

## Contribution à l'étude de la pollution métallique de l'estuaire d'Oum Er Rbia à Azemmour (Maroc)

Aziz KAIMOUSI, Abdelkrim MOUZDAHIR,  
Salem BAKKAS & Abdelghani CHAFIK

**Mots-clés:** Maroc, côté atlantique, bioaccumulation, métaux, *Scrobicularia*, *Cardium*.

عزیز قیمووسی، عبد الکریم مزدهر، سالم بقاس و عبد الغني شفيق

### ملخص

مساهمة في دراسة التلوث المعدني لمصب أم الربيع بأزمور (المغرب). حلتل تغيرات التركيزات بالنسبة للمعادن الثقيلة عند نوعين من الرخويات *Scrobicularia plana* و *Cardium edule* المنتقة على طول مصب واد أم الربيع. تمت إنتقاءات شهرية ابتداء من شهر غشت 1994 حتى أكتوبر 1995 على ثلاث محطات للمصب. وقد حددت تركيزات المعادن (Mn, Cu, Fe, Zn) بطريقة الامتصاص الذري من أجل فهم التغيرات في المكان والزمان. اتضح لنا أن الكمية الموجودة من Mn, Fe, Cu في نوعين من الرخويات لها نفس النسبة، ما عدا الموجود بنسبة أكبر في *Scrobicularia plana*. زيادة على هذا بحثنا في العلاقة الموجودة بين المعادن داخل أنسجة النوعين معا والرواسب من أجل فهم التثقل المعدني.

### RESUME

Les variations des concentration en métaux lourds ont été analysées chez *Scrobicularia plana* et *Cardium edule*, deux mollusques prélevés le long de l'estuaire d'Oum Er Rbia. Des prélèvements mensuels ont été effectuées d'août 1994 à octobre 1995 dans deux stations de l'estuaire. Les concentrations de Cu, Zn, Fe et Mn ont été déterminées par A.A.S, en vue d'établir leurs variations spatiales et temporelles. Par ailleurs, il a été établi que les teneurs en Cu, Fe, Mn sont du même ordre de grandeur chez les deux mollusques tandis que la concentration de Zn est plus élevée chez *Scrobicularia plana* que chez *Cardium edule*. De plus, nous avons cherché la relation entre les métaux dans les tissus de ces deux espèces et celles des sédiments dans la perspective de comprendre le mode de contamination métallique.

### ABSTRACT

**Contribution to the metal pollution study in the Oum Er Rbia estuary at Azemmour (Morocco).** Variations of metal concentrations were determined in two molluscs, namely *Scrobicularia plana* and *Cardium edule* collected from the Oum Er Rbia estuary. Samples of the mollusc were collected from august 1994 to october 1995 from two stations along the estuary. Concentrations of Cu, Fe, Mn and Zn were determined by A.A.S. The variations in space and time of trace metal concentrations were studied. The levels of Cu, Fe and Mn are of the same order of magnitude in both molluscs whereas the levels of Zn are high in *Scrobicularia plana* than in *Cardium edule*. Relationship between metals in the tissues of two species of molluscs and in the sediment were established in order to understand the metallic contaminations processes.

### INTRODUCTION

Les estuaires et les milieux côtiers comptent parmi les zones les plus exposées aux différents types de pollution, entre autres métallique, qu'il s'agisse d'apports directs dus à l'industrialisation et à l'urbanisation, souvent importantes dans ces zones, ou d'apports indirects par les rivières et par voie atmosphérique (BRYAN, 1984). C'est pourquoi les êtres vivants qui peuplent ces milieux sont généralement exposés à des pollutions métalliques multi-élémentaires (BERTHET & al., 1985). La contamination des milieux marins, notamment par les métaux lourds, constitue l'un des problèmes majeurs en toxicologie environnementale. A la différence des polluants organiques, les métaux lourds ne font pratiquement pas l'objet de réaction

de dégradation biologique ou chimique ; ils peuvent de ce fait s'accumuler dans les chaînes alimentaires. On les retrouve à des concentrations toxiques dans les organismes marins (NEATHERY & MILLER, 1975 ; DORN, 1979 et CUMONT, 1984).

