

Utilisation de *Gammarus gauthieri* Pinkster (Crustacé : Amphipode) pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces

F. Fadil¹
A. Maarouf²
A. Zaid³

Mots clés : *Gammarus gauthieri*, toxicité létale, sédiments, Maroc.

Les organismes utilisés dans les tests de toxicité des sédiments doivent être sensibles aux substances toxiques et capables de s'adapter à différents types de sédiments.

La toxicité aiguë des sédiments a été étudiée chez l'amphipode d'eau douce, *Gammarus gauthieri*. Des sédiments de référence et de composition très variable ont été testés pour déterminer les effets liés aux caractéristiques naturelles des sédiments sur *G. gauthieri*. Une bonne survie des gammarus a été obtenue après 10 jours d'exposition à ces sédiments, la variation entre les différents types de sédiments n'est pas significative au seuil de 5 %.

D'autre part, cette espèce a montré une forte sensibilité vis-à-vis des sédiments contaminés prélevés dans l'Oued Boufekrane (Maroc) ; les CL50 10j ont varié entre 11 % et 80 %.

Ainsi, *G. gauthieri* paraît une espèce utile pour les tests de toxicité des sédiments des eaux douces.

Use of the Amphipod Crustacean *Gammarus gauthieri* Pinkster in freshwater sediment toxicity tests

Keywords : *Gammarus gauthieri*, lethal toxicity, sediments, Morocco.

The organisms selected for the toxicity tests of sediments must be sensitive to toxicants and tolerant to natural sediment characteristics.

In this study, lethal sediment toxicity has been tested with the freshwater amphipod *Gammarus gauthieri*. Tests were conducted with control sediment varying in composition to determine the effects of natural environmental variables to *G. gauthieri*. The organisms survival was higher than 90 % in the control sediment over 10 days periods ; no significant differences were observed among different types of sediments.

On the other hand this species was sensitive to the contaminated sediments collected in the Boufekrane river (Morocco), the LC50 10d ranged from 11% to 80 %.

G. gauthieri appears to be useful for testing the toxicity of freshwater sediments.

1. Introduction

Les sédiments des cours d'eau constituent un lieu d'accumulation des micropolluants dissous et particulaires et représentent un risque écotoxicologique pour les organismes aquatiques et leurs prédateurs (Giesy & Hoke 1989).

Des analyses chimiques ont été depuis longtemps mises au point et adaptées aux contrôles de la qualité des sédiments (Lesouef et al. 1979, Al-shukry et al. 1992). Cependant, on s'est graduellement rendu compte que cette surveillance chimique ne suffisait pas pour déduire de façon fiable la toxicité des sédiments. L'application des tests toxicologiques apparaît un moyen intéressant et constitue un complément indispensable aux analyses chimiques (Burton 1991). Les essais de toxicité permettent d'évaluer de façon relativement simple et rapide l'action directe des contaminants sur les organismes, dans un milieu complexe comme le sédiment (Chapman 1989).

1. Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 2202, Fès Saïss, Maroc.

2. Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 618, Marrakech, Maroc.

3. Département de Biologie, Faculté des Sciences, B.P.4010, Béni-M'hamed, Meknès, Maroc.

L'importance des amphipodes dans la communauté benthique, leur sensibilité aux toxiques et la facilité de leur collecte et de leur conservation dans les conditions de laboratoire, en font un groupe privilégié dans l'étude de la toxicité des sédiments (Borgman et al. 1989, Nelson et al. 1989).

Dans cette étude on a utilisé un amphipode du Moyen Atlas (Maroc) : *Gammarus gauthieri* Pinkster, 1971. C'est un Crustacé dulçaquicole peuplant principalement l'Afrique du Nord et la Péninsule Ibérique (Karaman & Pinkster 1977).

L'objectif est de connaître l'utilité de cette espèce autochtone pour l'évaluation de la qualité des sédiments des eaux douces. Des essais ont été réalisés afin de tester la tolérance de *G.gauthieri* à différents types des sédiments de référence et à des sédiments contaminés par des micropolluants.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation des stations de prélèvement

Afin de mener une étude de toxicité des sédiments chez *G. gauthieri*, les stations de prélèvement sont choisies le long de l'Oued Boufekrane (Meknès, Maroc), en aval des rejets domestiques et/ ou industriels (Tableau 1).

