

LA MOULE *Mytilus galloprovincialis* : BIOINDICATRICE DE POLLUTION MARINE - CAS DU PORT D'ORAN

Reçu le 20-06-2004 – Accepté le 08-04-2007

Résumé

L'analyse de métaux traces (Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, Fe et Mg) sur des échantillons de moules *Mytilus galloprovincialis* prélevées durant les mois de juillet, août et septembre 2000 au niveau du port d'Oran (site pollué) ont montré une variation mensuelle intraspécifique significative des niveaux de contamination, avec un pic de contamination moyenne durant le mois de juillet. Par ailleurs, la comparaison des degrés de pollution en fonction des coefficients de condition des moules a révélé une étroite corrélation en particulier pour le zinc, cadmium et fer. Ceci montre le danger que peut présenter cette zone du littoral algérien en matière de pollution marine et le risque possible sur la santé humaine suite à la consommation des moules contaminées par les métaux lourds vu les teneurs décelées et comparées aux doses maximales admissibles, en particulier pour le plomb.

Mots clés : Moule, *Mytilus galloprovincialis*, métaux lourds, contamination, port d'Oran, concentration

Abstract

Analysis of heavy metals (Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, Fe and Mg) in samples of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected during August, July and September 2000 from Oran harbour (polluted site) showed a significant monthly intraspecific variation of the levels of contamination, with a peak of average contamination in July. In addition, comparison of the degrees of pollution according to the mussel coefficients of condition revealed a narrow correlation in particular for zinc, cadmium and iron. This shows the threat in this area of the Algerian coast in terms of marine pollution and its impact, and the risk to human health arising from consumption of heavy metals-polluted mussels by taking into consideration the detected concentrations of these pollutants if compared with the permissible maximum amounts, particularly for lead.

Key words: Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, heavy metals, contamination, Oran harbour, concentration.

M. Z. TALEB
Z. BOUTIBA

Réseau de Surveillance
Environnementale.
Département de Biologie,
Faculté des Sciences,
Université d'Oran Es-Sénia,
Oran, ALGERIE.

ملخص

بين تحليل المعادن (Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, Fe, Mg) في عينات الرخويات من *Mytilus galloprovincialis* جمعت خلال شهور جويلية، أوت وسبتمبر 1999 على مستوى ميناء وهران (مكان ملوث)، تغير شهري متميز ما بين الأفراد لمستويات التلوث مع أعلى معدل العدوى في شهر جويلية، أظهرت من جهة أخرى مقارنة درجات التلوث بدلالة معامل البدنة لهذه الرخويات ارتباط قوي بين Zn, Cd, Fe. يبين ما سبق خطر هذه المنطقة من الساحل الجزائري في ميدان التلوث البحري والخطورة الممكنة على الصحة البشرية عند أكل هذه الفواكه البحرية الملوثة بالمعادن الثقيلة نظرا للتركيزات المقدرة إذا قورنت مع التركيزات القصوى المقبولة وخاصة فيما يخص الرصاص.

الكلمات المفتاحية: رخويات، *Mytilus galloprovincialis*، المعادن الثقيلة، التلوث، ميناء وهران، تركيز

Les multiples activités humaines occasionnent des rejets de substances chimiques vers le milieu aquatique terrestre ou marin. Ces rejets sont de nature et d'origine variées qu'ils soient diffus comme les eaux de ruissellement des zones urbanisées et des zones rurales, les retombées atmosphériques ou au contraire collectées comme les émissaires des eaux usées urbaines et des effluents industriels. L'ensemble de ces apports contaminants toxiques peut constituer une menace pour l'équilibre des écosystèmes aquatiques [1, 2, 3, 4], et pour la santé de l'Homme [5, 6, 7, 8] si l'on tient compte des ressources en eau destinées à la consommation humaine et de la salubrité chimique et microbiologique des espèces consommables, pêchées ou collectées du milieu aquatique.

