

RESUME

Les rejets industriels et domestiques au Sénégal sont versés directement dans le milieu aquatique sans aucun traitement préalable. Dans le présent travail, nous avons étudié le degré de contamination du littoral dakarais par un suivi spatio-temporel des teneurs de certains éléments métalliques (cadmium, chrome et plomb) au niveau des moules et des sédiments. Pour cela, six stations de prélèvement ont été choisies en fonction des activités qui s'y déroulent: la zone de Mbaou, les plages de débarquement des produits halieutiques de Hann et Soumbédioune, les alentours du port de Dakar, Cap Manuel et l'île de Serpent. En plus, cette étude vise à évaluer la variation intersaison de cette contamination. Les métaux lourds étudiés dans ce travail sont dosés par un spectromètre d'émission atomique à arc électrique. Les résultats obtenus montrent une contamination importante dans tout l'étendu du littoral, surtout pendant la saison des pluies (Août) dans les moules et en saison sèche (Mai) au niveau des sédiments. Les teneurs en plomb, chrome et cadmium les plus élevées, accumulées par les moules ont été détectées au port avec des valeurs respectives de 380, 298 et 18,5 µg/g de poids sec et à Hann avec respectivement 307, 268 et 3 µg/g de poids sec. Les résultats de mesure ont montré également, dans les deux sites, des teneurs en plomb, chrome, et cadmium très élevées au niveau des sédiments avec des valeurs respectives de 707, 1150 et 24 µg/g de poids sec au port. Pour Hann, les concentrations mesurées sont respectivement de 654, 752 et 5 µg/g de poids sec. Les limites de détection des électrolytes varient entre 0,01 et 0,1 mg/L. Les valeurs trouvées sont largement supérieures à la norme établie par la Communauté Economique Européenne (CEE). En effet, la norme autorisée pour le plomb, le cadmium et le chrome au niveau des moules est de 1,5 µg/g du poids sec.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Métaux lourds, moule, sédiment, toxicité, émission atomique.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, une dégradation de plus en plus importante de la qualité de nos écosystèmes aquatiques a été

constatée (Berg et al., 2009; Jadal et al., 2002).

Dès lors que l'on aborde la problématique des métaux lourds, il faut avoir à l'esprit que ces éléments se retrouvent dans

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.42>

notre environnement quotidien sous des formes chimiques très diverses, pouvant chacune conférer une propriété particulière (solubilité, toxicité...) au métal étudié. Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine et ayant un fort impact toxicologique. Il existe de nombreux métaux toxiques comme l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme. Les coquillages concentrent les éléments indispensables à leur vie, mais aussi les contaminants dont les métaux lourds qui sont l'objet de notre étude. Certains de ces métaux existent à l'état naturel. Mais d'autres sont déversés directement dans le milieu aquatique des côtes dakaraises par la combustion du carburant, les déchets industriels et les eaux usées. Cette situation mène à la pollution du milieu marin par les micropolluants toxiques, plus particulièrement le Plomb, le Cadmium et le Chrome. Leur capacité à être assimilés et concentrés par les organismes marins (moule) et les sédiments représente une menace tant pour le milieu aquatique que pour l'homme (Prudente et al., 1997).

Certains éléments comme le mercure, le cadmium, le plomb et le chrome ne possèdent aucun rôle biologique connu et sont toxiques même à de faible concentration (Amiard et al., 1986; Joiris et al., 2000).

Le présent travail est une contribution à l'étude de la contamination du littoral dakarais, par un suivi spatio-temporel, des teneurs des métaux lourds cadmium, chrome et plomb dans les sédiments et les moules.

MATERIEL ET METHODES

Sites de prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé sur six sites du littoral dakarais, choisis pour les rejets des effluents domestiques et industriels qui y sont effectués (Figure 1). Le prélèvement des échantillons a été réalisé en deux campagnes (mai et août 2011) au niveau des différentes stations.

Le port Dakar (M1; S1): De par sa situation géographique exceptionnelle, le port autonome de Dakar occupe une position stratégique à l'insertion des lignes maritimes reliant l'Europe à l'Amérique du sud, l'Amérique du nord à l'Afrique du sud. Avec un plan d'eau de 177 hectares, le port dispose d'infrastructures terrestres réparties sur deux zones distinctes séparées par un port de pêche: des ateliers de réparations navales et une zone militaire.

Cap manuel de Dakar (M2; S2): Il est situé à la pointe sud de la presqu'île du Cap Vert Cette avancée dans la mer contournée par une corniche creusée dans le rocher offre une forme de protection au port de Dakar.