Des sédiments de référence sont prélevés à partir de deux sources (A et B) de la ville de Meknès (Maroc), loin de toute pollution. Le milieu C est un mélange des sédiments de la station A(50 %) et des sédiments de la station B (50 %).

Les sédiments témoins proviennent de la source Vittel à Ifrane (Maroc), milieu de prélèvement de la population d'origine des gammares.

2.2. Échantillonnage et conservation

Les prélèvements, la conservation et la caractérisation des sédiments ont été effectués suivant les recommandations de la norme ASTM (1991).

Les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une drague de 6 dm² de surface sur environ 2cm de profondeur, dans des zones calmes, non soumises à l'effet du courant. Quatre échantillons sont prélevés à chaque site et placés dans des sachets en plastique. Les sédiments sont conservés à - 4°C et utilisés dans un délai ne dépassant pas une semaine.

2.3. Caractérisation des sédiments

Les principaux paramètres physico-chimiques mesurés sont :

- La granulométrie, déterminée par lavage sur une colonne graduée selon l'échelle AFNOR.

- La teneur en eau des sédiments, obtenue par différence de poids avant et après étuvage à 105°C jusqu'à poids constant.

- La matière organique, déterminée par calcination du sédiment sec à 550°C pendant 1 heure.

- Le dosage des éléments métalliques dans les sédiments, réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (PYE UNICAM modèle PU 9000) après digestion par l'eau régale (3v HCl à 35 % + 1v HNO₃ à 65 %) et chauffage pendant 2 heures. Tous les dosages sont effectués par atomisation en flamme air-acétylène.

2.4. Tests de toxicité

Les essais de toxicité reposent sur les protocoles standard décrits par Nelson et al. (1989).

Les organismes utilisés dans les tests sont issus d'un élevage maintenu dans de l'eau de source dans une chambre climatisée à 20 ± 1°C et une photopériode de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité. Leur alimentation est constituée d'un mélange d'algues (*Chlorella vulgaris* Beijer) et de nourriture synthétique (TétraMin).

Les tests de toxicité sont conduits dans des béciers contenant 200 g de sédiment et 800 ml d'eau de source qui a servi à l'élevage des gammares. Le milieu est aé-

Tableau 1. Localisation des stations de prélèvement des sédiments de référence et contaminés.

Table 1. Location of sampling stations of control and contaminated sediments.

Stations	Localisation	Identification
T	Ville d'Ifrane	Source Ain Vittel
A	25 km de Meknès	Source Ain Maarouf
B	Ville de Meknès	Source Ain Maâza
C		Mélange de A (50 %) + B (50 %)
1	Ville de Meknès	Aval rejet domestique
2	Ville de Meknès	Aval rejets tannerie et textile
3	Ville de Meknès	Aval rejet huilerie
4	Ville de Meknès	Aval rejets domestiques et industriels

ré par l'intermédiaire d'une pipette pasteur placée à 2 cm de la surface du sédiment pour éviter la resuspension et maintenu à 20°C sous une photopériode 16 h/8 h pendant 24 h, avant l'introduction de 20 gammarus âgés de moins d'une semaine. Les sédiments très contaminés sont dilués avec un sédiment témoin. Chaque essai est répété quatre fois. Après 10 jours on détermine le pourcentage des survivants. Un témoin est réalisé parallèlement à chaque essai.

Les paramètres physico-chimiques (pH, oxygène dissous et conductivité) sont contrôlés au début et à la fin des tests.

Les pourcentages de survie obtenus dans les sédiments de référence sont comparés à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA).

Dans le cas des sédiments contaminés, les CL50 10j (concentration létale pour 50 % des individus pendant 10 jours) sont calculées à l'aide de la méthode des probits.

3. Résultats

La composition physico-chimique des sédiments de référence est très variable : teneurs en eau et en matière organique et granulométrie sont maximales au niveau de la station B ; les plus faibles valeurs sont observées à la station A. Le mélange des sédiments des deux stations présente des caractères intermédiaires (Tableau 2).