L'objectif de cette étude est de contribuer à compléter les données sur la pollution marine des zones côtières et estuariennes marocaines, en particulier la pollution métallique dans les organismes marins. Dans l'estuaire de l'oued Oum Er Rbia, l'analyse géochimique du sédiment dans lequel *Scrobicularia plana* et *Cardium edule* vivent, a révélé des teneurs métalliques considérables (KAIMOUSI, 1996), ce qui rend importante l'analyse des métaux dans les tissus de ces deux espèces. Nous nous proposons, en effet, d'analyser

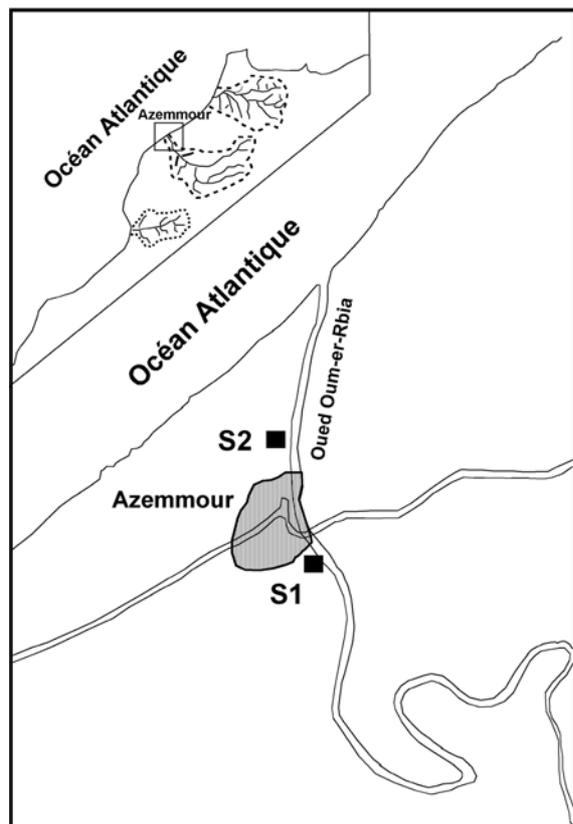


Figure 1 : Localisation des stations d'étude dans l'estuaire d'Oum Er Rbia.

l'accumulation de quelques éléments métalliques (Cu, Zn, Fe et Mn) dans ces deux espèces intertidales qui se nourrissent essentiellement du sédiment. Les variations spatio-temporelles des concentrations métalliques sont examinées. Nous avons cherché à établir la relation entre les métaux dans les tissus des deux espèces et celles du sédiment, dans la perspective de comprendre le mode de contamination métallique.

## MATERIEL ET METHODES

Les échantillons ont été récoltés à la main, à marée basse de vives-eaux, au niveau des deux stations indiquées ci-dessous qui ont été choisies selon le gradient de pollution dans l'estuaire de l'oued Oum Er Rbia (Fig. 1). Les campagnes de récolte ont été réalisées mensuellement d'août 1994 à octobre 1995.

Sur le terrain, les moules ont été sélectionnées en fonction de leur taille. Le groupe ainsi formé (15-30 animaux de même taille) a été placé dans

des flacons de polyéthylène contenant de l'eau de mer du lieu de prélèvement. Une période de purge (environ 36 h) a été imposée aux animaux afin que les teneurs en métaux du contenu digestif ne viennent pas s'interférer avec les métaux présents dans les tissus (AMIARD-TRIQUET & al., 1984). La partie molle est extraite de la coquille et lavée à jet de pissette contenant de l'eau distillée. Elle est égouttée puis séchée à l'étuve à 70°C pendant 48 h. Les échantillons ont été broyés pour obtenir un homogénat.

Des fractions aliquotes de 1 g de poids sec sont soumises à une attaque par un mélange d'acides ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (THIBAUD, 1983). Les minéralisats sont par la suite filtrés, dilués à l'eau bidistillée, puis stockés dans des flacons à 4°C jusqu'à l'analyse. Des échantillons de contrôle ou des échantillons standard de référence (Agence Internationale pour l'Energie Atomique) ont été dosés en même temps que les échantillons prélevés dans le but de contrôler l'exactitude des mesures.

Le prélèvement des sédiments superficiels de l'estuaire de l'oued Oum Er Rbia a été réalisé à l'aide d'une benne à main en respectant les conditions suivantes : les prélèvements ont été faits dans la zone moyenne de la slikke, zone intertidale, entre la haute et la basse marée et ceci à différentes stations le nombre de prélèvements pour tous les sites d'étude est de trois points par site, espacés l'un de l'autre de quelques mètres ; tous les prélèvements d'une même campagne ont été effectués dans la même journée.