La commune de Hann (M3; S3): Le littoral de la Baie de Hann est limité à l'Est par le département de Dakar et le canal d'évacuation des eaux usées du port. A la pollution causée par la vidange des cargos dans cette zone, viennent s'ajouter les déchets de 80% du potentiel industriel du Sénégal présent dans la Baie, dont les raffineries qui rejettent directement les déchets dans la mer. Elle abrite également un quai de pêche où sont débarqués des produits de la mer et plusieurs familles de la Capitale et même de l'intérieur du pays viennent s'y approvisionner en poissons.

Ile de Serpent (M4; S4): Située à l'ouest de la presqu'île de Dakar en face du marché Soumbédioune, est considérée comme le plus petit parc marin au monde. Elle est très fréquentée pour la pêche à la traine.

La localité de Mbao (S5): Située à la presqu'île du Cap-Vert, à proximité de Dakar, Mbao abrite la Zone Franche Industrielle mais surtout la Société Africaine de Raffinage du pétrole (SAR).

La plage de Soumbédioune (S6): Le village artisanal de Soumbédioune est situé au quartier de la Medina de Dakar sur la corniche Ouest. C'est un lieu de débarquement des produits halieutiques qui reçoit les eaux usées provenant du canal Ouest de la Medina.

Matériel et produits

Les métaux ont été dosés par un spectromètre d'émission atomique à arc électrique de marque BAIRD MC 20. Une benne à main a servi pour le prélèvement des sédiments. Les moules sont récoltées à la main. Les échantillons sont ensuite gardés dans des sachets en plastique.

Les réactifs utilisés (R. P. Norma pur, Prolabo) sont de qualité analytique. Ils sont constitués d'acide (fluorhydrique, perchlorique, chlorhydrique) et de solutions standard (Pb (II), Cd (II), Cr (III)).

Préparation des échantillons

Elle consiste après séchage, à broyer et tamiser les échantillons pour avoir des particules fines. Les fractions fines des moules et sédiments ont été conservées par la suite dans des flacons en plastique, numérotés et hermétiquement bouchés pour les protéger contre l'humidité.

Préparation des moules

Les moules, collectés à la main lors des marées basses, sont triés puis stockés dans des sacs en plastique contenant l'eau du milieu de prélèvement. Ils sont ensuite transportés au laboratoire et conservés à -20 °C. Un échantillon de 50 à 60 individus de moules est extrait des coquilles, puis il est séché à l'étuve pendant 48h à 40 °C, ensuite il est finement broyé et tamisé pour obtenir des particules de 60 µm de diamètre.

Préparation des sédiments

Les sédiments sont aussi prélevés au niveau de la couche superficielle à l'aide d'une benne. Ensuite ils sont séchés soit à l'étuve à 40 °C, soit directement au soleil, puis ils sont broyés et tamisés pour avoir des particules de 60 µm de diamètre.

Préparation des solutions standards

Les solutions standard de Pb (II), de Cd (II) et de Cr (III) sont à 1000 mg/L. La gamme d'étalonnage est obtenue par dilutions successives: D5 (dilution 1/5), D10 (dilution 1/10) et D20 (dilution 1/20). Une solution témoin (To), contenant de l'eau distillée, sert de référence pour chaque métal étudié.

Extraction des métaux.

La minéralisation a été faite en considérant trois pesées de 2 g de fractions fines des échantillons, par une attaque à froid et à chaud.

L'attaque à froid consiste à ajouter 20 mL d'acide fluorhydrique (HF) dans chaque bécher. Ceci permet de détruire la matière organique. Ensuite, on ajoute 10 mL d'acide perchlorique (HClO₄) pour mettre les éléments à analyser dans leur état ionique le plus oxydé. On laisse le mélange se reposer pendant 24h avant de procéder à l'attaque à chaud.

Après l'attaque à froid, les béchers sont placés dans un bain de sable, jusqu'à cristallisation. Ensuite, on ajoute à nouveau 5 mL d'acide perchlorique et on les replace au niveau du bain de sable jusqu'à recristallisation.

Enfin, on ajoute 20 mL d'acide chlorhydrique (HCl) pour la dissolution totale du mélange. Après refroidissement, les minéralisats sont transférés dans des fioles jaugées de 100 mL, puis on complète avec de l'eau distillée.

Le dosage des métaux a été effectué sur les minéralisats après dilution (Chiffolleau et Truquet al., 1994; Auger, 1989., Bouachrine et al., 1998)

L'analyse du Cd, Cr et Pb est réalisée par la méthode physico-chimique à l'aide d'un spectromètre d'émission atomique à arc électrique.