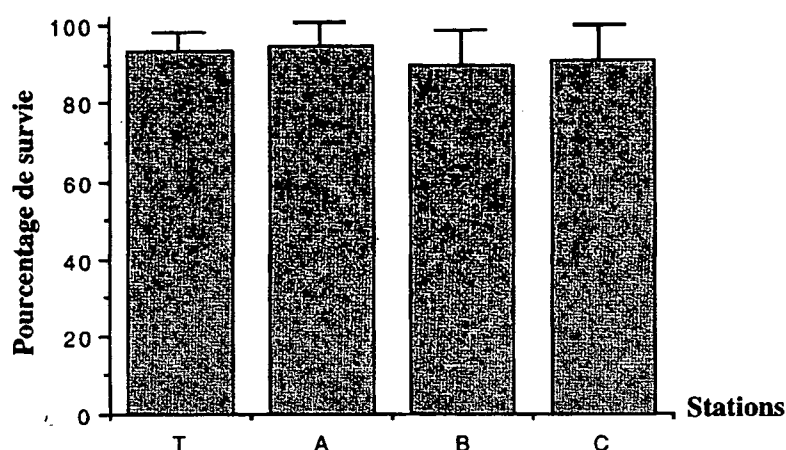


Fig. 1. Pourcentage de survie de *Gammarus gauthieri* après 10 jours d'exposition à différents sédiments de référence.

Fig. 1. Survival rate of *Gammarus gauthieri* exposed to control sediments for 10 days.

Le tableau 3 montre les niveaux de base des métaux lourds qui correspondent aux teneurs naturelles sur le plateau de Meknès.

Les tests de toxicité réalisés avec ces sédiments de référence ne montrent pas d'effet toxique chez *G. gauthieri*, la survie obtenue après 10 jours d'exposition est généralement élevée (Fig.1). L'analyse de variance ne met pas en évidence de différence significative entre les pourcentages de survie en fonction du type de sédiment ($P > 0,05$).

Tableau 2. Valeurs moyennes et écart-types des variables physico-chimiques mesurées dans chaque station de référence.
Table 2. Mean values with standard deviation for different physical and chemical parameters analysed in each control station.

	Humidité (% PF)	Matière organique (% PS)	Gravier (% PS)	Sable (% PS)	Fraction fine (% PS)
T	18,0 (5,2)	3,1 (1,1)	9,9 (2,5)	72,1 (9,1)	17,9 (6,6)
A	14,8 (0,7)	1,0 (0,8)	34,4 (4,6)	62,9 (7,7)	2,7 (1,1)
B	58,8 (13,0)	9,3 (1,6)	0	4,6 (1,5)	95,4 (1,5)
C	27,4 (5,7)	6,9 (0,3)	10,1 (1,4)	47,9 (1,4)	41,9 (3,1)

Tableau 3. Teneurs moyennes et écart-types des métaux lourds dans les sédiments de référence.
Table 3. Mean contents with standard deviation of heavy metals in control sediment.

	Zn (µg/g PS)	Cu (µg/g PS)	Pb (µg/g PS)	Cd (µg/g PS)
T	34,0 (4,9)	7,5 (2,8)	11,5 (2,1)	1,6 (0,4)
A	56,8 (15,7)	15,8 (4,0)	33,4 (5,6)	1,4 (0,4)
B	57,4 (10,2)	13,7 (2,9)	29,5 (6,4)	0,8 (0,1)
C	54,3 (6,4)	13,5 (1,5)	32,0 (7,8)	1,6 (0,1)

Tous les sédiments contaminés ont une toxicité mesurable, les pourcentages de survie ne dépassent pas 40 %. Une série de dilution préparée ensuite permet le calcul des CL50 10j : les valeurs varient entre 11,01 % dans les sédiments de la station 3 et 80,37 % dans les sédiments de la station 1 (Tableau 4).

Afin d'interpréter la toxicité des sédiments, il est nécessaire de connaître quelques paramètres physico-chimiques. Les analyses effectuées montrent que les sédiments récoltés dans l'Oued Boufekrane se caracté-

risent par une abondance de sable dans les différentes stations. Par contre, les sédiments de la station 3 montrent l'importance de la fraction fine avec une teneur de 80,3 % (Tableau 5). Les teneurs en matière organique sont comprises entre 9,2 % et 16 %, la valeur maximale est observée dans les sédiments de la station 3, ceci est dû à la proximité des rejets d'une importante huilerie.

