



## **CONTAMINATION METALLIQUE DE *PAGELLUS ACARNE*, *SARDINA PILCHARDUS* ET *DIPODUS VULGARIS* DE LA COTE ATLANTIQUE SUD (MAROC)**

***EL MORHIT M.<sup>1\*</sup>, BELGHITY D.<sup>2</sup>, EL MORHIT A.<sup>3</sup>***

<sup>1,2</sup>Laboratoire de biologie et santé, Equipe de l'environnement et parasitologie. UFR doctorale, eaux usées et santé, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, 14000 Kénitra, Maroc.

<sup>3</sup>Laboratoire de biotechnologie environnement et qualité. UFR: Chimie appliquée et contrôle de qualité. Département de chimie. Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP 133, 14000 Kénitra, Maroc.

morhit\_med@yahoo.fr

### **RÉSUMÉ**

Les eaux côtières peuvent agir comme des pépinières pour les différentes espèces de poissons et ont été reconnues comme des habitats essentiels du poisson. Nous avons étudié les concentrations des métaux lourds dans trois espèces de poissons (*Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* et *Diplodus vulgaris*) comme un indicateur de la qualité de l'environnement. L'étude a eu lieu le long de la côte atlantique sud du Maroc.

Pour les poissons étudiés, les différentes teneurs des métaux (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) ont été mesurées dans les branchies, le foie et les muscles. Des concentrations des ETM la plus élevées ont été obtenues chez *Diplodus vulgaris* et la plus faible notées chez *Pagellus acarne* qui est compatible avec leur habitat et l'alimentation. Bien que nos résultats ne soient pas mis en évidence les niveaux de pollution appréciable dans la zone d'étude, entre les sites des différences significatives ont été obtenus dans le muscle et sont généralement d'accord avec les facteurs environnementaux connus. Dans notre étude, les teneurs des ETM dans les muscles de ces poissons ne dépassent pas les normes recommandées par la communauté européenne.

**Mots clés :** Métal ; Contamination ; Poisson ; Côte Atlantique ; Maroc

## ABSTRACT

Coastal waters can act as nurseries for different species of fish and have been recognized as essential fish habitat. We have studied the concentrations of heavy metals in three species of fish (*Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* and *Diplodus vulgaris*) as an indicator of environmental quality. The study took place along the Atlantic coast south of Morocco.

For fish studied, the different levels of metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) were measured in the gills, liver and muscles. Concentrations of the ETM higher were obtained from *Diplodus vulgaris* and the lowest recorded at *Pagellus acarne* which is compatible with their habitat and food. Although our results are not highlighted pollution levels appreciably in the study area, between sites significant differences were found in the muscle and are generally in agreement with environmental factors known. In our study, the levels of ETM in the muscles of these fish do not exceed the standards recommended by the European community

**Keywords:** Metals, Contamination, Fish, Atlantic Coast, Morocco.

## INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques sont souvent plus susceptibles d'être polluées par des métaux lourds, une détérioration générale de ces écosystèmes a été identifiée dans les dernières décennies (Tahiri et al., 2005; Dehn et al., 2006; Sivaperumal et al., 2007). Les organismes aquatiques, y compris les poissons sont constamment exposés à des produits chimiques tels que les métaux lourds dans des eaux polluées (Aurélien, 2004). Les poissons sont largement utilisés comme espèces sentinelles de la contamination dans le milieu aquatique. Les poissons sont une partie importante de l'alimentation humaine et il n'est donc pas surprenant que de nombreuses études ont été menées sur la pollution par les métaux chez différentes espèces de poissons comestibles (Prudente et al., 1997; Kucuksegin et al., 2001; Lewis et al., 2002). Généralement, l'analyse des concentrations des métaux lourds dans les tissus de poissons doit prendre en compte l'influence possible des variables telles que la taille corporelle, l'âge et la saison (Rotchell et al., 2001).

L'objectif de cette étude est de déterminer les niveaux des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) dans les branchies, le foie et les muscles dans trois espèces de poissons de la zone côtière de l'atlantique sud du Maroc afin d'évaluer les tendances spatiales de la qualité de l'habitat du poisson. Le Cd, Pb, Cr, et Cu sont choisis pour leur toxicité alors que Fe, Zn, Mn et Ni choisis comme ils sont vitaux pour la croissance des poissons. Les poissons analysés peuvent être particulièrement sensibles à la pollution et à la dégradation de

l'habitat, car elles résident dans les sédiments, où les contaminants chimiques s'accumulent.

## MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, les poissons étudiés (*Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* et *Diplodus vulgaris*) ont été prélevées (Figure 1) en janvier, mars et juin 2005 dans la côte atlantique sud (Maroc). Les espèces de poissons (n=91) ont été mesurées par des méthodes standard employées en ichtyologie (la longueur, le poids et la détermination de l'âge ont été mesurées par des balances).

Les prélèvements des échantillons des branchies, du foie et du muscle ont été conservés à  $-18^{\circ}\text{C}$ . Pour l'analyse, deux grammes de chaque échantillon de tissus ont été dissous dans une solution de l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 1$ ) à  $130^{\circ}\text{C}$  pour 2 heures.

Des particules non dissoutes ont été filtrées et diluées par la solution de 25 ml. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre PERKIN ELMER 3 100 au Laboratoire d'Ecotoxicologie de l'Institut National d'Hygiène de Rabat (Auger, 1989).

Les teneurs des métaux lourds dans les muscles présentées en mg/kg du poids frais sont comparées aux règlements européens. Les valeurs acceptables dans l'alimentation humaine sont les suivantes (en mg/kg du poids frais) : Pb=0,5 et Cd=0,1 (C.E., 2002). La variabilité des teneurs métalliques est étudiée par une analyse de variance (test ANOVA). La comparaison multiple des moyennes de chaque élément métallique ainsi que leur classement est réalisée par le test Friedman, chaque fois que l'analyse de variance révèle des différences significatives.