La digestion repose sur la calcination dans un four à moufle de 0,5 g de sédiment (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ) finement broyé à 450°C pendant 4 h. Le résidu obtenu est mis en solution dans un bêcher en Téflon par l'acide fluorhydrique (HF) dilué à 50% puis chauffé à sec sur un bain de sable. La dissolution du résidu est réalisée avec 7,5 ml d'acide chlorhydrique (HCl) à 37% et 2,5 ml d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 63%. La solution obtenue est filtrée et le volume est complété à 100 ml puis conservé à 4°C jusqu'à l'analyse. Les analyses métalliques ont été réalisées avec un spectrophotomètre PERKIN ELMER 3100 à l'Institut scientifique des pêches maritimes (I.S.P.M) de Casablanca.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### EVALUATION DES TENEURS GLOBALES EN METAUX LOURDS

Afin de déterminer le degré de pollution métallique relatif à l'estuaire de l'oued Oum Er Rbia,

Tableau I : Teneurs globales en métaux lourds (Cu, Zn, Fe et Mn) chez *S. plana* et *C. edule* dans les deux stations de l'estuaire d'Oum Er Rbia (mg/kg de poids sec)

		<i>S. plana</i>		<i>C. edule</i>	
		S1	S2	S1	S2
<b>Cu</b>	(min max)	6,62-18,95	9,35-22,4	2,03-17,8	3,32-21,2
	moyenne	(10,75)	(14,31)	(8,67)	(9,127)
	ecart type	3,63	4,11	3,63	4,11
<b>Zn</b>	(min max)	178,3-436,8	190-535	39,9-257	32,53-285
	moyenne	(256,42)	(307,47)	(148,42)	(155,75)
	ecart type	82,98	103,07	82,98	103,06
<b>Fe</b>	(min max)	454,5-1513	634-1445	634-1514	441-1448
	moyenne	(950,40)	(1026,90)	(1019)	(991)
	ecart type	315,44	225,74	315,44	225,74
<b>Mn</b>	(min max)	6,62-28,3	5,5-16,3	3,4-27,5	4,0-24,4
	moyenne	(16,15)	(12,24)	(16,50)	(11,80)
	ecart type	6,44	4,27	6,44	4,27

nous avons reporté dans le tableau I les concentrations des métaux lourds analysés. Les résultats exposés ici nous ont permis en premier lieu de présenter une estimation des concentrations brutes en Cu, Zn, Fe, Cd et en Mn dans les sédiments et de donner ensuite une idée sur leur répartition dans les différents sites étudiés.

**Cuivre :** les concentrations en Cu dans les tissus de *S. plana* et *C. edule* sont comparables avec respectivement 22,4 et 21,2 mg/kg de poids sec dans la station S2 où débouche le collecteur principal de la ville d'Azemmour.

**Zinc :** contrairement à Cu, les plus fortes concentrations en Zn sont observées chez *S. plana*, avec un maximum de 535 mg/kg de poids sec dans la station S2 et 285 mg/kg de poids sec pour *C. edule* dans la même station.

**Fer :** la concentration de Fe dans les deux espèces évolue de la même façon avec une légère augmentation dans le cas de *S. plana*. De plus, les plus fortes teneurs sont obtenues dans S1 avec 1514 mg/kg de poids sec pour *C. edule* et 1513 mg/kg de poids sec pour *S. plana*.

**Manganèse :** comme dans le cas de Fe, la concentration de Mn est presque similaire chez les deux espèces avec un maximum de 28,3 mg/kg de poids sec pour *S. plana* et 27,5 mg/kg de poids sec pour *C. edule* dans la station S1.

#### VARIATION MENSUELLE

##### *Scrobicularia plana*

**Station 1 :** Zn montre deux pics assez nets, en mars (436,8 mg/kg de poids sec) et en septembre (417 mg/kg de poids sec) (Fig. 2). Mn enregistre une augmentation de sa teneur dans le mois de février

(15,4 mg/kg de poids sec) et mars (25,7 mg/kg de poids sec), et de juillet (18,29 mg/kg de poids sec) à septembre (22,5 mg/kg de poids sec) (Fig. 2). Fe montre un premier pic en février (1513 mg/kg de poids sec) suivi d'une baisse durant le printemps avant de marquer un deuxième pic en septembre (1150 mg/kg de poids sec) (Fig. 2). Cu présente deux pics, en mars (18,95 mg/kg de poids sec) et en août (13,15 mg/kg de poids sec) (Fig. 2).