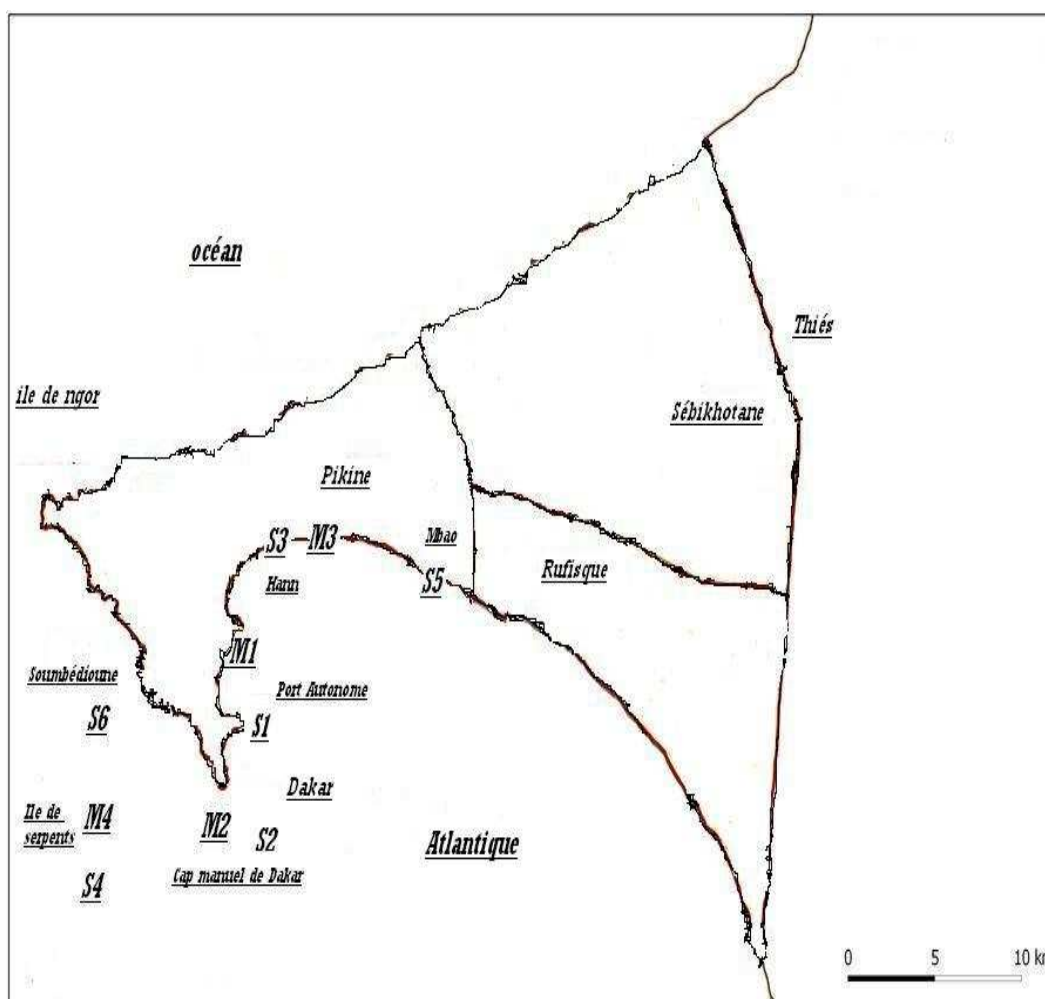


Figure 1: Sites de prélèvement des moules (M1, M2, M3, M4) et des sédiments (S1, S2, S3, S4, S5, S6) de la région de Dakar.

RESULTATS ET DISCUSSION

Accumulation du plomb, chrome et cadmium dans les moules

Les résultats des analyses des concentrations moyennes des métaux lourds, pour une série de trois mesures, dans les moules et leurs écarts type, pendant les deux campagnes, sont regroupés dans les Tableaux 1 et 2. Pour chaque échantillonnage, une récolte d'environ 50 individus a été effectuée.

Pour la première campagne, l'analyse des résultats des métaux au niveau des moules montre que le plomb présente en moyenne les concentrations les plus élevées dans tous les

sites étudiés. Ces concentrations varient entre 211,0 et 307,0 $\mu\text{g/g}$ de poids sec.

Le chrome enregistre des concentrations qui varient entre 37,5 et 277,5 $\mu\text{g/g}$ de poids sec. Pour le cadmium, les teneurs sont plus faibles et varient entre 0,9 et 6,5 $\mu\text{g/g}$ de poids sec.

Pour la deuxième campagne, les prélèvements ont été effectués seulement au niveau du port et de l'île de Serpent. En effet, pendant cette période d'échantillonnage, on a constaté l'absence de moules au niveau de Cap Manuel et de Hann.

Le plomb présente aussi les teneurs les plus importantes dans ces deux sites étudiés. Elles varient entre 286 à 380 µg/g du poids sec.