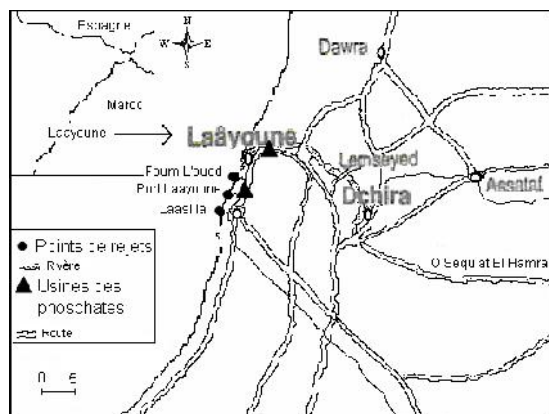





Figure 1 : Stations d'étude sur la carte de la région de la côte atlantique sud du Maroc

## RESULTATS

Les caractéristiques biométriques (longueur standard, poids et âge) des espèces de poissons analysées sont présentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1 :** Caractéristiques biométriques des espèces de poissons étudiés.

Espèces	n	Age	Longueur Standard (mm)		Poids (g)		Photos d'espèces étudiées
			Moyenne ±écart-type	min-max	Moyenne ±écart-type	Min -max	
<i>Pagellus acarne</i>	30	3-6	132,9 ±29,81	100-250	116,06 ±37,10	68-185	
<i>Sardina pilchardus</i>	35	2-9	150,97 ±34,15	150-200	126,42 ±19,87	94-150	
<i>Diplodus vulgaris</i>	26	3-7	220,96 ±23,77	180-250	392,34 ±152,91	150-640	

91 espèces de poissons ont été analysées avec une longueur moyenne variant de 132,9 mm à 220 mm et un poids de 116,06 g à 392,34 g (Tableau 1).

Les concentrations des métaux Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn analysées dans les organes de poissons dans les stations sont présentées dans les Tableaux 2, 3 et 4.

**Tableau 2 :** Teneurs moyennes des métaux lourds analysées dans les branchies des espèces de poissons étudiés (en mg/kg du poids frais).

		n	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>Foum l'Oned</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,32 ±0,22	0,12 ±0,02	0,96 ±0,15	44,29 ±1,74	3,27 ±0,47	2,58 ±0,40	0,03 ±0,03	33,33 ±3,21
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,13 ±0,03	0,09 ±0,03	0,93 ±0,55	33,91± 3,26	7,46 ±0,93	1,86 ±0,20	0,09 ±0,02	97,33 ±28,36
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,25 ±0,03	0,15 ±0,04	0,5 ±0,29	54,64± 1,71	1,89 ±0,65	1,99 ±0,27	0,34 ±0,32	128 ±51,11
<b>Port Laayoune</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,33 ±0,13	0,05 ±0,05	0,73 ±0,35	43,27 ±1,57	1,97 ±0,11	2,58 ±1,29	0,03 ±0,03	36,33 ±9,86
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,15 ±0,04	0,06 ±0,03	0,75 ±0,51	38,39 ±4,13	4,40 ±1,67	2,06 ±0,92	0,05 ±0,05	70 ±37,58
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,20 ±0,01	0,14 ±0,07	1,29 ±0,49	58,30 ±1,02	1,67 ±0,12	2,53 ±0,49	0,06 ±0,07	74 ±24,06
<b>Laâsilia</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,25 ±0,13	0,05 ±0,01	0,10 ±0,01	42,03 ±0,79	2,63 ±1,36	3,04 ±0,84	0,026 ±0,025	22,33 ±3,05
	<i>Sardina pilchardus</i>	15	0,08 ±0,01	0,02 ±0,02	0,31 ±0,07	33,42 ±0,95	4,45 ±0,43	0,63 ±0,41	0,04 ±0,02	66 ±22,51
	<i>Diplodus vulgaris</i>	12	0,17 ±0,02	0,01 ±0,01	0,48 ±0,35	54,21 ±1,13	1,27 ±0,43	1,8 ±0,36	0,10 ±0,06	81,33 ±13,42
<b>Moyenne</b>			<b>0,20</b>	<b>0,07</b>	<b>0,67</b>	<b>44,71</b>	<b>3,22</b>	<b>2,12</b>	<b>0,08</b>	<b>67,63</b>

**Tableau 3 :** Teneurs moyennes des métaux lourds analysées dans le **foie** des poissons étudiés (en mg/kg du poids frais).

		n	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>Foum l'Oued</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,30 ±0,05	0,18 ±0,09	2,86 ±1,21	74,05 ±3,45	1,07 ±0,06	2,06 ±0,46	0,12 ±0,03	52 ±1
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,14 ±0,11	0,10 ±0,04	6,38 ±0,28	116,94 ±2,53	0,20 ±0,08	1,40 ±0,34	0,27±0,07	32,66 ±20,01
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,22 ±0,02	0,12 ±0,05	3,47 ±1,81	87,61 ±3,50	0,24 ±0,11	1,66 ±0,65	0,21 ±0,05	54,66 ±2,51
<b>Port laayoune</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,29 ±0,04	0,12 ±0,10	3,92 ±0,59	74,59 ±3,58	1,40 ±0,39	1,9 ±0,51	0,15 ±0,02	64 ±39,50
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,11 ±0,01	0,05 ±0,06	4,39 ±2,24	118,07 ±1,45	0,23 ±0,193	1,53 ±0,54	0,21 ±0,14	30 ±11,13
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,16 ±0,02	0,14 ±0,05	3,60 ±0,97	87,09 ±1,00	0,23 ±0,11	2,36 ±0,64	0,29 ±0,06	58,66 ±7,50
<b>Laasilia</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,17 ±0,02	0,04 ±0,03	2,45 ±0,45	72,41 ±0,51	1,15 ±0,14	0,83 ±0,49	0,03 ±0,02	38,33 ±11,01
	<i>Sardina pilchardus</i>	15	0,05± 0,02	0,01 ±0,01	4,70 ±1,32	116,88 ±1,03	0,16 ±0,15	0,97 ±0,79	0,12 ±0,03	40 ±33,06
	<i>Diplodus vulgaris</i>	12	0,19 ±0,002	0,008 ±0,004	2,86 ±0,16	85,14 ±1,04	0,33 ±0,29	1,63 ±0,46	0,15 ±0,04	44,33 ±5,03
<b>Moyenne</b>			<b>0,18</b>	<b>0,08</b>	<b>3,85</b>	<b>92,54</b>	<b>0,56</b>	<b>1,59</b>	<b>0,17</b>	<b>46,07</b>