La mer est l'exutoire principal des effluents de la ville d'Oran [9, 10]. Il en résulte une contamination certaine des eaux dans le port comme au voisinage de celui-ci. Les conséquences de cette pollution peuvent être néfastes sachant qu'il existe à proximité des points de déversement des activités de pêche et de ramassage de coquillages même si celles-ci restent limitées et périodiques, d'où l'intérêt porté à l'évaluation du niveau de contamination par certains métaux lourds toxiques de la moule *Mytilus galloprovincialis* du port d'Oran.

Les moules sont largement considérées comme de bons indicateurs de la contamination du milieu marin dans lequel elles vivent, puisqu'elles possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ce milieu jusqu'à atteindre un équilibre avec lui. Ce phénomène de bioaccumulation est à l'origine d'un facteur de concentration entre le milieu et l'organisme pouvant être très élevé, par exemple, une concentration en cadmium dissous de 150 ng/l peut impliquer une teneur dans les moules de 10 ng/kg par rapport au poids sec. Le facteur d'accumulation est donc ici d'environ 13000 [11].

La moule qui filtre en continu l'eau de mer pour se nourrir et respirer concentre des quantités énormes d'éléments traces si l'eau est polluée, par contre, elle "relargue" ces éléments si elle se trouve dans une eau propre. Cette biologie particulière désigne cet organisme comme un témoin irréfutable de la pollution marine locale au même titre que certains organismes planctoniques de mers [12].

MATERIEL ET METHODES

1. Choix et intérêt du matériel biologique

L'étude des perturbations éco-biologiques peut être utilisée avec profit pour caractériser la nature et le degré de l'altération du milieu et des organismes, d'où le concept d'indicateur biologique qui s'impose.

Dans cette optique, notre choix s'est porté sur l'espèce de Moule *Mytilus galloprovincialis* collectée dans le port d'Oran.

Les moules, comme les huîtres et les oursins sont des indicateurs biologiques, capables de renseigner sur l'identité et la quantité biodisponible dans l'environnement, de substances polluantes, tels que les métaux lourds [13].

Le dosage de ces métaux traces ou mieux encore, de ces matières polluantes permet d'estimer le degré de contamination de l'environnement.

De plus, la contamination de ce mollusque par les métaux lourds, soulève un problème sanitaire majeur lié directement à leur consommateur.

2. Choix du site d'échantillonnage :

Le choix du site de prélèvement des échantillons s'est reposé, d'une part, sur la facilité d'accès et l'abondance de l'espèce, afin de pouvoir disposer d'un lot suffisant en provenance du même site pendant toute la durée de ce travail sans risque d'épuiser la ressource et d'autre part, sur sa proximité des sources de pollution en particulier l'émissaire principal des eaux usées de la ville d'Oran.

Tous les échantillons de moules proviennent du port d'Oran, en aval de la jetée.

3. Traitement des échantillons :

L'échantillonnage s'est étalé sur une période de trois mois (juillet, août et septembre) de l'année 2000.

La collecte des moules s'est effectuée de 0 à 10 m de profondeur.

Dans le cadre de cette étude, nous avons pris en compte quelques caractéristiques du matériel biologique : taille, poids, teneur en eau, coefficient de condition, ...

4. Analyse chimique :

La minéralisation est effectuée suivant la méthode de ANDRE [14] où 0,5 g de poids sec d'échantillon provenant de l'homogénéat de toute la partie molle de la moule est mis dans un ballon, additionné d'acide nitrique est porté à une température de 95°C pendant une heure sous un reflux d'eau. Cette minéralisation met uniquement en solution les substances minérales (les métaux lourds, en l'occurrence). Après arrêt du chauffage et refroidissent, le contenu du ballon est ajusté par ajout de l'eau bidistillée. La solution obtenue est dosée directement par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme.