Les concentrations en chrome varient entre 98,5 à 298 µg/g du poids sec. Les teneurs en cadmium oscillent entre 5 et 18,5 µg/g du poids sec.

Cependant, pour les sites M1 et M4, les concentrations des métaux analysés lors de la deuxième campagne sont plus élevées que celle de la première.

La Figure 2 présente les résultats de la première campagne. L'analyse de la Figure 2, montre que les concentrations des différents métaux varient d'un site à l'autre.

Ainsi, Hann abrite la teneur en Pb la plus élevée avec 307 µg/g, suivi du Port de Dakar avec 297,5 µg/g de poids sec.

Cependant, la concentration en Cr est plus importante au Port avec 277,5 µg/g et 268 µg/g pour Hann. Le Cadmium est présent à l'état de traces dans tous les sites.

Accumulation spatiale des métaux au niveau des sédiments

Les résultats des analyses des concentrations moyennes des métaux lourds dans les sédiments et leurs écarts-type, pendant les deux campagnes, sont regroupés dans les Tableaux 3 et 4.

L'analyse des résultats, des métaux trouvés au niveau des sédiments pour la première campagne, montre que le chrome présente les concentrations les plus élevées dans tous les sites. Ces concentrations varient entre 366 et 1150 µg/g de poids sec.

En ce qui concerne le plomb, les teneurs varient d'un site à un autre et sont comprises entre 167 et 707 µg/g de poids sec. Pour le cadmium, on note une variation de 0 à 24 µg/g de poids sec.

Pour la deuxième campagne, les concentrations en chrome et en plomb sont relativement élevées alors que celles du cadmium reste toujours faibles.

Pour le chrome, on note une variation de 108 à 556 µg/g de poids sec. Le plomb varie entre 96 à 468 µg/g de poids sec et quant

au cadmium, on constate une faible variation de 0,5 à 18 µg/g de poids sec.

La Figure 3 présente l'ensemble des résultats obtenus. L'analyse de la Figure 3 montre que le Port abrite les concentrations les plus importantes, pour les trois métaux étudiés. Ainsi, les teneurs métalliques en plomb et en chrome dépassent 400 µg/g de poids sec alors que celles du cadmium est faible dans les sites de Cap manuel, Hann et Soubédioune.

Au niveau des stations de Mbao et île de Serpent, les teneurs en plomb et en chrome sont faibles et ne dépassent pas les 400 µg/g de poids sec alors que le cadmium est à l'état de traces.

Répartition des métaux dans les moules et les sédiments

L'analyse spatiale des métaux au niveau des moules montre que les stations M1 et M3 abritent les concentrations les plus élevées, alors que les faibles teneurs sont enregistrées au niveau des sites M2 et M4. Quant aux sédiments, on constate que les stations S1, S2, S3 et S6 sont plus affectées par ces métaux, alors que les concentrations les plus faibles sont enregistrées en S4 et S5. La contamination métallique des sédiments et les moules au port et à Hann est due respectivement par les émissions industrielles, la pollution des hydrocarbures et le déversement des eaux usées provenant du canal Est, la pollution causée par les rejets d'eaux fécales urbaines et des déchets solides ménagers rejetés directement en mer par les riverains. Les contaminations à Mbao et à Soubédioune peuvent être attribuées respectivement à la présence de la Société Africaine de Raffinerie de pétrole et de l'usine de fabrication des engrais des ICS à Mbao, le déversement des eaux usées du canal IV à Soubédioune.

Les faibles concentrations au niveau des sédiments et les moules enregistrées à l'île de Serpent est due à son enclavement et ne subit aucun rejet industriel ni domestique. On peut donc le considérer comme un site de référence du littoral.

Accumulation temporelle des métaux dans les moules.

Les Figures 4, 5 et 6 représentent les variations, selon les campagnes, de la teneur, respectivement, des métaux plomb, chrome et cadmium dans les moules.

L'analyse temporelle des métaux au niveau des moules (Figures 4, 5 et 6) montre une contamination métallique plus importante en saison des pluies dans les moules. En effet, des travaux précédemment effectués ont trouvé des concentrations métalliques variables en fonction des saisons (Belhaouari et al. 2011; Poha et al., 1982; Radenac et al., 1997).

Ceci est lié aux facteurs environnementaux tels que la température et les éléments nutritifs. La période des pluies est souvent accompagnée d'un apport en éléments nutritifs qui pourraient conduire à une richesse en phytoplancton contaminé par les métaux relargués par les eaux de ruissellement (Le Mao, 1994). Ces phytoplanctons, aliments essentiels des moules, sont disponibles pendant la saison des pluies et pourraient être à l'origine de l'augmentation des teneurs des métaux.