**Station 2 :** Les concentrations en Zn présentent de grands pics de variation au cours de l'année, en mai (595 mg/kg de poids sec) et en septembre (414 mg/kg de poids sec) (Fig. 2). Exceptés les deux pics de janvier (16,3 mg/kg de poids sec) et d'août (8 mg/kg de poids sec), Mn ne montre pas de grandes variations au cours de l'année (Fig. 2). Les concentrations les plus élevées en Fe sont observés en fin d'hiver-début printemps, avec un pic en mars (1445 mg/kg de poids sec) et un autre en septembre (1235 mg/kg de poids sec) (Fig. 2). Cu enregistre une élévation de sa teneur de février (19,2 mg/kg de poids sec) à mai (21 mg/kg de poids sec) avec un pic en mars (22,4 mg/kg de poids sec). Le deuxième pic est observé durant le mois de septembre (14,35 mg/kg de poids sec) (Fig. 2).

##### *Cardium edule*

**Station 1 :** L'évolution mensuelle des teneurs en Fe et en Mn (Fig. 3) détermine une période de fortes valeurs s'étalant sur tout l'automne et l'hiver avec un pic en février (Mn=27,56 mg/kg de poids sec et Fe=1514 mg/kg de poids sec) puis décroît au printemps. Le deuxième pic est observé en juillet pour Mn (18,5 mg/kg de poids sec) et en septembre pour Fe (1130 mg/kg de poids sec). Zn accuse des grandes variations avec deux pics en février (257 mg/kg de poids sec) et en septembre (251,9 mg/kg de poids sec) (Fig. 3). Cu présente un premier pic en février (17,8 mg/kg de poids sec) suivi de fluctuations durant le printemps avant de marquer un deuxième pic en septembre (12,5 mg/kg de poids sec) (Fig. 3).

**Station 2 :** Fe enregistre une élévation de ses teneurs d'octobre (720 mg/kg de poids sec) à mars (1448 mg/kg de poids sec) suivie d'une baisse durant le printemps, et marque un deuxième pic en juillet (1390 mg/kg de poids sec) (Fig. 3). Mn montre 2 pics (Fig. 3), en mars (24,4 mg/kg de poids sec) et en août (12,05 mg/kg de poids sec). Les concentrations en Zn semblent suivre un rythme saisonnier. En effet, elles enregistrent deux pics, en février (285 mg/kg de poids sec) et en septembre (249 mg/kg de poids sec) (Fig. 3). Cu montre deux pics, en janvier