Cette minéralisation des échantillons est accompagnée, d'une part, par celle des blancs, constitués de solutions contenant le réactif de minéralisation (acide nitrique) et subissant les mêmes conditions expérimentales que l'échantillon, et d'autre part, par des séries d'échantillons d'intercalibration sur un matériel biologique standard de Thon de Méditerranée, fourni par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A) et codé 350, nous permettant, ainsi de définir les coefficients de variation pour chacun des métaux recherchés et contrôler la justesse et la précision du protocole analytique.

Le choix de ces métaux étant dicté et limité par les contingences matérielles qui nous étaient imposées.

Avec la collaboration du laboratoire de contrôle de la Raffinerie d'Arzew (NAFTEC), il a été utilisé un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique avec Flamme F.E.S : SP 9 de type Pye-UNICAM avec calculateur intégré pour le traitement des résultats et muni d'une imprimante où sont enregistrées l'absorbance et la concentration respectives (exprimées en ppm).

5. Traitements statistiques :

Les analyses statistiques ont été effectuées sur PC à l'aide du logiciel STATISTICA Ver. 5.0 (Microsoft Co.).

L'analyse de la variance a été utilisée car son grand intérêt pratique permet de tester l'homogénéité des concentrations en métaux lourds des échantillons classés en fonction des mois. Ainsi, ce test fournit la conclusion où les séries expérimentales testées (trois mois) ont conduit à des moyennes significativement différentes sans que la variabilité soit affectée d'une manière appréciable, statistiquement parlant à un seuil de probabilité (p) inférieur à 5% ($p < 0,05$).

Par ailleurs, les résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique de corrélation des rangés de Spearman afin de vérifier la significativité de la relation entre le coefficient de condition de *M. galloprovincialis* et sa contamination métallique.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Variation mensuelle de la contamination

Tous les polluants métalliques recherchés : zinc (Zn), cuivre (Cu), plomb (Pb), cadmium (Cd), fer (Fe), nickel (Ni) et magnésium (Mg) sont présents dans les échantillons étudiés de *Mytilus galloprovincialis* provenant du port d'Oran à des concentrations très hétérogènes.

Les résultats relatifs aux variations mensuelles des concentrations (ppm poids sec) des différents métaux lourds de *M. galloprovincialis* permettent de faire le constat suivant :

1.1. Zinc :

Les teneurs moyennes les plus élevées de la contamination s'observent pendant le mois de juillet avec 31,19 ppm.

1.2. Cuivre :

La variation mensuelle de cette forme de contamination est caractérisée par une augmentation significative ($p < 0,05$) de juillet à août et de juillet à septembre.

1.3. Plomb :

La contamination moyenne se trouve élevée pendant le mois de août avec une concentration moyenne égale à 1,86 ppm, significativement plus élevée ($p < 0,05$) en août par rapport à juillet et septembre par rapport à juillet.

1.4. Cadmium :

Les valeurs moyennes de la contamination cadmique montrent une diminution significative ($p < 0,05$) de juillet à août, et de juillet à septembre.

1.5. Fer :

L'analyse des variances des concentrations moyennes mensuelles en fer montre une augmentation significative ($p < 0,05$) de juillet à septembre.

1.6. Nickel :

La concentration moyenne maximale est enregistrée pendant le mois de septembre avec 1,86 ppm et celle minimale est notée durant le mois de juillet (1,47 ppm), avec une différence significative ($p < 0,05$) entre juillet et septembre.

1.7. Magnésium :

La partie molle de *Mytilus galloprovincialis* enregistre une teneur moyenne significativement élevée pendant le mois de juillet (217,47 ppm) par rapport aux autres mois.

UYSAL [15] note que la contamination de *M. galloprovincialis* par les différents métaux lourds tels que cuivre, zinc, plomb, fer, cadmium et manganèse change en fonction des saisons, l'hiver reste ainsi la saison où les concentrations sont très basses, en raison des fortes gradients courantologiques hivernaux entraînant une meilleure dispersion des éléments polluants, par contre celles les plus élevées sont enregistrées pendant l'été.