Accumulation temporelle des métaux dans les sédiments

Les Figures 7, 8 et 9 représentent les variations, selon les campagnes, de la teneur, respectivement, des métaux plomb, chrome et cadmium dans les sédiments.

Pour les sédiments, tous les métaux présentent des concentrations plus importantes en mai qu'en août, à l'exception du cadmium. Ceci est dû aux crues, qui, du fait de l'augmentation du débit, entraîne un désordre du milieu pendant la saison des pluies. Ainsi, une remise en suspension des matériaux fins, peut être à l'origine de la faible concentration des métaux à cette période de l'année. Cependant, en saison sèche, le piégeage, par les sédiments, des éléments minéraux et organiques provenant des eaux usées, des rejets industriels et domestiques, est très facile (Fadil et al., 1997; Cossa et al., 1989). Ce phénomène est à l'origine d'une contamination métallique plus importante des sédiments.

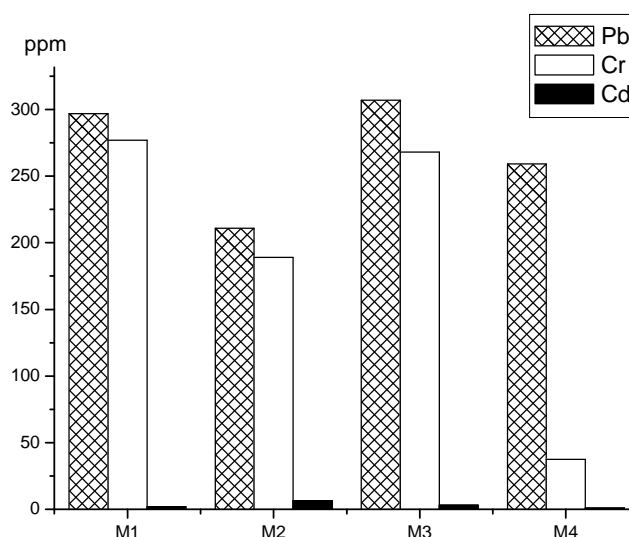


Figure 2: Teneurs moyennes des métaux dans chaque site au niveau des moules à la première campagne.

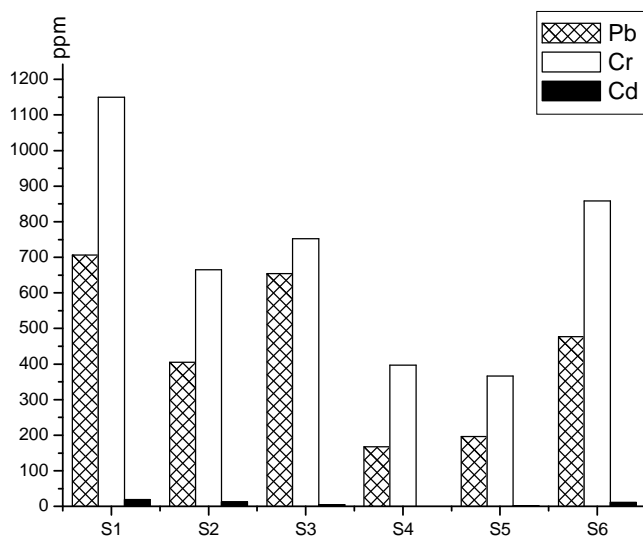


Figure 3: Teneurs moyennes des métaux dans chaque site au niveau des sédiments.

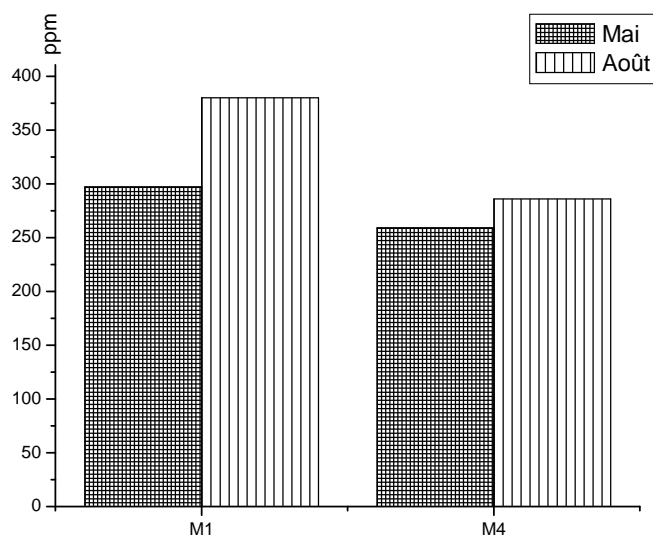


Figure 4: Les teneurs en plomb dans les moules au niveau des sites.

