

M. GNASSIA-BARELLI\*, M. ROMEO\*, A. MATHIEU\*\*, A. ROMANA\*\*\*  
et M. LAFAURIE\*\*

Nurit KRESS and Hava HORNUNG

\*INSERM U.303 "Mer et Santé", VILLEFRANCHE-SUR-MER (France)

\*\*Laboratoire de Biotransformation et Cancérogénèse, Faculté de Médecine, NICE (France)

\*\*\*FREMER, Centre de Toulon, LA SEYNE-SUR-MER (France)

National Institute of Oceanography, Israel Oceanographic & Limnological Research,  
Tel-Shikmona, HAIFA (Israel)

On sait que les métaux lourds peuvent perturber l'homéostasie calcique chez les mammifères et les poissons. De plus, VIARENGO *et al.* (1988) ont montré que la concentration en calcium total augmentait de manière significative dans la glande digestive de moules exposées aux polluants aussi bien en mer que dans des mésocosmes, contaminés par un mélange de cuivre et d'huile diesel. REGOLI *et al.* (1991) ont observé une augmentation nette de la concentration en calcium total dans la glande digestive et les branchies de moules au cours d'expériences d'accumulation, en conditions contrôlées, de cuivre et de cadmium.

Dans ce travail, nous avons recherché les concentrations en métaux traces (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) et en calcium total dans les branchies de deux poissons : le rouget de vase, *Mullus barbatus*, et le serran, *Serranus cabrilla*. Nous avons choisi d'effectuer ces analyses sur les branchies du fait de l'importance de ces organes (respiration et échanges ioniques), de plus, les branchies sont en contact direct avec le milieu environnant. Les poissons ont été prélevés dans la crique de Cortiou où se déversent, après traitement, les eaux usées provenant de l'émissaire de la ville de Marseille (débit 3 à 4 m<sup>3</sup>/s). Les prélèvements ont été effectués en mars 1991 à partir du N/O Roselys par chalut, de deux manières: soit parallèlement à la côte (intégrant toute la colonne d'eau entre 80 et 20 m) à 0,4 mille de la côte (TR1) et 0,1 mille de la côte (TR2), soit perpendiculairement à la côte en suivant les isobathes à -30m, -40 m, -50 m, -60 m et -70 m. Les poissons ont été disséqués à bord et les branchies séparées et rincées soigneusement avec une solution de glycine 1 M et TrisHCl 10 mM. Le rinçage des branchies avec cette solution, qui a la même osmolarité que celle de l'eau de mer, permet l'élimination du calcium de l'eau de mer. Les échantillons ont été ensuite lyophilisés et minéralisés par attaque acide. Les analyses de calcium, fer, manganèse et zinc ont été effectuées par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme et celles de cadmium et de cuivre par absorption atomique en four.

Les tableaux 1 et 2 donnent les concentrations en métaux traces et en calcium dans les branchies de *Serranus cabrilla* et de *Mullus barbatus*, respectivement (moyennes des concentrations en métaux de 5 échantillons ± 1 écart-type). Les animaux pris dans la crique de Cortiou sont caractérisés par des concentrations très variables en métaux traces avec des écarts-types sur la moyenne parfois supérieurs aux valeurs moyennes. Les concentrations en calcium, en revanche, sont moins variables.

Les branchies de *Serranus cabrilla* (tableau 1) présentent des concentrations moyennes plus fortes en fer, et à un moindre degré en calcium aux stations (TR1 et TR2, prélèvement parallèle à la côte) qu'aux stations qui suivent les isobathes.

Pour les branchies de *Mullus barbatus* (tableau 2), le même phénomène est observé et est significatif. En effet, les concentrations moyennes en calcium, fer et manganèse dans les branchies de ce poisson pêché aux stations TR1 et TR2 sont supérieures (test t significatif à p<0,01 pour Ca et Fe et p<0,05 pour Mn) à celles trouvées aux autres stations.

Tableau 1: Concentrations en Ca (mg/g), en métaux traces (en µg/g et en ng/g pour Cd) et poids (en g) des branchies de *Serranus cabrilla*.

Station	Poids	Ca	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn
- 30 m	45±15	65±8	19±10	57±94	190±25	14±4	101±63
- 40 m	52±08	70±8	57±49	20±14	161±41	8±2	123±59
- 50 m	55±07	64±6	110±172	26±35	144±14	8±2	103±59
- 70 m	57±21	70±7	62±55	22±16	207±37	8±2	82±19
TR1	41±10	76±8	63±46	24±27	246±87	10±2	102±24
TR2	66±09	73±13	20±11	12±6	275±111	10±5	71±7

Tableau 2: Concentrations en Ca (mg/g), en métaux traces (en µg/g et en ng/g pour Cd) et poids (en g) des branchies de *Mullus barbatus*.