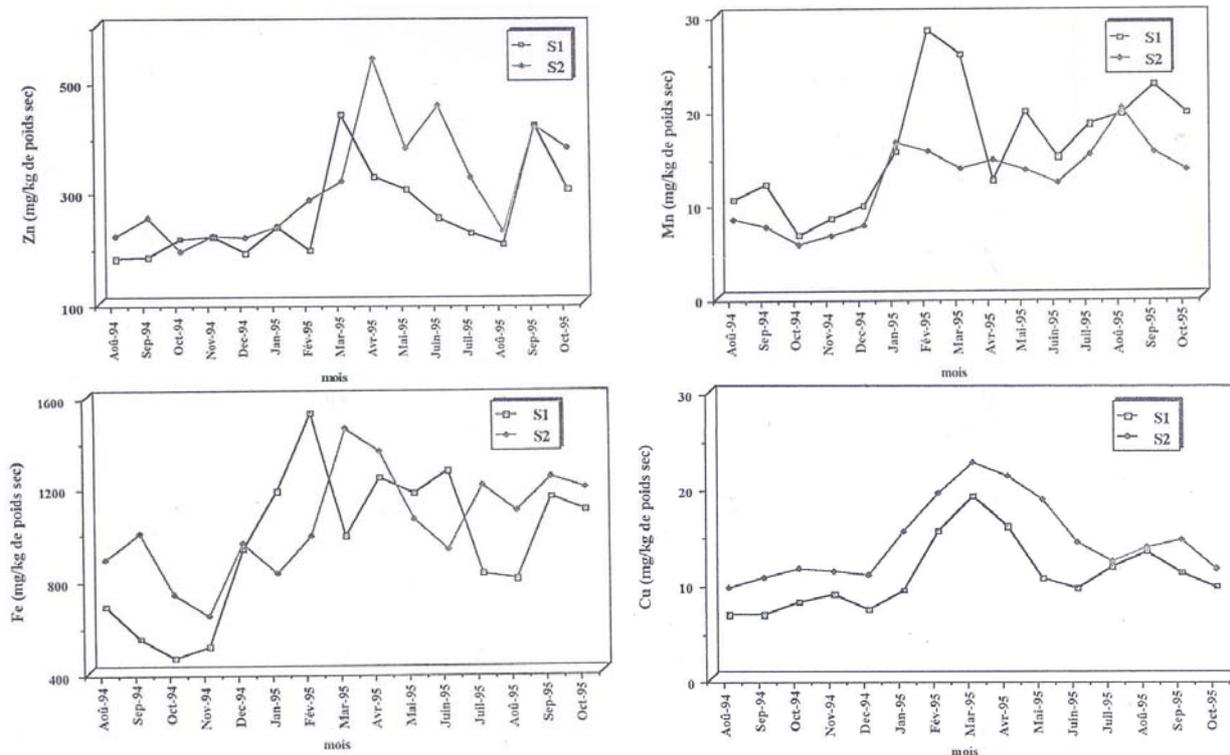


Fig. 2 : Variation mensuelle des concentrations du zinc, du manganèse, du fer et du cuivre dans les tissus de *Scrobicularia plana* pour les deux stations de l'estuaire d'Oum Er Rbia.

(13,4 mg/kg de poids sec) et en août (14,5 mg/kg de poids sec), en dehors desquels cet élément garde des teneurs faibles et fluctuantes (Fig. 3).

Tous les éléments analysés démontrent dans les deux stations un caractère saisonnier de bioaccumulation avec deux périodes essentielles de fortes concentrations : fin de l'hiver-début du printemps et fin de l'été-début de l'automne. Des variations saisonnières similaires ont été observées chez diverses espèces de mollusques filtreurs : *Pecten maximus*, *Chlamys opercularis*, *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, *M. californianus*, *Crassostrea gigas*, *C. virginica* (BRYAN, 1973 ; PHILLIPS, 1976 ; MAJORI & al., 1978 ; BOYDEN & PHILLIPS, 1981 ; RITZ & al., 1982 ; FARRINGTON & al., 1983 et METAYER & al., 1985). Diverses causes peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène telles que la biodisponibilité des métaux en parallèle avec le rôle que peuvent jouer à ce niveau les paramètres physico-chimiques du milieu (pH, salinité, température) associés aux processus physiologiques propres à l'espèce. La disponibilité de la nourriture ou les variations du métabolisme au cours du cycle de reproduction sont parmi les principales causes de ce phénomène (BRYAN, 1973 ; COSSA & al., 1980 ; GOLDBERG & al., 1983 ; AMIARD, 1988). Ces deux types de variations sont donc en général

d'assez grande amplitude de l'ordre de l'année (AMIARD, 1988). Remarquons que l'un et l'autre de ces phénomènes ont une incidence sur le poids des individus. L'hypothèse d'une dilution des métaux au sein de l'organisme, liée à l'augmentation saisonnière du poids, a été étayée par les données de plusieurs auteurs (BRYAN, 1973 ; PHILLIPS, 1976 ; MAJORI & al., 1978 ; FARRINGTON & al., 1983 ; BOYDEN & PHILLIPS, 1981 ; RITZ & al., 1982). Les études menées sur des populations contrôlées de *Mytilus edulis* et de *Cassostrea gigas* avec des prélèvements fréquents pendant plus de deux cycles annuels permettent de confirmer statistiquement la validité de cette hypothèse (METAYER & al., 1985).

A l'exception de BOALCH & al. (1981), qui n'observent pas d'effets saisonniers, la plupart des auteurs reconnaissent l'existence d'un minimum estival et d'un maximum hivernal des concentrations métalliques chez la moule, en particulier pour le zinc (MAJORI & al. 1978 ; N.A.S. 1980 ; GOLDBERG & al., 1983 ; POPHAM & D'AURIA, 1983 ; METAYER & al., 1985). La majorité des éléments analysés chez la moule *Perna perna* présente un minimum automnal et un maximum printanier que ASSO (1984) a mis en rapport avec la gamétogénèse. FOWLER & OREGIONI (1976), dans une étude des