**Tableau 4 :** Teneurs moyennes des métaux lourds analysées dans les **muscles** des espèces de poissons étudiés (en mg/kg du poids frais).

		n	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>Foum l'Oued</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,11 ±0,01	0,01 ±0,003	0,55 ±0,63	6,29 ±0,59	0,13 ±0,08	2,36 ±0,70	0,004 ±0,0005	18,33 ±3,78
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,13 ±0,09	0,007 ±0,004	0,36 ±0,55	14,26 ±1,49	0,12 ±0,05	2,1 ±0,7	0,004 ±0,003	9,30 ±2,95
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,06 ±0,07	0,016 ±0,002	0,42 ±0,38	2,92 ±0,95	0,42 ±0,54	1,66 ±0,49	0,038 ±0,037	105 ±5
<b>Port laayoune</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,11 ±0,003	0,04 ±0,02	0,79 ±0,59	5,36 ±1,47	0,16 ±0,04	1,53 ±0,55	0,005 ±0,002	14 ±2,64
	<i>Sardina pilchardus</i>	10	0,12 ±0,01	0,008 ±0,01	0,74 ±0,52	13,57 ±1,64	0,07 ±0,02	1,5 ±0,26	0,004 ±0,001	5,04 ±0,60
	<i>Diplodus vulgaris</i>	7	0,11 ±0,02	0,02 ±0,01	0,50 ±0,30	3,60 ±0,46	0,08 ±0,10	1,93 ±0,80	0,01 ±0,001	117,33 ±26,72
<b>Laassilia</b>	<i>Pagellus acarne</i>	10	0,10 ±0,04	0,008 ±0,01	0,205 ±0,069	4,36 ±1,16	0,14 ±0,05	1,5 ±0,51	0,001 ±0,001	12,33 ±4,16
	<i>Sardina pilchardus</i>	15	0,03 ±0,02	0,003 ±0,002	0,094 ±0,05	12,47 ±0,70	0,05 ±0,02	1,5 ±0,52	0,002 ±0,001	5,15 ±1,40
	<i>Diplodus vulgaris</i>	12	0,09 ±0,08	0,01 ±0,009	0,158 ±0,079	3,44 ±1,07	0,13 ±0,05	1,4 ±0,17	0,007 ±0,005	77,66 ±21,22
<b>Moyenne</b>			<b>0,09</b>	<b>0,01</b>	<b>0,11</b>	<b>7,36</b>	<b>0,14</b>	<b>1,72</b>	<b>0,008</b>	<b>40,46</b>

Compte tenu de toutes les espèces de poissons dans les stations étudiées, les concentrations moyennes dans les branchies, le foie et les muscles sont, respectivement, 0,20 ; 0,18 et 0,09 pour Cd, 0,07 ; 0,08 et 0,01 pour Cr, 0,67 ; 3,85 et 0,42 pour Cu, 44,70 ; 92,54 et 7,36 pour Fe, 3,22 ; 0,55 et 0,14 pour Mn, 2,10 ; 1,56 et 1,72 pour Ni, 0,08 ; 0,17 et 0,008 pour Pb et 67,63 ; 46,07 et 40,46

pour Zn exprimées en mg/g du poids frais. Les teneurs des ETM dans les branchies et le foie sont plus élevées que celles dans les muscles (Tableaux 2, 3 et 4). Les concentrations en Cu sont plus élevées dans le foie (3,85 mg/kg du poids frais) en comparant avec celles dans les branchies (0,67 mg/kg du poids frais) et les muscles (0,11 mg/kg du poids frais).

Nous avons constaté des différences significatives dans les concentrations des métaux dans les branchies entre les espèces étudiées pour Cd/(Fe, Mn, Ni, Zn) ; Cr/(Cu, Fe ; Mn, Ni, Zn) ; Cu/(Fe, Pb, Zn, Cr) ; Fe/(Ni, Pb, Cd, Cr, Cu) ; Mn/(Pb, Zn, Cd, Cr) ; Ni/(Pb, Zn, Cd, Cr, Fe) ; Pb/(Zn, Cu, Fe, Mn, Ni) (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Dans le foie, toutefois, des différences significative apparaissent pour Cd/(Cu, Fe, Ni, Zn) ; Cr/(Cu, Fe, Ni, Zn) ; Cu/(Fe, Mn, Pb, Cd, Cr) ; Fe/(Mn, Ni, Pb, Cd, Cr, Cu) ; Mn/(Zn, Cu, Fe) ; Ni/(Pb, Zn, Cd, Cr, Fe) ; Pb/(Zn, Cu, Fe, Ni) (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Concernant le muscle, une grande différence significatives a été enregistrée pour Cd/(Fe, Ni, Pb, Zn) ; Cr/(Cu, Fe, Ni, Zn) ; Cu/(Fe, Pb, Zn, Cr) ; Fe/(Mn, Pb, Cd, Cr, Cu) ; Mn/(Ni, Pb, Zn, Fe) ; Ni/(Pb, Cd, Cr, Mn) ; Pb/(Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni) ; Zn/(Cd, Cr, Cu, Mn, Pb) (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