2. Variation de la contamination par rapport au coefficient de condition

Les comparaisons des niveaux d'accumulation des métaux lourds dans la partie molle de la moule *Mytilus galloprovincialis* durant les trois mois d'échantillonnage par rapport au coefficient de condition où ce dernier nous renseigne sur l'état physiologique de la moule (reproduction, croissance et excrétion) nous ont permis de montrer l'existence d'une corrélation inversement proportionnelle entre la bioconcentration de ces polluants et le coefficient de condition, en particulier pour le zinc, cadmium et fer (Tableau 1).

Tableau 1 : Niveau de significativité des corrélations entre les coefficients de conditions de *Mytilus galloprovincialis* du port Oran et leur contamination par les métaux lourds.

	Zn	Cu	Pb	Cd	Fe	Ni	Mg
Juillet	0,06	-0,03	0,31	0,48	0,04	-0,23	-0,05
Août	-0,35 ¹	-0,19	0,08	-0,57 ²	-0,64 ²	-0,01	-0,26
Septembre	-0,35 ¹	0,28	-0,13	0,58	-0,06	-0,09	-0,03

1: $0,01 < p < 0,05$, 2: $0,001 < p < 0,05$

Ce constat confirme l'effet du zinc au niveau des organes des animaux marins, caractérisé par certaines perturbations telles que des changements morphologiques, des troubles de reproduction et métaboliques [16] ainsi que des inhibitions de croissance [17].

Néanmoins, la tolérance à une telle forme de pollution par la moule a été attribuée à la présence de métallothionéine, protéine intervenant dans les processus de stockage, bioaccumulation, transport et de détoxification (immobilisation des métaux lourds sous forme non toxique à l'intérieur de la cellule) [18].

L'examen global des résultats montre que les concentrations des différents métaux traces étudiés chez *Mytilus galloprovincialis* sont très importantes et très hétérogènes. Ceci peut être expliqué par sa nature sédentaire ainsi que son mode de nutrition par filtration enterrant une accumulation maximale d'éléments dangereux.

Il est à noter que les cinq métaux pris en compte dans cette étude et pour cet Invertébré marin sont classés parmi les éléments les plus toxiques pour la faune et la flore aquatiques [19].

Les fortes teneurs en polluants métalliques décelées dans nos échantillons s'expliquent principalement par la charge polluante charriée par les principaux rejets anthropogéniques côtiers de l'agglomération oranaise correspondant aux émissaires des eaux usées des Genêts à l'est (Latitude N 35° 42' 963'', Longitude E 000° 37' 266'') et ceux de Fort Lamoune à l'ouest (Latitude N 35° 37' 954', Longitude W 000° 39' 332'') du port d'Oran sans aucun traitement préalable, sachant que la plupart des stations d'épuration des eaux usées réalisées en Algérie entre 1970 à 1990 sont à l'arrêt [20]. De plus, cette position du littoral occidental algérien reste aussi sous l'influence directe du trafic maritime. Cette circonstance conduit à incriminer les peintures anti-salissures (peintures anti-fouling) qui couvrent les coques des embarcations, et qui par phénomène de la lixiviation des couches de ces peintures entraîne la libération de différents métaux toxiques [21].

3. Comparaison des niveaux de contamination :

La contamination métallique de *M. galloprovincialis* dans certaines régions de Méditerranée a montré une importante hétérogénéité des concentrations. Ainsi, les taux de ces polluants relevés chez ce Mollusque au niveau de cette frange côtière algérienne sont relativement moins importants que ceux des moules provenant des côtes françaises méditerranéennes (Marseille, Toulon, golfe de Fos, Cannes à Menton, Corse est, Corse ouest, Roussillon et Languedoc) où les teneurs en cadmium enregistrées par le Réseau National d'Observation (RNO) en 1995 [11] varient de 0,30 à 2,28 ppm (P.S).