La figure 2 représente les teneurs en métaux lourds dosés dans ces sédiments. Les concentrations en zinc

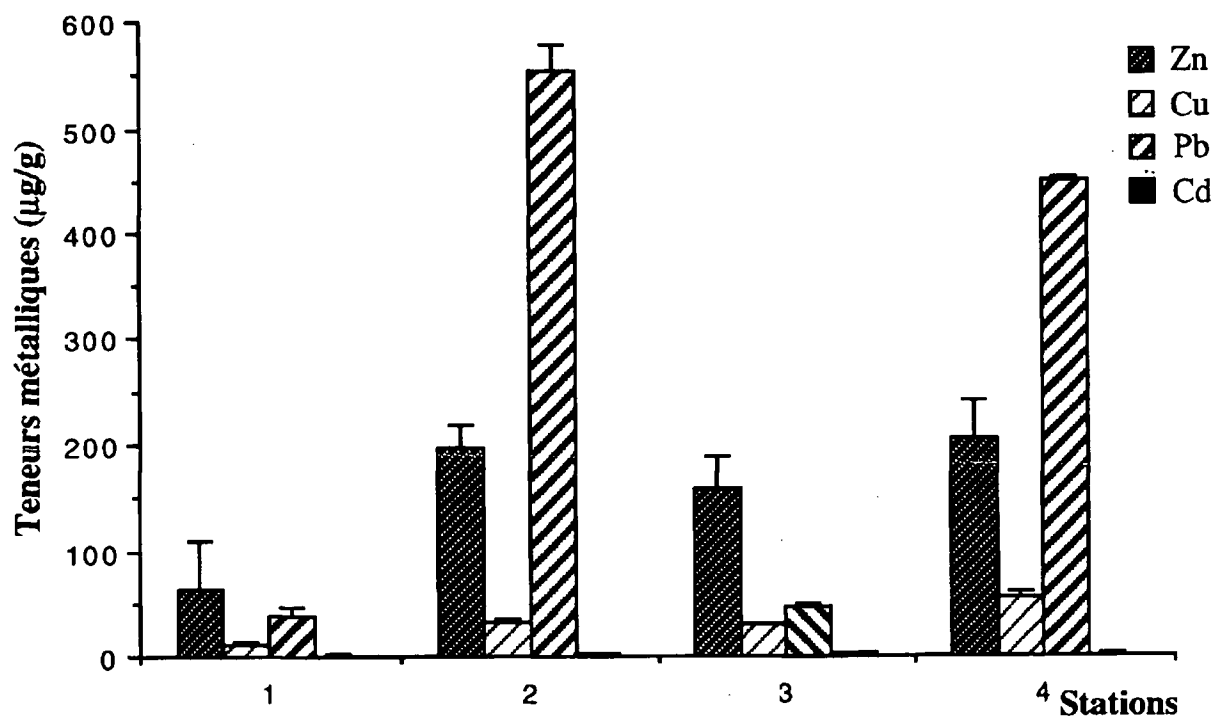


Fig. 2. Teneurs moyennes des métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cd) dans les sédiments des 4 stations de l'Oued Boufekrane.

Fig. 2. Mean contents of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) in the sediments of 4 sites of the Boufekrane river.

Tableau 4. Toxicité des sédiments de l'Oued Boufekrane chez *G. gauthieri*.

Table 4. Sediment toxicity of the Boufekrane river on *G. gauthieri*.

Stations	CL50 10j en % de dilution de sédiment	Intervalle de confiance (à 95 %)	Droite de régression
1	80,37	(80,25 ; 80,48)	$Y = 3,140 X - 0,997$
2	24,25	(23,05 ; 25,44)	$Y = 2,740 X + 1,198$
3	11,01	(10,85 ; 11,17)	$Y = 2,042 X + 2,872$
4	20,01	(19,84 ; 20,13)	$Y = 2,183 X + 2,160$

Tableau 5. Valeurs moyennes et écart-types des variables physico-chimiques mesurées dans les sédiments de l'Oued Boufekrane.

Table 5. Mean values with standard deviation for different physical and chemical parameters analysed in sediments of the Boufekrane river.