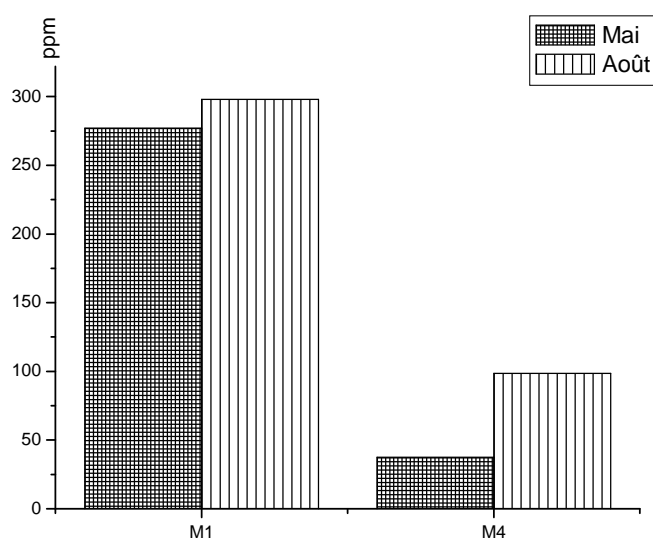


Figure 5: Les teneurs en chrome dans les moules au niveau des sites.

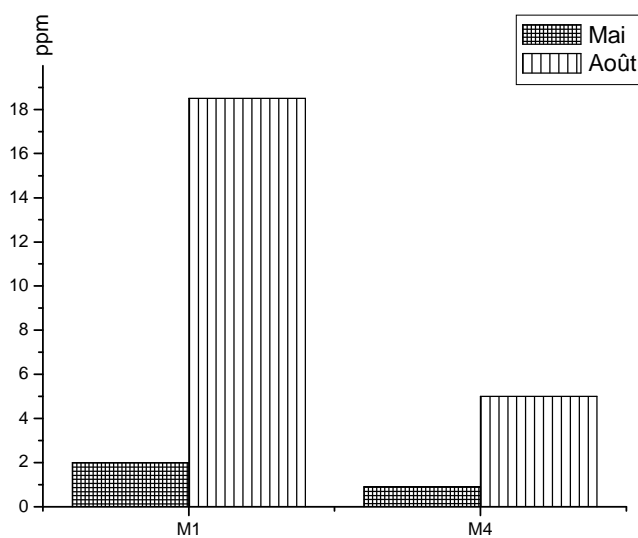


Figure 6: Les teneurs en cadmium dans les moules au niveau des sites.

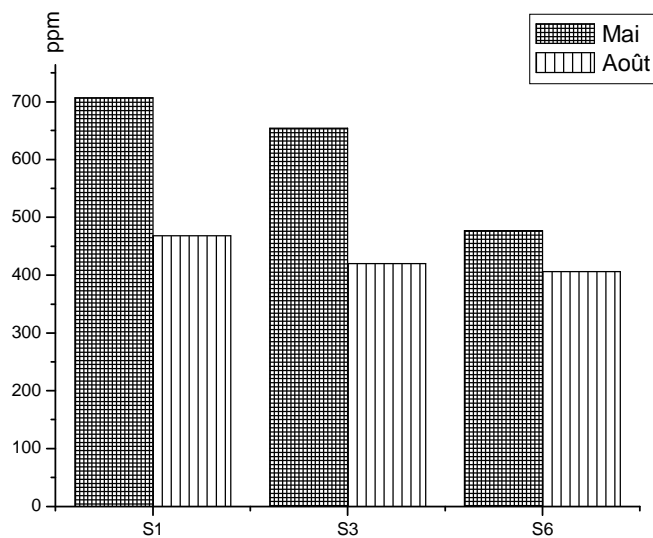


Figure 7: Les teneurs en plomb dans les sédiments au niveau des sites.

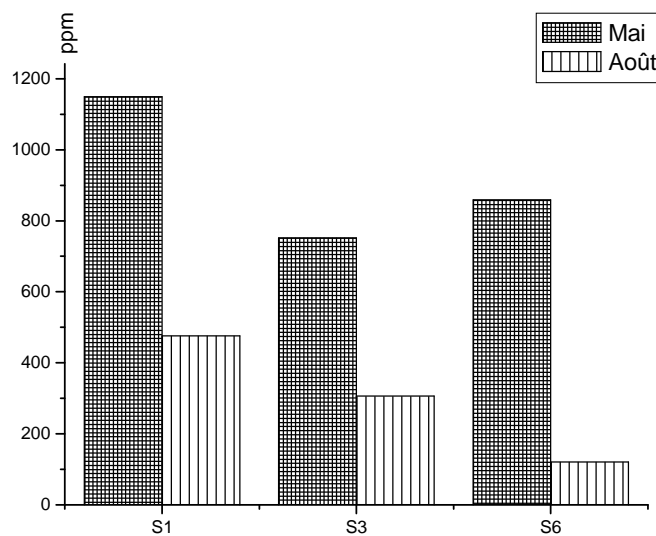


Figure 8: Les teneurs en chrome dans les sédiments au niveau des sites.