Pour le plomb, la teneur relevée chez *M.galloprovincialis* de la baie d'Oran (1,48 ppm P.S) est nettement inférieure aux valeurs indiquées par le RNO [11] au niveau de la baie de Marseille (4,86 ppm P.S), Toulon (8,91 ppm P.S), Corse ouest (4,48 ppm P.S) et Roussillon (3,00 ppm P.S) et par contre, elle dépasse de loin celle trouvée dans le golfe de Fos, environ trente fois plus élevée (0,05 ppm P.S) [22], et environ deux fois et demi plus élevée par rapport à celle enregistrée au niveau de Corse est (0,63 ppm P.S) [11].

Les teneurs moyennes en zinc et cuivre au niveau de nos échantillons sont respectivement de 26,61 et 1,16 ppm (P.S) présentant une très faible teneur par rapport à celles rencontrées chez *M. galloprovincialis* du golfe de Fos (zinc: 145,3 ppm P.S et cuivre: 4,5 ppm P.S) [22].

4. Consommation de la moule et son impact sur la santé humaine :

Tenant compte de la demande accrue de ce Mollusque à Oran pendant la saison estivale et se basant sur nos concentrations enregistrées pour les métaux lourds et les Doses Maximales Admissibles (D.M.A) pour certains métaux lourds (Tableau 2), l'évaluation du danger encouru

par l'homme, consommateur de ce "fruit de mer" est telle qu'elle :

- Les concentrations moyennes en cuivre et cadmium relevées respectivement chez *M. galloprovincialis* ne sont pas toxiques pour l'homme du moment que les D.M.A. sont respectivement de l'ordre de 40 et 5 mg/kg pour ces invertébrés marins, alors que le plomb enregistre une concentration assez importante comparées à celle relevées dans les aliments (0,03 à 0,05 ppm) et dépassant de loin la limite inférieure pour les poissons (0,3 à 6 ppm).
- D'après AUBERT *et al.* [23] [24], l'homme peut tolérer de fortes concentrations de ces métaux, cela peut être lié à leur rôle d'oligo-éléments essentiels dans la vie. Toutefois, comme l'indiquent ces mêmes auteurs, la plupart des métaux lourds, essentiels ou non, sont potentiellement toxiques pour la vie.
- Ce constat ne diminue en rien le risque potentiel encouru par l'homme à moyen et long termes si des contrôles fiables de la salubrité des produits de la mer ne sont pas exigés avant et pendant leur commercialisation, tenant compte des concentrations plombiques enregistrées au niveau de la moule qui demeurent alarmantes pour la santé humaine.

Tableau 2 : Concentrations métalliques moyennes chez *Mytilus galloprovincialis*, doses maximales admissibles (ppm P.S) et doses toxiques pour l'homme [25].

	Groupe	Cadmiu m	Cuivre	Plomb
Port d'Oran (Présent travail)	Mollusque (<i>Mytilus galloprovin cialis</i>)	0,12	1,16	1,48
Doses maximales admissibles (D.M.A)	Mollusques	5	40	
	Crustacés	5	40	0,03 ppm ^b
	Poissons	1	5	0,3 - 6 ppm
	Aliments	5 ppm ^{c,d}		0,03 - 0,05 ^b
Doses toxiques pour l'homme		30 mg sont toxiques ^a	2,5 g sont mortels	Inf. à 1 mg/jour

a : Groupe interministériel des problèmes de pollution de la mer (G.I.P.M.),197

b : Société des experts chimistes (C.N.R.S.), 1971

c : O.M.S., 1971

d : F.A.O., 1971

CONCLUSION

Les résultats obtenus à l'issue de ce travail confirment l'intérêt d'utiliser la moule comme Bioindicateur de la pollution en raison de son pouvoir élevé de concentrer les polluants tels que les métaux lourds.

Nos analyses montrent le danger que peut présenter cette partie du littoral oranais en matière de pollution métallique et le risque encouru par l'homme, consommateur de ces fruits de mer vus les teneurs décelées en ces métaux traces et comparées aux doses maximales admissibles, en particulier pour le plomb.