L'un des objectifs de cette étude est de comparer les teneurs des métaux dans les stations d'études. Toutefois, des études antérieures ont indiqué que la taille et l'âge des poissons pourraient avoir une influence sur les concentrations des contaminants dans les différents tissus de poissons indépendamment exposés aux polluants (Stronkhorst, 1985 ; Cossa et al., 1992 ; Evans et al., 1993 ; Kress et al., 1999). Ainsi, nous montrons pour chaque espèce de poisson la corrélation entre la taille et l'élément métallique. Les figures 2, 3 et 4 montrent la corrélation entre les concentrations en métal et la taille chez *Pagellus acarne*. Dans la plupart des cas, une corrélation linéaire a été détectée. Pour toutes les espèces, aucune corrélation significative n'a été obtenue entre les concentrations en métal dans les branchies, le foie, les muscles et la taille de chaque espèce de poisson. Une diminution significative a été trouvée dans les branchies pour les concentrations en Zn, Cr et Cu, dans le foie pour Cd, Cu, Mn et Ni et dans les muscles pour Fe, Pb et Zn avec l'augmentation de la longueur des espèces étudiées. Cependant, chez l'espèce (*Pagellus acarne*) des corrélations négatives ont été obtenues dans les branchies entre Zn/Ni ( $r^2 = -0,78$ ). Alors que dans le foie, de fortes corrélations ont été notées entre Ni/Cd ( $r^2 = 0,84$ ) Pb/Cd ( $r^2 = 0,83$ ) Pb/Ni ( $r^2 = 0,90$ ) et pour les muscles entre Pb/Fe ( $r^2 = 0,72$ ).



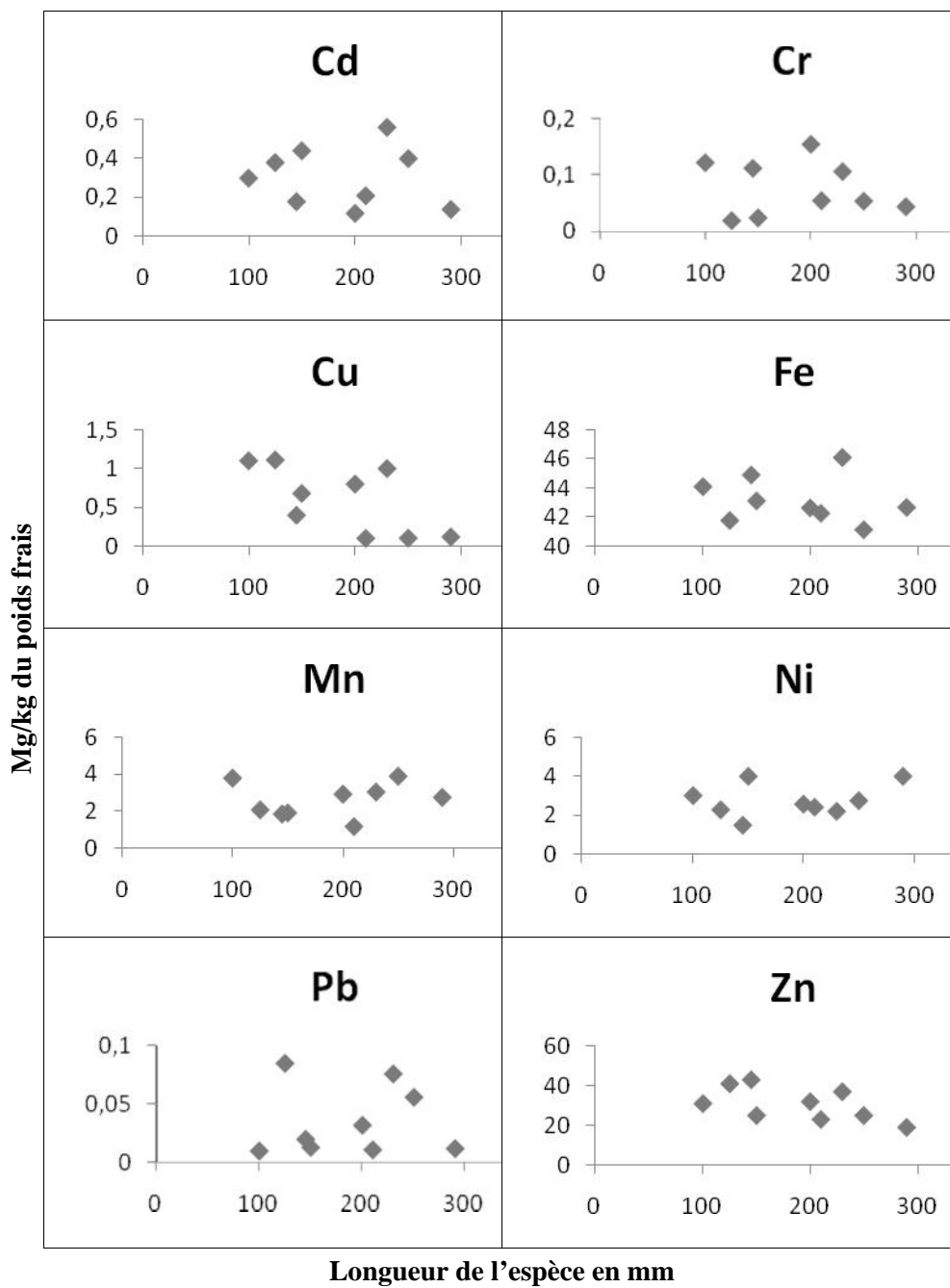
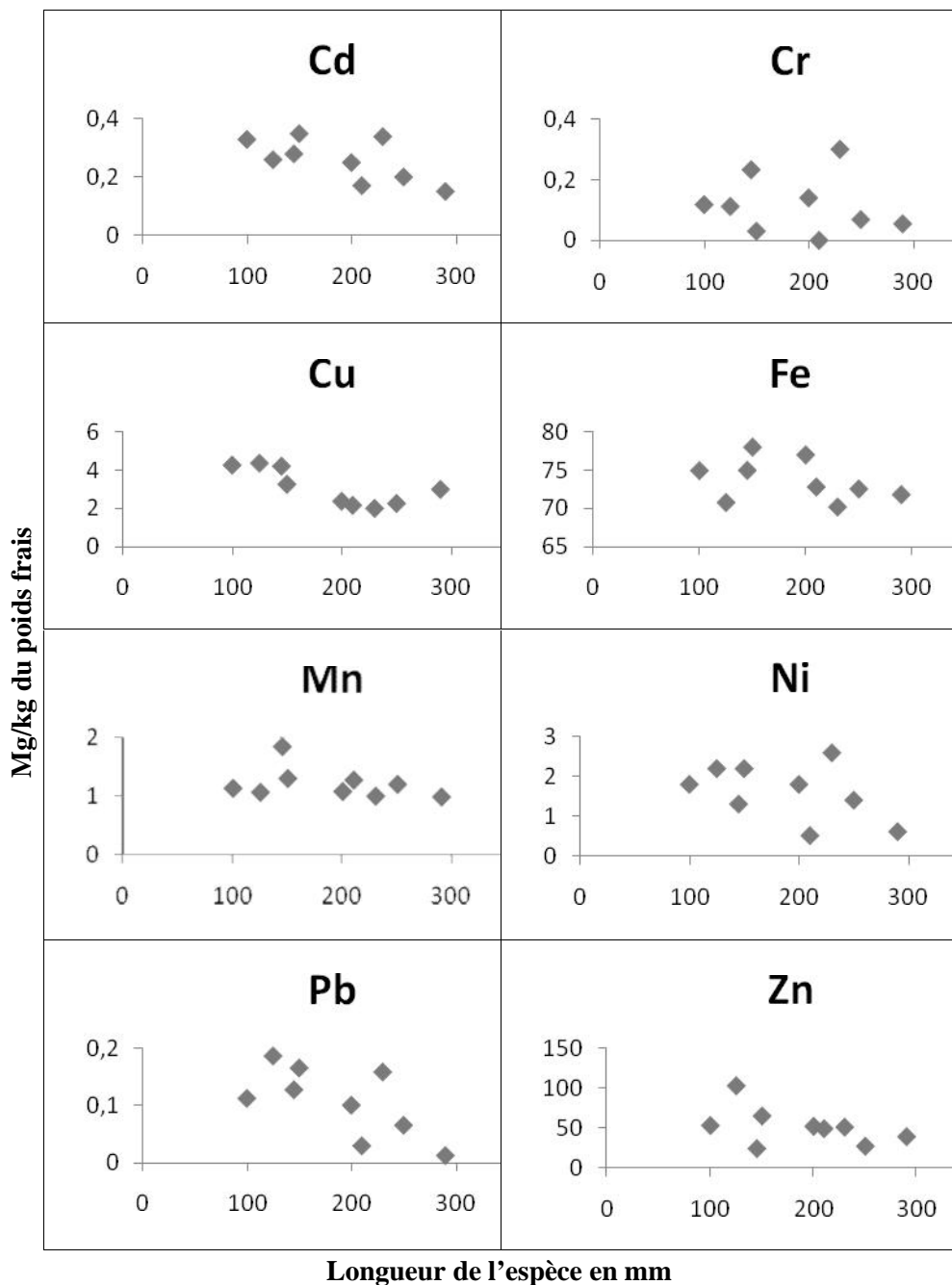