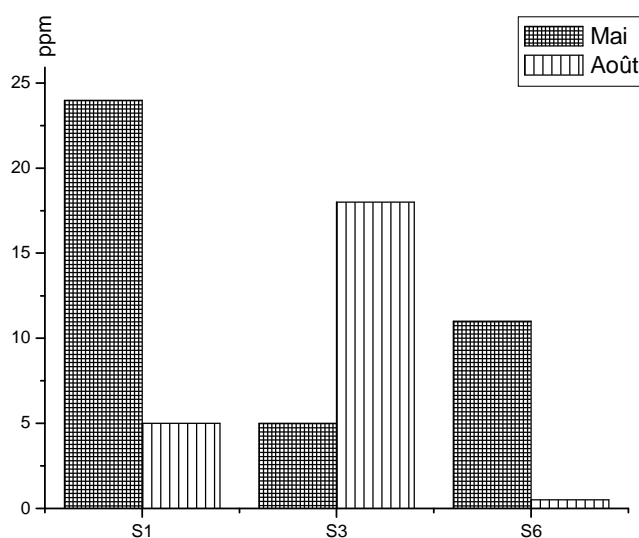


Figure 9: Les teneurs en cadmium dans les sédiments au niveau des sites.

Tableau 1: Concentrations (moyennes \pm écart-type) du plomb, chrome et cadmium pour la première campagne ($\mu\text{g/g}$ de poids sec).

| | M1 | M2 | M3 | M4 |
|------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| [Pb] $\pm\sigma$ | 297,5 \pm 59,60 | 211 \pm 36,7 | 307 \pm 63,4 | 259 \pm 50,0 |
| [Cr] $\pm\sigma$ | 277,5 \pm 47,80 | 189 \pm 29,0 | 268 \pm 54,3 | 37,5 \pm 4,80 |
| [Cd] $\pm\sigma$ | 2,0 \pm 0,1 | 6,5 \pm 2,2 | 3,0 \pm 0,6 | 0,90 \pm 0,02 |

Tableau 2: Concentrations (moyennes \pm écart-type) du plomb, chrome et cadmium pour la deuxième campagne ($\mu\text{g/g}$ de poids sec).

| | M'1 | M'4 |
|------------------|----------------|-----------------|
| [Pb] $\pm\sigma$ | 380 \pm 70,5 | 286 \pm 58,5 |
| [Cr] $\pm\sigma$ | 298 \pm 59,9 | 98,5 \pm 19,7 |
| [Cd] $\pm\sigma$ | 8,5 \pm 2,8 | 5,0 \pm 1,8 |

Tableau 3: Concentrations (moyennes \pm écart-type) du plomb, chrome et cadmium, pour la première campagne ($\mu\text{g/g}$ de poids sec).

| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|
| [Pb] $\pm\sigma$ | 707 \pm 229 | 405 \pm 104 | 654 \pm 202 | 167 \pm 32 | 196 \pm 34,8 | 477 \pm 112 |
| [Cr] $\pm\sigma$ | 1150 \pm 320 | 665 \pm 201 | 752 \pm 231 | 397 \pm 55 | 366 \pm 48,7 | 859 \pm 248 |
| [Cd] $\pm\sigma$ | 24,0 \pm 5,0 | 13,0 \pm 2,8 | 5,0 \pm 2,8 | ND | 1,0 \pm 0,01 | 11,0 \pm 3,3 |

Tableau 4: Concentrations (moyennes \pm écart-type) du plomb, chrome et cadmium pour la deuxième campagne ($\mu\text{g/g}$ de poids sec).

| | S'1 | S'2 | S'3 | S'4 | S'5 | S'6 |
|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| [Pb] $\pm\sigma$ | 468 \pm 108 | 400 \pm 99 | 420 \pm 105 | 96 \pm 24 | 100 \pm 25,6 | 406 \pm 104 |
| [Cr] $\pm\sigma$ | 476 \pm 111 | 556 \pm 198 | 306 \pm 98,5 | 158 \pm 31 | 108 \pm 29 | 121 \pm 25,3 |
| [Cd] $\pm\sigma$ | 5,0 \pm 1,8 | 5,6 \pm 2,9 | 18 \pm 5,7 | ND | ND | 0,5 \pm 0,01 |

Conclusion

Les résultats obtenus montrent des concentrations très élevées en plomb et en chrome dans les moules, comme dans les sédiments par rapport à celles indiquées dans la littérature.