Stations	Humidité (% PF)	Matière organique (% PS)	Gravier (% PS)	Sable (% PS)	Fraction fine (% PS)
1	35,3 (4,6)	9,2 (3,7)	7,7 (2,5)	73,2 (0,2)	19,00 (2,2)
2	36,5 (11,5)	12,7 (1,5)	3,8 (3,4)	60,9 (6,2)	35,30 (9,7)
3	49,8 (3,4)	16,0 (5,6)	11,5 (2,1)	8,1 (0,2)	80,30 (2,4)
4	48,5 (7,9)	10,3 (3,8)	0,3 (0,3)	53,1 (6,3)	46,66 (6,6)

sont nettement plus élevées dans les sédiments des stations 2, 3 et 4. Dans le cas du cuivre, les teneurs sont relativement faibles, les valeurs maximales sont obtenues dans les sédiments de la station 4. Les plus fortes concentrations en plomb sont observées dans les stations 2 et 4. Le cadmium est le métal le moins abondant, avec des teneurs inférieures à 2 µg /g.

4. Discussion

Le comportement et la sensibilité des organismes benthiques sont susceptibles de varier en fonction de certains caractères physiques et géochimiques du substrat, tels la teneur en eau, la matière organique et la granulométrie (Dewitt et al. 1988, 1989). Ainsi s'explique la nécessité d'étudier les effets liés à ces paramètres. Cette étude permettra d'éviter la surestimation de la sensibilité des organismes tests aux contaminants des sédiments (Ingersoll & Nelson 1990). L'effet lié aux caractères des sédiments de référence ne se manifeste pas chez *G.gauthieri*. En effet, il n'y a pas de variation significative de la survie des organismes dans les différents types de sédiments au seuil de 5 %. Les pourcentages de survie obtenus après 10 jours, varient entre 90 % dans un sédiment boueux et 95 % dans un sédiment sableux. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés chez d'autres amphipodes. La survie de *Leptocheirus plumulosus* Soemaker varie entre 93 % et 100 % dans différents types de sédiments (Schlekat et al. 1992). Chez *Eohaustorius estuarius* Bosworth et *Rhepoxynius abronius* Barnard, les pourcentages de survie sont respectivement 92,4 % et 96,4 % dans un sédiment fin (Dewitt et al. 1989). Cependant, Dewitt et al. (1988) ont montré que la mortalité de *Rhepoxynius abronius* est favorisée par une teneur élevée en matière organique et une granulométrie plus fine. Ces auteurs lient ce phénomène à la fixation des particules fines sur les branchies des organismes.

La toxicité des sédiments contaminés prélevés en aval des rejets domestiques et/ ou industriels est généralement élevée. Les sédiments de la station 3 sont les plus toxiques, ce qui peut refléter l'influence de certains caractéristiques des sédiments. En effet, les teneurs élevées en matière organique et en fraction fine favorisent l'adsorption des substances organiques hydrophobes toxiques. Les sédiments de l'Oued Boufekrane testés connaissent également une importante pollution par les métaux lourds. La toxicité observée dans les différents sédiments est en relation directe avec la quantité et la nature des produits chimiques présents dans chaque échantillon et avec le type de sédiments (Giesy & Hoke 1989). Ces tests de toxicité mettent en évidence la sensibilité de *Gammarus gau-*

thieri aux substances toxiques organiques et minérales liées aux sédiments. La comparaison de la sensibilité du test *G. gauthieri* avec celle du test *Daphnia magna* Straus (Fadil 1994), a montré que les deux tests présentent dans tous les cas des réponses similaires. D'autre part, Maarouf (1993) a montré que *Gammarus gauthieri* est plus sensible que *Daphnia magna* vis-à-vis des polluants métalliques et organiques, des effluents industriels et des extraits des sédiments. Des études comparatives conduites par Borgman et al. (1989) ont également montré que les gammars sont aussi sensibles au cadmium que les daphnies et plus sensibles au PCB. Les amphipodes sont particulièrement sensibles aux sédiments très chargés en polluants organiques (Tay et al. 1992).

5. Conclusion

De cette étude on peut conclure que l'utilisation du test *Gammarus gauthieri* pour l'évaluation de la qualité des sédiments des eaux douces est intéressante : c'est une espèce détritivore du milieu aquatique, en contact permanent avec les sédiments ce qui entraîne une exposition maximale aux polluants intégrés à ce compartiment.

G. gauthieri est capable de s'adapter à différents types de sédiments et montre une haute sensibilité vis-à-vis des sédiments contaminés.