Figure 2 : Concentrations des ETM dans les branchies exprimées en mg/kg du poids frais et la taille (mm) de l'espèce de poisson *Pagellus acarne*



**Figure 3 :** Concentrations des ETM dans le foie exprimées en mg/kg du poids frais et la taille (mm) de l'espèce de poisson *Pagellus acarne*

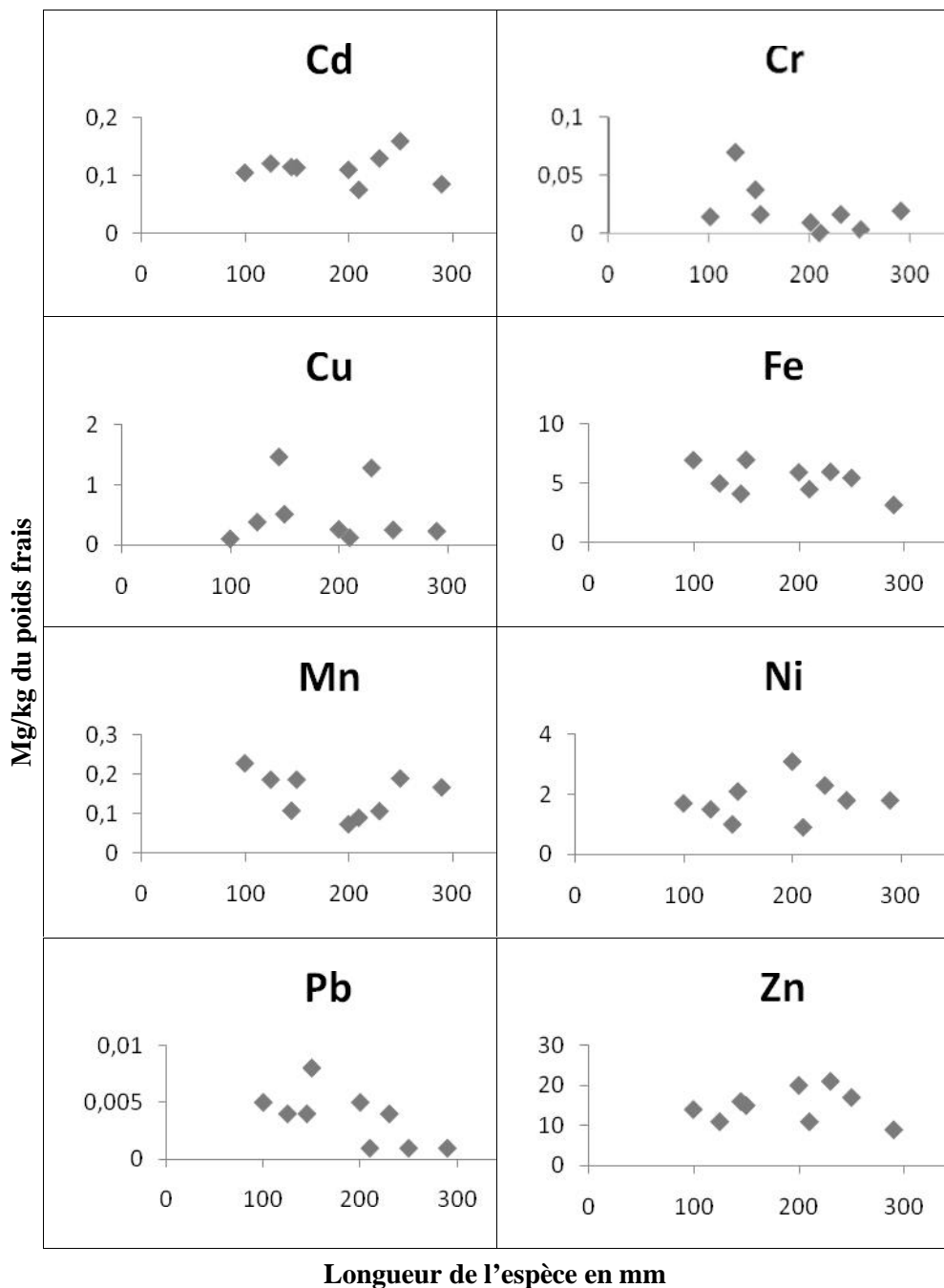


Figure 4 : Concentrations des ETM dans les muscles exprimées en mg/kg du poids frais et la taille (mm) de l'espèce de poisson *Pagellus acarne*

Le nombre de poissons prélevé de *Diplodus vulgaris* (n=26) est insuffisant pour permettre une bonne analyse entre les stations. Toutefois, lorsque le nombre de poissons est suffisant, des différences significatives ont été notées dans les muscles avec des teneurs élevées dans la station Port Laâyoune et Foum l'oued (Tableau 4). Cette observation a été confirmée pour *Pagellus acarne* dont le nombre est de 30 individus analysés.

## DISCUSSION

La corrélation entre les concentrations du métal et la taille de l'espèce dépend de plusieurs facteurs, tel que (i) le métabolisme du métal spécifique dans les poissons et le type de tissu considéré, (ii) la concurrence entre les effets du vieillissement et la croissance tissulaire et (iii) la disponibilité du métal dans l'environnement (Evans et al., 1993).

En conséquence, le programme de surveillance limite l'échantillonnage des espèces pour la taille des poissons sur une gamme limitée afin de permettre une comparaison plus facile entre les différentes stations.

Quelle que soit l'espèce, dans la présente étude, les concentrations des métaux analysées dans les organes étudiés ne montrent aucune corrélation significative avec la longueur des poissons (Henry et al., 2004). Cependant, des légères diminutions ont été enregistrées entre les concentrations en Zn, Cr et Cu dans les branchies, Cd, Cu, Mn et Ni dans le foie et Fe, Pb et Zn dans les muscles avec l'augmentation de la longueur des espèces étudiées. Des concentrations faibles des métaux dans les tissus de poissons ont été observées dans plusieurs autres études (Cossa et al., 1992; Amundsen et al., 1997). Des concentrations des métaux plus élevées présentes chez les jeunes espèces reflètent généralement du temps court de l'accumulation de ces métaux dans les poissons, combiné avec le taux plus élevé de métabolisme par rapport aux organismes adultes (Cossa et al., 1992). Bien que la teneur en métal dans le poisson soit généralement spécifique à une espèce (Gaspic et al., 2002), aucune variation importante des concentrations des métaux n'a été observée entre les branchies et le foie pour les poissons étudiés. En revanche, pour les muscles, des différences significatives ont été mentionnées entre les teneurs du Zn et du Pb, avec des concentrations plus élevées ont été obtenues chez *Diplodus vulgaris* (117,33 et 0,01 mg/kg du poids frais, respectivement) et des valeurs plus faibles enregistrées chez *Pagellus acarne* (12,33 et 0,001 mg/kg du poids frais, respectivement). Les différences des concentrations métalliques entre les espèces peuvent être liées à l'habitat, la mobilité du poisson, l'alimentation, ou à d'autres caractéristiques du comportement. *Diplodus vulgaris* est une espèce démersale littorale, de fonds rocheux ou sableux jusqu'à 200 m de profondeur ; les jeunes vivent sur les fonds d'herbiers. Alors que *Pagellus acarne* est une espèce démersale de fonds variés, surtout sable, sable vaseux et herbiers à

posidonies, jusqu'à 500 m de profondeur, commune entre 40 à 180 m. Les jeunes sont plus côtiers (Rome, 1998).