Station	Poids	Ca	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn
- 50 m	49±06	37±2	12±9	43±18	172±14	10±1	94±11
- 60 m	43±06	32±2	106±22	38±21	207±29	9±2	83±15
- 70 m	39±09	36±4	129±148	60±59	195±31	10±2	100±26
TR1	50±23	55±12	60±37	38±41	397±174	17±5	95±17
TR2	42±06	51±12	282±272	33±3	442±176	18±11	96±16

Pour *Serranus cabrilla*, nous comparons ces résultats à ceux obtenus en différents points de Méditerranée Nord-Occidentale (n = 47). Dans ce cas, les branchies ont des concentrations en Ca (76 ± 28 mg/g), Cd, Fe, Mn et Zn qui ne sont pas significativement différentes de celles obtenues à l'émissaire de Cortiou. En revanche, les concentrations en Cu sont beaucoup plus fortes dans les échantillons de Cortiou que dans ceux provenant d'autres points (5,3 ± 2,3 µg Cu/g).

Pour *Mullus barbatus*, la comparaison a pu être faite grâce à des résultats acquis sur des prélèvements (n = 7) effectués en zone côtière près de Banyuls-sur-mer, les concentrations en Ca sont de 43 ± 8 mg/g, en Fe de 295 ± 123 µg/g et en Cu de 3,6 ± 0,7 µg/g. On constate que les concentrations en Ca et en Fe ne sont pas significativement différentes de celles observées aux stations TR1 et TR2. Les concentrations en Cu sont plus faibles que celles trouvées dans tous les cas à Cortiou.

En conclusion, dans la zone de Cortiou on remarque que de nombreux échantillons de *Serranus cabrilla* et de *Mullus barbatus* ont des concentrations élevées en Cu dans leurs branchies, ce qui semblerait indiquer une pollution globale en Cu par rapport à d'autres sites méditerranéens. De plus, on constate dans cette zone une corrélation entre les concentrations en Ca et en Fe dans les branchies de *Mullus barbatus*, (r = 0.716; n = 25). Dans le cas du poisson *Mullus barbatus*, qui vit dans la vase, les concentrations en calcium total des branchies pourraient donc servir d'indicateur précoce de pollution. Par contre, pour *Serranus cabrilla*, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence.

REFERENCES

REGOLI F., ORLANDO E., MAURI M., NIGRO M., ALFINITO-COGNETTI G. 1991. - Heavy metal accumulation and calcium content in the bivalve *Donacilla cornea*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 74: 219-224.  
VIARENGO A., MANCINELLI G., MARTINO G., PERTICA M., CANESI L., MAZZUCOTELLI G., 1988. - Integrated stress indices in heavy metal contamination: their application in a field study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 4: 65-70.

Monitoring studies designated to study the influence of waste disposal operations to the marine environment emphasize the benthic compartment of the ecosystem (sediments and fauna), known to be the ultimate sink of contaminants introduced into it.

Within the framework of monitoring studies conducted in deep sea locations (~ 1,500 m depth) off the Israeli coast, heavy metal contents were determined in sediments and benthic fauna, collected during 1987-1991. The species chosen to serve as indicators were: Crustaceans: *Polycheles typhlops* (n=77), *Acantheephyra eximia* (n=23) and *Aristeus antennatus* (n=23); Fish: *Bathypterois mediterraneus* (n = 8) and *Nezumia sclerorhynchus* (n = 15). The species were chosen based on relative abundance, i.e. presence in almost every haul, and on the representation of different phyla.

Metal concentrations

The concentrations of two non essential metals, mercury and cadmium, and four essential elements: copper, zinc, iron and manganese, were determined in the representative species. Whole specimens were digested with concentrated nitric acid in high pressure decomposition vessels and the metals determined by flame atomic absorption spectroscopy with the exception of mercury, which was determined by cold vapour atomic spectroscopy.

The order of metal concentrations found in the crustaceans was: Fe > Cu > Zn > Mn > Cd > Hg, while in the benthic fish the order was different: Fe > Zn > Mn > Cu > Hg > Cd.

In fish, the level of zinc ranged from 5-12 µg/g wet weight, while copper ranged from 0.5-1.2 µg/g. In the crustaceans, the level of zinc was similar to that of the benthic fish, while copper concentrations were much higher, ranging between 10 and 130 µg/g wet weight. The differences in copper contents could be attributed to different metabolic processes occurring in crustaceans and fish.