Par ailleurs, ces teneurs sont nettement plus élevées dans les sites du Port et de Hann que dans les autres sites. Cependant le cadmium présente une concentration beaucoup plus importante au Cap manuel. Ces teneurs varient aussi en fonction de la période de prélèvement. Les moules révèlent une contamination polymétallique plus importante en mai qu'en août, par contre celles des sédiments sont beaucoup plus élevées en août qu'en mai. Ceci pourrait s'expliquer par le rythme de l'activité industrielle et aux facteurs environnementaux.

Les résultats obtenus dans ce travail, à partir de bio indicateurs biologique et sédimentologique (Le Mao, 1994), permettent une évaluation de l'état de contamination par le plomb, le chrome et le cadmium du littoral dakarais. Une quantification de l'impact des apports anthropiques de ces métaux dans le milieu marin a également été réalisée.

Les fortes teneurs des métaux lourds, trouvées dans ces deux matrices, ont révélé le danger réel que présente cette partie du littoral dakarais, qui est constitué de zones utilisées pour la baignade, mais aussi pour le débarquement de produits halieutiques. De même, la consommation de moules peut causer un problème de santé publique.

Il devient ainsi nécessaire d'effectuer un contrôle régulier basé sur une politique efficace dont les acteurs seront l'Etat, les industriels et la communauté scientifique.

Une sensibilisation de la population peut également être envisagée pour lutter d'avantage contre la pollution.

REFERENCES

- Amiard JC, Amiard Triquet C, Berthet B, Metayer C. 1986. Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, lead, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*. 1. Field Study. *Mar. Biol.*, **90**: 425-431.
- Auger D. 1989. Méthode de dosage du cadmium, du cuivre, du plomb et du zinc dans les milieux biologiques. Rapp. Direction Environnement Recherches Océaniques (DERO) 07-MB.
- Belhaouari B, Hacene RO, Bouhadiba S, Boutiba Z. 2011. Utilisation d'un Gastéropode marin *Osilinus turbinatus* en biosurveillance marine: application aux métaux lourds du littoral algérien occidental. *J. Sci. Hal. Aquat.*, **3**: 89-96
- Bennasser L, Fekhaoui M, Seigle Murandi F, Benoit Guyod JL. 1997. Influence de la marée sur la qualité des eaux du bas Sebou soumis aux rejets industriels de la plaine du Rharb (Maroc). *Water Res.*, **31**: 859-867.
- Berg LR, Raven PH, Hassenzahl DM. 2009. *Environnement*. Editeur de Boek ; 687 p.
- Bouachrine M, Fekhaoui M, Bennasser L, Idrissi L. 1998. Distribution of selected metals in tissue samples of fish from industrially contaminated stream (The river Sebou, Morocco). *Acta hydrobiol.*, **40**: 173-179.
- Chiffolleau JF, Truquet I. 1994. Nouvelles méthodes de dosage de quelques métaux

- traces dans les sédiments et les matières de suspension, Rapp.IFREMER, 08.
- Cossa D. 1989. A review of the use of *Mytilus* spp. As quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta*, **12**: 4.
- Fadil F, Maarouf A, Zaid A. 1997. Utilisation de *Grammarus gauthieri* pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces. *Anns. Limnol.* **32**: 73-78.
- Jadal M, El Yachoui M, Bennasser L, Fekhaoui M, Foutlane A. 2002. Qualité des eaux de l'estuaire Oum Erbia (Maroc) et influence de la dynamique marégraphique. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances*, **256**: 59-66.
- Joiris CR, Halsbeek L, Otchere FA. 2000. Mercury in the bivalves *Crassostrea tulipa* and *Perna perna* from Ghana. *Mar. Pollut. Bull.*, **40**: 457-460.
- Le Mao P. 1994. Influence de la qualité du milieu sur la qualité marchande des coquillages. *Equinox Special Environnement Littoral*, **47-48**: 91-96.
- Poha JD, D'Auria JM. 1982. Effets of season and seawater concentrations on trace metal concentration in organs of *Mytilus edulis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **11**: 273-282.
- Prudente M, Miramand P, Tardy J. 1997. Search for impact of a dredged material disposal site on growth and metal contamination of *Mytilus edulis* in charente-Maritime (France). *Mar. Pollut. Bull.*, **34**(9): 721-729.
- Radenac G, Miramand P, Tardy J. 1997. Search for impact a dredged material disposal site on growth and metal contamination of *Mytilus edulis* (L.) in Charente Maritime (France). *Mar. Pollut. Bull.*, **34**: 721-729.