Comme dans d'autres études (Henry et al., 2004), nous avons observé des teneurs plus élevées des métaux dans les branchies et le foie que celles dans les muscles. Les différences des concentrations sont dues au moins à un ordre de grandeur et proviennent des différences dans les fonctions physiologiques des branchies, foie et muscle. Ainsi, les branchies sont des organes externes en contact direct avec l'eau et jouent un rôle primordial dans les phénomènes respiratoires chez les poissons. En cas de pollution, les processus respiratoires risquent d'être perturbés (Fekhaoui, 1983). Le foie est souvent recommandé comme un organe cible lors du contrôle des concentrations en métaux dans les milieux aquatiques. Cependant, le muscle est généralement analysé car c'est la partie principale du poisson consommée par les humains et est impliquée dans les risques sanitaires. La communauté européenne a proposé des valeurs limites des concentrations de métaux dans les muscles de poissons mais seulement pour les métaux non essentiels (Cd, Pb et Hg). Les valeurs sont exprimées en mg/kg du poids frais. En effet, 0,1 pour le Cd et 0,5 pour le Pb (C.E., 2002). Dans l'ensemble, les teneurs en Cd (0,09) et Pb (0,009) dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les normes recommandées par la CE. Bien que les muscles de poissons soient la partie la plus importante consommée par l'homme, le foie du poisson peut également être consommé dans une certaine mesure.

Les résultats de la présente étude ne montrent aucun signe de pollution appréciable de la côte atlantique sud du Maroc. Les concentrations des métaux dans les poissons prélevés dans cette région sont similaires ou inférieures à celles rapportées par les études précédentes réalisées dans les eaux côtières, estuaires nationaux et internationaux (Tableau 5).

**Tableau 5 :** Concentrations des ETM dans les branchies, le foie et les muscles exprimées en mg/kg du poids frais rapportées par les littératures.

Localités	Espèces	Organes	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Références
Estern aegean sea Turkey	<i>Pageilus erythrinus</i>	Muscle	1,7	nd	152	nd	nd	nd	71	3384	Eluturhan et al., 2007
		Foie	1,1	nd	101	nd	nd	nd	136	29,46	
Iskender bay, Turkey	<i>Mugil cephalus</i>	Muscle	nd	nd	nd	58,97	nd	0,83	4,16	21,37	Yilmaz 2002
	<i>Trachurus mediterraneus</i>		nd	1,03	1,98	29,10	nd	0,32	0,71	8,99	
Estuaire de Sebou	<i>Salmo gaidneri</i>	Branchies	nd	nd	7	nd	nd	nd	Nd	253	Fekhaoui 1983
		Foie	nd	nd	646	nd	nd	nd	nd	114	
Mediterranean sea Turkey	<i>Sparus auratus</i>	Branchies	1,79	3,31	5,02	152,91	nd	nd	13,31	63,10	Canti et al., 2002
	<i>Atherina hepsetus</i>		1,85	14,74	14,64	793,73	nd	nd	12,37	85,51	
	<i>Mugil cephalus</i>		2,08	4,85	13,48	275,67	nd	nd	8,95	71,21	
	<i>Sardina pilchardus</i>		1,56	7,58	8,99	227,42	nd	nd	8,99	101,85	
	<i>Sparus auratus</i>	Muscle	0,37	1,24	2,84	19,60	nd	nd	5,54	26,66	
	<i>Atherina hepsetus</i>		0,37	2,21	4,00	78,40	nd	nd	6,12	24,34	
	<i>Mugil cephalus</i>		0,66	1,56	4,41	38,71	nd	nd	5,32	37,39	
	<i>Sardina pilchardus</i>		0,55	2,22	4,17	39,60	nd	nd	5,57	34,58	

Généralement, les différences des concentrations en métal entre les espèces étudiées sont plus évidentes dans le foie. Cependant, entre les stations étudiées,

les différences se trouvent principalement dans les muscles, bien que les concentrations de métaux dans notre étude soient faibles. Néanmoins, lorsque les différences existent dans les branchies et le foie (par exemple, pour le Cd et le Pb), ils sont également présents dans les muscles. Cela peut être expliqué par la relation positive entre la teneur en métaux dans les branchies, le foie et le muscle. Les muscles semblent être plus sensibles aux conditions environnementales. Même si la sensibilité aux métaux semble être variable pour les différents éléments métalliques dans les différentes espèces de poissons étudiés.

La comparaison des ETM entre les stations étudiées révèle des variations importantes. En effet, dans la station de Port Laâyoune, des teneurs plus faibles en Mn (1,97 mg/kg du poids frais) et Ni (2,58 mg/kg du poids frais) ont été obtenues dans les branchies de *Pagellus acarne* par comparaison avec celles trouvées dans la station Fom l'oued Mn (3,27 mg/kg du poids frais) et Ni (2,59 mg/kg du poids frais) et Laâsilia Mn (2,63 mg/kg du poids frais) et Ni (3,04 mg/kg du poids frais). Contrairement à ces éléments essentiels, pour les éléments non essentiels des différences sont moins importantes. Des concentrations plus faibles en Cr (0,010) et Pb (0,007) ont été trouvées dans les muscles de *Diplodus vulgaris* dans la station Laâsilia en comparaison avec celles notées dans le Port Laâyoune où les teneurs enregistrées en Cr et Pb (0,020 ; 0,010 en mg/ kg du poids frais respectivement) et Fom l'oued (0,016 ; 0,038 en mg/ kg du poids frais respectivement).

Nos résultats indiquent que les concentrations des métaux les plus élevées sont généralement trouvées dans les poissons prélevés de Fom l'oued. Cependant, dans cette étude, les concentrations en Cd dans Laâsilia (0,14 mg/kg du poids frais) sont plus faibles que celles observées dans la station Port (0,17 mg/kg du poids frais) et Fom l'oued (0,18 mg/kg du poids frais). En outre, les concentrations des autres éléments étudiés dans les poissons prélevés dans la station Laâsilia sont semblables ou inférieurs à ceux trouvés dans le poisson provenant de la station où la contamination est d'origine anthropique. Cela peut être expliqué par le fait que les poissons n'ont pas été prélevés dans le littoral, mais en pleine baie qui est exposée à la haute hydrodynamique.