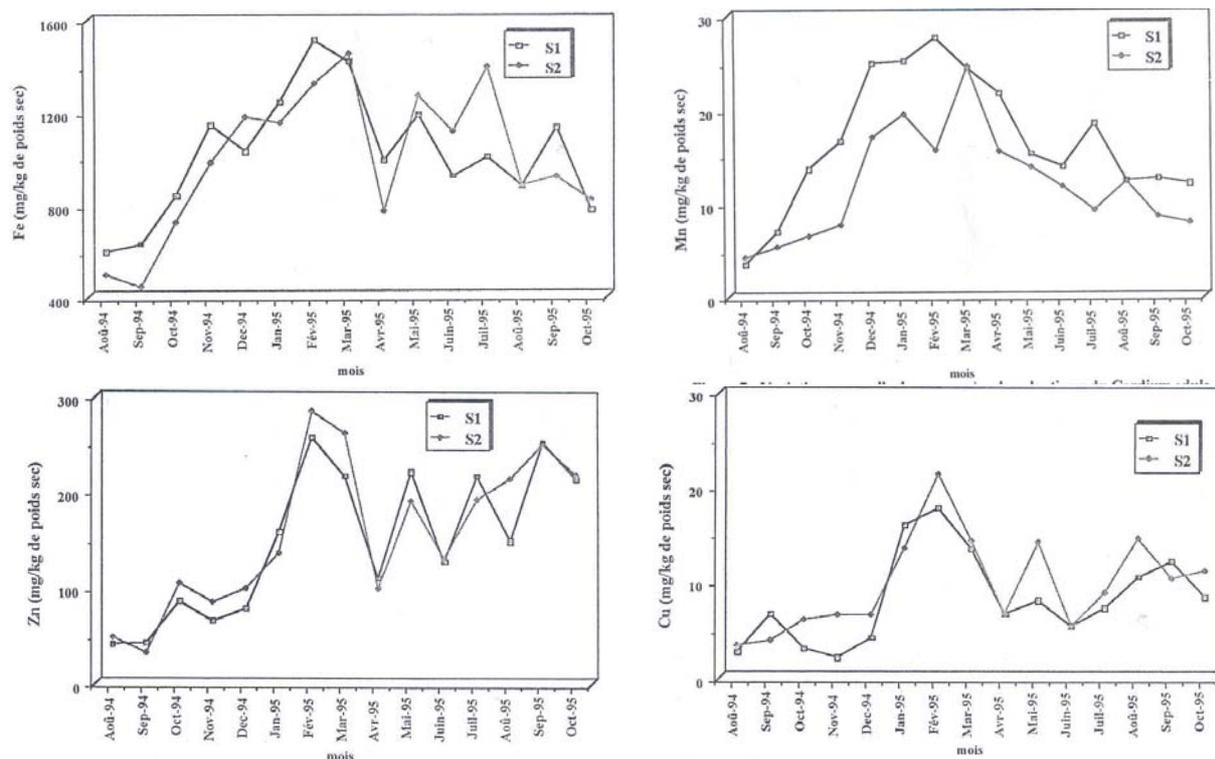


Figure 3 : Variation mensuelle des concentrations du fer, du manganèse, du zinc et du cuivre dans les tissus de *Cardium edule* pour les deux stations de l'estuaire d'Oum Er Rbia.

Tableau II : Teneur des métaux lourds (Cu, Zn, Fe et Mn) dans les sédiments de deux stations de l'estuaire d'Oum Er Rbia : (mg/kg de poids sec).

	Cu	Zn	Fe	Mn
S1	16	41,7	3382	456
S2	26.7	43,7	3523	234

variations des teneurs en métaux lourds dans *Mytilus galloprovincialis*, ont constaté des taux maximaux dans les échantillons prélevés au printemps. Ils ont estimé qu'on pouvait l'attribuer à l'état reproductif des moules mais aussi aux charges élevées de métaux particulières occasionnées dans l'eau de mer par le ruissellement accru survenant pendant l'hiver.

### RELATIONS ENTRE LES SEDIMENTS ET LES ORGANISMES

Les sédiments sont un dépositoire permanent des métaux et constituent une sorte de réservoir jouant le rôle de relais fondamental au cours du cycle géochimique des éléments (LUOMA, 1983). Le compartiment sédimentaire est la source essentielle des métaux dans les organismes en rapport avec leur régime alimentaire dépositif. Nous essayerons de

voir la relation entre la concentration des métaux dans le sédiment et celle dans la faune.