Bien qu'il aurait été délicat de tenter une étude comparative stricte entre nos résultats et ceux issus de la littérature, compte tenu de la variabilité de plusieurs paramètres (origine géographique, méthode d'échantillonnage, protocole de dosage, variation temporelle,...), nous pouvons constater que, globalement, que les niveaux décelés dans nos échantillons de *M. galloprovincialis* occupent un seuil non négligeable par rapport à ceux des moules dans d'autres régions méditerranéennes.

Il ressort de cette étude que les teneurs en métaux traces des moules du port d'Oran, restent importantes, ce qui reflète le degré de pollution de nos côtes et de nos ressources aquatiques.

Sur le plan de nuisances, cette situation laisse entrevoir que l'évolution actuelle risque de porter préjudice aux ressources biologiques d'intérêt commercial, et porter atteinte aux jouissances des espaces de la mer et du littoral. La pollution marine avec toutes ses formes constitue une menace de dépeuplement de l'écosystème marin. Il devient urgent d'envisager une prise en charge de l'ensemble des questions scientifiques liées aux ressources marines et leurs impacts sur la santé publique. Une priorité devrait être accordée au recensement de toutes les sources de pollution connues et nouvellement créées affectant la bande côtière, la réalisation de stations de traitement des eaux usées spécialisées en fonction de la nature du rejet, qu'il soit urbain, domestique, industriel, ou mixte, la réhabilitation des stations de traitement des eaux usées non fonctionnelles, ainsi que la mise en place d'un Réseau de Biosurveillance des impacts de la pollution le long de la côte algérienne et à différents niveaux d'organisation écologique.

REFERENCES

- [1]- BOUTIBA, Z., TALEB, M. Z., BOUDERBALA, M. et ABDELGHANI, F., 1996 – La pollution : menace sur le peuplement marin en Méditerranée. 3^{ème} Colloque national Climat - Environnement «L'environnement côtier» (ARCE), 16-17 décembre 1996, Oran : 15 p.
- [2]- TALEB, M. Z., 1997- Pollution par les organochlorés. Cas de la contamination des cétacés odontocètes du littoral ouest algérien. *Mém. Magister*, Univ. Oran : 189 p.
- [3]- BOUTIBA, Z., 1998 - Biodiversité marine en Méditerranée du Sud-Ouest. *Revue Internationale Medondes*. Edit. PNUE; No37 : 14-15.
- [4]- TALEB, M. Z. et BOUTIBA, Z., 1999 - The Organochlorine compounds: Threat to the Cetaceans of the Algerian waters. 13th Annual Conference of the European Cetacean Society, 5-8 April 1999 (Valencia, Spain) : 6 p.
- [5]- BOUTIBA, Z., BENDIMERAD, M. A., TALEB, M. Z., BOUDERBALA, M. et ABDELGHANI, F., 1996 – Recherche sur la pollution marine du littoral ouest algérien : Teneurs en métaux lourds de l'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*, Lmk). IV^{èmes} Journées Nationales d'Enseignement Post universitaire en Pharmacie. Palais de la culture, Oran, 2-3 juin 1996 : 6 p.
- [6]- BOUTIBA, Z., TALEB, M. Z. et ABDELGHANI, F., 1996 – Teneurs en organochlorés chez la bogue (*Boops boops*, Lmk) pêchée dans la baie d'Oran. *Edil inf-eau* 1996 : 4 p.
- [7]- BRAHIM TAZI, A. et BOUTIBA, Z., 1998 - Teneurs en composés organochlorés (PCB, DDT et Lindane) chez la sardine (*Sardina pilchardus*) pêchée dans le golfe d'Oran. 3^{èmes} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer, 20-23 Nov. 1998 (Bizerte, Tunisie) : 5 p.
- [8]- DERMECHE, S. et BOUTIBA, Z., 1998 - L'oursin commun (*Paracentrotus lividus*): bioindicateur de pollution métallique dans le golfe d'Arzew. 3^{èmes} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer, 20-23 Nov. 1998 (Bizerte, Tunisie) : 4 p.
- [9]- TALEB, M. Z. et BOUTIBA, Z., 1996 – La santé de la Méditerranée : cas du littoral ouest algérien. 3^{ème} Colloque National Climat - Environnement «L'environnement côtier» (ARCE), 16-17 décembre 1996, Oran : 9 p.
- [10]- SOGREAH INGENIERIE, 1998 – Etude de l'assainissement du groupement urbain d'Oran - Mission A : Actualisation du plan directeur d'assainissement PDAA. Agence Nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement (AGEP), Opération n° ND 5342126384502, juillet 1998.
- [11]- RNO, 1995 – Surveillance du milieu marin. Travaux du Réseau National d'Observation. Edition 1995. Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement., IFREMER (France).
- [12]- ROMEO, M., GNASSIA-BARELLI, M & CARRE. C., 1987- Trace metals: Cd, Cu, Pb and Zn in gelatinous macroplankton from the northwestern Méditerranéan. *Wat. Res.* 21(10) : 1287-1292.
- [13]- AOUEMEUR, R., 1990 - Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat*, I.S.M.A.L. (Alger): 62 p.
- [14]- ANDRE, J. M., 1988 - Recherche en écotoxicologie marine sur la contamination des Delphinidés par les micropolluants. Métaux traces et composés organochlorés. *Thèse Doct.* Bordeaux : 282 p.
- [15]- UYSAL, H., 1981 - Levels of trace elements in some food chain organisms from the Aegean coasts. *V^{es}*