## CONCLUSION

L'étude de la contamination de la faune ichthyologique de la côte atlantique sud par les divers métaux (Fe, Cu, Cr, Pb, Mn, Zn, Cd et Ni), par l'analyse et le suivi de 8 éléments dans les trois organes de poissons (branchies, foie et muscle) par rapport à la station de prélèvement, témoignent de la présence des micropolluants chez les poissons prélevés.

Toutefois, la taille et l'âge des poissons pourraient avoir une influence sur les concentrations des contaminants dans les différents tissus de poissons

indépendamment exposés aux polluants.

La comparaison des teneurs enregistrées dans ces espèces de poisson étudiées montre que les teneurs en oligo-éléments (Fe, Zn, Cu, Mn et Ni) sont plus élevées par rapport à celles des éléments toxiques (Cr, Pb et Cd). Ceci est typiquement lié à leur toxicité.

Nos résultats toxicologiques prouvent que les teneurs des différents métaux lourds dans les 3 espèces de poissons (PA, SP et DV) sont très faibles, et elles ne dépassent pas les normes fixées par la CE. Toutefois nous affirmons qu'il n'existe aucun risque de toxicité pour la santé humaine et, par conséquent les ressources halieutiques de la côte atlantique sud du Maroc se prêtent bien à la consommation. Chez ces 3 espèces étudiées (PA, SP et DV), le Pb, le Cr et le Cd sont abondants dans le foie et les muscles. Ce sont des métaux non essentiels qui ne font pas l'objet de régulation, leur concentration augmente dans les tissus en fonction des teneurs du milieu. Mais le site de stockage essentiel à long terme est le tissu osseux pour le Pb, et pour Cr et Cd c'est le tissu musculaire et nerveux.

## REMERCIEMENTS

*Les auteurs remercient le laboratoire de biologie et santé, Equipe de l'environnement et parasitologie, projet SVS 18/99. UFR doctorale, eaux usées et santé, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, 14000 Kénitra, Maroc. au sein duquel ont pu être effectuées toutes les analyses physico-chimiques et celles des métaux rapportés à cette étude.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMUNDSEN P.A., STALDVIK F.J., LUKIN A.A., KASHULIN N.A., POPOVA O.A. & RESHETNIKOV Y.S. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Sci Total Environ.*, 201, 211–24.
- AURELIE, D. (2004). Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Ecole nationale du génie rurale, des eaux et des forêts. Montpellier, 269 p.
- AUGER D. (1989). ‘‘Méthode du dosage du cadmium, du cuivre, du plomb et du zinc dans les milieux biologiques’’. *Rapp.* Direction environnement recherches océaniques (DERO) 07-MB.
- C.E. (2002). Communautés Européennes numéro 221/2002 de la commission du 6 février 2002. Portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, 37/4, 37/5 et 37/6.



- COSSA D., AUGER D., AVERTY B., LUCON M., MASSELIN P., NOEL J. (1992). Flounder (*Plattichthys flesus*) muscle as an indicator of metal and organochlorine contamination of French Atlantic Coastal waters. *Ambio.*, 21,176–82.
- DEHN L.A., FOLLMANN E.H., THOMAS D.L., SHEFFIELD G.G., ROSA C., DUFFY L.K., O'HARA T.M. (2006). Trophic relationships in an Arctic food web and implications for trace metal transfer. *Science of The Total Environment*, 362 (1), 103–123.
- EVANS D.W., DODOO D.K., HANSON P.J. (1993). Trace element concentrations in fish livers: implications of variations with fish size in pollution monitoring. *Mar Pollut Bull*, 26, 329–34.
- FEKHAOUI M., (1983). Toxicocinétique de trois polluants métalliques majeurs chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*), le chrome le cuivre et le zinc, thèse de troisième cycle, université de Claude Bernard- Lyon, 125p.
- GASPIC Z.K., ZNOVARIC T., VRGOC N., ODZAK N., BARIC A. (2002). Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. *Water Res*, 36, 5023–8.
- HENRY F., R. AMARA, L. COURCOT, D. LACOUTURE, M.L. (2004). Bertho Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea *Environment International*, 30 , 675–683.
- KRESS N., HERUT B., SHEFER E., HORNUNG H. (1999). Trace element levels in fish from clean and polluted coastal marine sites in the Mediterranean Sea, Red Sea and North Sea, Helgoland. *Mar Res.*, 53, 163–70.
- KUCUKSEZGIN F., ALTAY O., ULUTURHAN E., KONTAS A. (2001). Trace metal and organochlorine residue levels in red mullet (*Mullus barbatus*) from the Eastern Aegean, Turkey. *Water Res.*, 35 (9), 2327–32.
- LEWIS M.A., SCOTT G.I., BEARDEN D.W., QUARLES R.L., MOORE J., STROZIER E.D., SIVERTSEN S.K., DIAS A.R., SANDERS M. (2002). Fish tissue quality in near-coastal areas of the Gulf of Mexico receiving point source discharges. *Sci. Total Environ.*, 284, 249–61.
- PRUDENTE M., KIM E.Y., TANABE S., TATSUKAWA R. (1997). Metal levels in some commercial fish species from Manila Bay, the Philippines. *Mar Pollut Bull.*, 34 (8), 671–4.
- ROME (1998). Guide FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. page: 151, 152, 91.
- ROTCHHELL, J.M., CLARKE, K.R., NEWTON, L.C., BIRD, D.J., (2001). Hepatic metallothioneines as a biomarker for metal contamination: age effects and seasonal variation in European flounders (*Pleuronectes flesus*) from the Severn Estuary and Bristol Channel. *Marine Environmental Research*, 52, 151–171.

- SIVAPERUMAL P., SANKAR T.V., VISWANATHAN P.G. (2007). Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chemistry*, 102 (3) 612–620.
- TAHIRI L. (2005). Contamination métallique de *Mytilus galloprovincialis* et des sédiments au niveau de l'estuaire de Bouregreg (Maroc). *Water qual. Res. J.*, 40 (1), 111–119.