A l'estuaire, on a pu montrer que l'essentiel des éléments dosés (Cu, Zn) est particulièrement bien représenté au milieu de l'estuaire (Tabl. II) où la pollution organique est intense (l'apport des particules organiques par les rejets des égouts se jetant dans cette zone fournit un support privilégié aux métaux). La présence de Fe en quantité relativement importante est probablement due au contexte géologique de la région (affleurement de terrains permo-triasiques dans le secteur de Sidi Saïd Mâachou), auquel pourrait s'ajouter l'influence des activités humaines. Mn montre des affinités plus continentales au point où l'on considère comme traceur des apports continentaux. Il présente un gradient de concentration croissant de l'amont à l'aval (KAIMOUSSI, 1996 ; KAIMOUSSI & al., 1997).

### RAPPORT DES CONCENTRATIONS ENTRE LE SEDIMENT ET LES DEUX MOLLUSQUES.

Le rapport peut, d'une part, renseigner sur le rôle du sédiment dans la concentration métallique des organismes, et d'autre part, il pourrait fournir des informations sur le comportement des éléments

Tableau III : Rapport sédiment/espèce

	Rapport sédiment / <i>S. plana</i>				Rapport sédiment / <i>C. edule</i>			
	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn
S1	0,17	1,99	3,63	21,36	0,29	2,46	3,38	20,91
S2	0,14	1,49	3,36	28,18	0,27	2,34	3,48	29,23

Tableau IV : Comparaison des teneurs métalliques dans *S. plana* et les sédiments des estuaires d'Oum Er Rbia et de Bou Regreg.

	Oum Er Rbia (présente étude)		Bou Regreg (CHEGGOUR, 1988)	
	<i>S. plana</i>	Sédiment	<i>S. plana</i>	Sédiment
Cu	12	21	34	64
Zn	282	43	522	307
Mn	14	345	18,35	415
Fe	989	3452	4280	9058

métalliques, une fois ingérés par la faune. Quand le rapport sédiment/espèce présente des valeurs élevées, deux explications sont envisageables (CHEGGOUR, 1988) :

– l'élément en question n'est pas suffisamment ingéré (faible taux de prise ou prise sélective par l'animal ?), ce qui maintient un taux élevé de cet élément dans le sédiment ;

– l'élément est ingéré, mais rapidement éliminé par l'animal (fort taux d'excrétion) avec les fèces qui, en s'intégrant dans le sédiment, l'enrichissent d'avantage.

Quand le rapport montre des valeurs basses, il y aurait accumulation par les organismes favorisée par un stockage intracellulaire ou/et une élévation lente (faible taux d'excrétion).

L'analyse du tableau III permet, chez *Scrobicularia plana* et *Cardium edule*, de classer le rapport arbitrairement en trois catégories :  $R < 1$  ;  $1 < R < 5$  et  $R > 5$ . Le rapport est calculé à partir de la moyenne annuelle de chaque élément, pour les deux espèces de mollusques et la moyenne de trois mois pour les sédiments.

$R < 1$  : seul Zn est classé dans cette catégorie ( $0,1 < R < 0,3$ ). Les valeurs rencontrées chez *C. edule* sont sensiblement plus élevées que celles relevées chez *S. plana*.

$1 < R < 5$  : les valeurs de R comprises dans cet intervalle sont calculées pour Cu et Fe. Elles sont généralement équivalentes pour les deux espèces à l'exception de Cu qui montre des valeurs plus petites chez *S. plana*, ce qui suggère une bioaccumulation plus importante.

$R > 5$  : Mn est classé dans cette catégorie avec  $21,36 < R < 28,18$  pour *S. plana* et  $20,9 < R < 29,23$  pour *C. edule*.

D'après les valeurs du rapport sédiment/espèce, nous proposons le schéma suivant relatif à l'accumulation des métaux dans les deux espèces étudiées à partir du sédiment.

Forte accumulation : Zn, *S. plana* > *C. edule*

Accumulation notable : Cu, *S. plana* > *C. edule*

Accumulation moindre : Fe, *S. plana* = *C. edule*

Faible accumulation : Mn, *S. plana* = *C. edule*

Les valeurs du rapport semblent montrer une forte accumulation.