Travaux cités

- Al-shukry R., Serpaud B., Matejka G. & Caillet C. 1992. — Pollution métallique des sédiments d'un cours d'eau en aval d'un rejet industriel. *Environ. technol.*, 13 : 141-149.
- A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) 1991. — Standard guide for collection, storage, characterization, and manipulation of sediments for toxicological testing. ASTM Standard NOE1391. ASTM, Philadelphia, PA.
- Borgman U., Ralph K.M. & Norwood W.P. 1989. — Toxicity test procedures for *Hyaella azteca*, and chronic toxicity of cadmium and pentachlorophenol to *H.azteca*, *Gammarus fasciatus*, and *Daphnia magna*. *Arch. environ. contam. toxicol. Chem.*, 18 : 756-764.
- Burton G. A. Jr. 1991. — Assessing the toxicity of freshwater sediments. *Environ. toxicol. chem.*, 10 : 1585-1627.
- Chapman P.M. 1989. — Current approaches to developing sediment quality criteria. *Environ. toxicol. chem.*, 8 : 589-599.
- Dewitt T.H., Ditsworth G.R. & Swartz R.C. 1988. — Effects of natural sediment features on survival of the phoxocephalid amphipod, *Rhepoxynius abronius*. *Mar. environ. res.*, 25 : 99-124.
- Dewitt T.H., Swartz R.S. & Lamberson J.O. 1989. — Measuring the acute toxicity of estuarine sediments. *Environ. toxicol. chem.*, 8 : 1035-1048.
- Fadil F. 1994. — Etude de la toxicité des sédiments et des métaux lourds chez *Gammarus gauthieri* (Crustacé, Amphipode). Optimisation des conditions d'élevage et du test de toxicité. Thèse de 3^{ème} Cycle, Faculté Sciences Meknès (Maroc) : 109 p.
- Giesy J.P. & Hoke R.A. 1989. — Freshwater sediment toxicity bio-assessment : rationale for species selection and test design. *J. Great lakes Res.*, 15 (4) : 539- 569.

- Ingersoll C.G. & Nelson M.N. 1990. - Testing sediment toxicity with *Hyalella azteca* (Amphipoda) and *Chironomus riparius* (Diptera). In : *Aquatic Toxicology and Risk Assessment*, 13th volume , ASTM STP1096, Landis W.G. & Vander Schali W.H. (eds.), American Society for Testing and Materials, Philadelphia : 93-109.
- Karaman G.S. & Pinkster S. 1977. — Freshwater *Gammarus* species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea - Amphipoda). *Bijdr. dierkd.*, 47 (1) : 1-97.
- Lesouef A., Belamie R. & Montiel A. 1979. — Un indicateur de pollution à mémoire, l'analyse des métaux dans les sédiments de rivière. *J. fr. hydrol.*, 10 (30) : 165-172.
- Maarouf A. 1993. — Toxicité létale et bioaccumulation du zinc respectivement chez deux macroinvertébrés d'eau douce : *Gammarus gauthieri* et *Dreissena polymorpha*. Optimisation de deux biotests : test de toxicité létale chez *G. gauthieri* et test de bioaccumulation à moyen terme chez *D. polymorpha*. Thèse d'Etat, Fac. Sc. Meknès (Maroc) : 296p.
- Nelson N.K., Ingersoll C.G. & Dwyer F.J. 1989. — New standard guide for conducting solid-phase sediment toxicity tests with freshwater invertebrates. ASTM. E-4703, Draft (14) : 1-58.
- Pinkster S. 1971. — Members of the *Gammarus pulex* -group (Crustacea - Amphipoda) from North Africa and Spain with description of new species from Morocco. *Bull. Zool. Mus.*, 21 : 45-52
- Schlekat C.E., Mcgee B.L. & Reinhartz E. 1992. — Testing sediment toxicity in Chesapeake bay with the amphipod *Leptocheirus plumulosus* : an evaluation. *Environ.toxicol. chem.*, 11 : 225-236.
- Tay K.L., Doe K.G., Wade S.J., Vaughan D.A., Berrigan R.E. & Moore M.J. 1992. — Sediment bioassessment in Halifax harbour. *Environ. toxicol. chem.*, 11 : 1567-1581.