The concentrations of the two non essential metals, mercury and cadmium, found in the crustaceans and benthic fish were much higher than the concentrations found in shallow water species. The crustaceans contained more cadmium than mercury (0.01-2.0 and 0.005-0.3 µg/g wet weight, respectively), while the benthic fish contained mercury ranging from close to the detection limit (0.005 µg/g wet weight) to 1 µg/g wet weight. The high natural concentrations of these two non essential metals in deep sea fauna are not related to the contents of the metals in the sediments (average of 0.01 ppm mercury and 0.12 ppm cadmium; KRESS *et al.*, 1992), and must be a result of the diet and physiological metal regulation of each species. Indeed, it has been found before (FOWLER, 1986) that deep sea pelagic and benthic species in the eastern Mediterranean contain relatively high concentrations of cadmium and mercury.

Manganese concentration in fish ranged between 1-5 µg/g wet weight, while in crustaceans, higher concentrations were observed (1-15 µg/g wet weight). Iron in fish and in the crustaceans *Acantheephyra eximia* and *Aristeus antennatus* ranged between 10-250 µg/g wet weight. The determination of iron concentrations in the crustacean *Polycheles typhlops* posed serious problems. This species is known to live in the sediment, and it was very difficult to eliminate all sediment particles from the animal before analysis, causing a bias in the iron concentration (average iron concentration in the sediments is 6.0%; KRESS *et al.*, 1992).

Size effects

The dependence of metal concentration on size of the animal must be taken into account when establishing baseline levels (RIDOUT *et al.*, 1989). No size effects were detected for all metals in *Polycheles typhlops*. Cd, Fe, Zn and Mn show a log normal distribution with mean concentrations of 0.45, 282, 13 and 10 µg/g wet weight, respectively. Copper shows a bimodal frequency distribution with means at 10 and 56 µg/g wet weight (Fig. 1). Hg concentrations were low and close to the detection limit.

In *Acantheephyra eximia*, a marked negative dependence was found between Cd and Zn and weight of the whole animal (r = -0.60 and -0.61, respectively), while no relationship was observed for Hg, Cu or Mn (Fig. 2). No definite relationship was found between metal concentration and weight for *Aristeus antennatus*. Cu and Zn showed slightly negative dependence on weight. In the benthic fish, a linear relationship exists between Hg and Fe and weight (n=23, r=0.52 and 0.55, respectively). Zn shows a slight negative correlation with weight (n=24), and Cu and Mn concentrations are independent of weight. Cd concentrations were close to the detection limit.

The study of heavy metal concentrations in deep sea fauna, as well as any other constituents, is hindered by sampling time constraints, low abundance of the fauna and the need to analyze a large enough sample in order to filter out the natural variability. The information collected during this study will serve as a baseline for the pristine conditions and will be used for future research on the influence of waste disposal operations in the area.

Acknowledgements

This study was funded by the Israel Electricity Company and Haifa Chemical Industries.

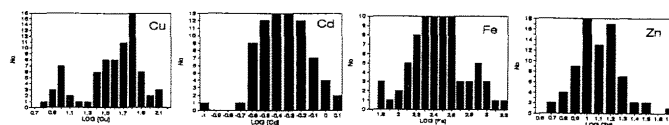


Figure 1: Frequency distribution for the log of observed concentration in *Polycheles typhlops*

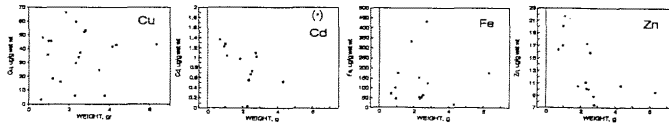


Figure 2: Relations between metal concentration and fresh weight in *Acantheephyra eximia*

REFERENCES

FOWLER S.W., 1986. - Trace metal monitoring of pelagic organisms from the open Mediterranean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment* 7: 59-78.  
KRESS N., GALIL B. and HORNUNG H., 1992. - Monitoring the influence of industrial sludge on the marine environment. *Israel Oceanogr. Limnol. Res.*, Haifa, Rep. H7/92, 12 pp. (in Hebrew).  
RIDOUT P.S., RAINBOW P.S., ROE H.S.J. and JONES H.R., 1989. - Concentrations of V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, As and Cd in mesopelagic crustaceans from the Northeast Atlantic Ocean. *Mar. Biol.* 100: 465-471.