- Journées Etud. Pollution*, Cagliari, C.I.E.S.M : 503-512.
- [16]- VIALE, D., 1977 - Ecologie des Cétacés en Méditerranée nord-occidentale, leur réaction à la pollution marine par les métaux lourds. *Thèse Doct. d'Etat*. Univ. Paris VI, Multigr. : 312 p.
- [17]- SCHENC, R. C., 1984 - Copper deficiency and toxicity in *Gonyaulox tamarensis*. *Mar. Biol. Lett.*, 5: 13-19.
- [18]- COOMBS, T. L., 1977 - Uptake and storage mechanisms of heavy metals in marine organisms. *Proc. Analyst. Div. Chem. Soc.* : 219-222.
- [19]- VICENTE, N., CHARBERT, D et ESCOUBET, P., 1978 - Contamination de mollusques méditerranéens par un métal lourd : le plomb. *Téthys*, 8 (4), 1976 (1978) : 345-355.
- [20]- BENTIR, M., 1996 - L'épuration des eaux usées urbaines en Algérie : Etat actuel et perspectif. *Edil. Inf-eau*, trimestre n° 11, juin 1996 : 4-6.
- [21]- AUGIER, H., PARK, W. & RAMONDA, G., 1992 - Study of geographical and seasonal metal content variation in different parts of the edible sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lmk), from three provençal Tet Areas: 75-89.
- [22]- AUGIER, H., 1987 - Bioindicateurs et indicateurs biologico-chimiques en pollution marine. *Acte 8^{ème} Colloque. Intern. Océanogr. Medic*, 9-12 act. 1985, Nice, *Rev. Intern. Océanogr. Medic.* : 85-86, 147-50.
- [23]- AUBERT, M., REVILLON, P., BREITTMYER, J. P., GAUTHIER, M., AUBERT, J. & FLATAN, G., 1982 - Métaux lourds en Méditerranée. *Rev. Inter. Océanogr. Méd.*, Nice, 3 : 118-121.
- [24]- AUBERT, M., REVILLON, P., BREITTMYER, J. P., GAUTHIER, M., AUBERT, J. & FLATAN, G., 1983 - Métaux lourds en Méditerranée. 3e Tome. *Rev. Inter. Océanogr. Méd.*, Fr. : 28-29 - 1-371.
- [25]- AUGIER, H., 1988 - Menaces sur les populations d'oursins, *Océanorama*, 12 : 32-38.