#### COMPARAISON DES CONCENTRATIONS METALLIQUES ENTRE L'ESTUAIRE DE L'OUED OUM ER RBIA ET CELUI DU BOU REGREG

Dans le sédiment, les concentrations en Cu, Zn, Mn et Fe sont plus fortes dans l'estuaire de Bou Regreg que dans celui de l'oued Oum Er Rbia (Tabl. IV). Il en est de même pour *S. plana*, organisme fouisseur. L'augmentation des concentrations métalliques dans le sédiment se traduit par une augmentation très importante dans les organismes (Tabl. V) à l'exception de Zn dans Oum Er Rbia. En effet, l'estuaire de Bou Regreg est de loin l'estuaire marocain le plus étudié et le plus connu ; il est considéré comme l'un des estuaires les plus caractéristiques du littoral marocain avec le Sebou. Il est soumis à une action anthropique croissante et constitue pour les villes de Rabat et Salé un déversoir d'eaux usées, activités agricoles riveraines

Tableau V : Comparaison des teneurs métalliques dans *S. plana* et les sédiments des estuaires de l'oued Oum Er Rbia et de Bou Regreg.

	Oum Er Rbia (présente étude)		Bou Regreg (CHEGGOUR, 1988)	
	<i>S. plana</i>	Sédiment	<i>S. plana</i>	Sédiment
Cu	12	21	34	64
Zn	282	43	522	307
Mn	14	345	18,35	415
Fe	989	3452	4280	9058

qui sont en principe les causes de l'augmentation des métaux dans les sédiments et par conséquent dans les mollusques dépositives.

### CONCLUSION

Au cours de cette étude, nous avons évalué les concentrations en métaux lourds (Cu, Zn, Fe et Mn) chez les espèces de mollusques *Scrobicularia plana* et *Cardium edule* prélevées le long de l'estuaire d'Oum Er Rbia.

Les concentrations mesurées varient suivant la saison de prélèvement avec une accumulation plus forte en hiver et au printemps. Ceci pourrait être relativement influencé par les changements de poids probablement liés à la physiologie de reproduction chez ces deux espèces, sans toutefois négliger l'effet de certains facteurs environnementaux.

Les valeurs des métaux trouvées dans *S. plana* et le sédiment sont inférieures à celles de l'estuaire de Bou Regreg réputé comme pollué.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMIARD, J.C. (1988). - Reflexions sur l'estimation des flux des éléments traces dans les organismes aquatiques. *J. Rech. Océanogr.*, 13, 1-2, pp. 36-41.
- AMIARD-TRIQUET, C. ; METAYER, C. & AMIARD, J.C. (1984). - Technical recommendations for studying the biogeochemical cycle of trace metals. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 73-74, pp. 27-34.
- ASSO, A. (1984). - Etude des teneurs globales en métaux lourds chez la moule *Perna perna* (L.) dans la région d'Alger. Variations de ces teneurs en fonction de quelques paramètres biologiques. *VIIes Journées Etud. Pollutions*, Lucerne, C.I.E.S.M., pp. 411-415.
- BERTHET, B. ; AMIARD, J.C. ; AMIARD-TRIQUET, C. & METAYER, C. (1985). - Accumulation de quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez les animaux marins et côtiers et leurs interactions mutuelles. *Actes du 1er Coll. Océanogr. côt.* A.A/D.R.M. (DERMA), Bordeaux., 8-11 Octobre
- BOALCH, R. ; CHAN, S. & TAYLOR, D. (1981). - Seasonal variation in the trace metal content of *Mytilus edulis*. *Mar. Poll. Bull.*, 12, 8, pp. 276-280.
- BOYDEN, C.R. & PHILLIPS, D.J.H. (1981). - Seasonal and inherent variability of trace elements in oysters and their implications for indicator studies. *Mar. Ecol. (Prog. Ser.)*, 5, 1, pp. 29-40.
- BRYAN, G.W. (1973). - The occurrence and seasonal variation of trace metals in the scallops *Pecten maximum* (L) and *Chlamys opercularis* (L). *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 53, pp. 145-166.
- BRYAN, G.W. (1984). - Pollution due to heavy metals and their compounds. In O. KINNE (éd.) *Marine Ecology*. John Wiley and Sons Ltd, London., pp. 1289-1431.
- CHEGGOUR, M. (1988). - Contribution à l'étude d'un milieu paralique : l'estuaire du Bou Regreg (côte atlantique marocaine). *Conditions écologiques globales, étude de la contamination métallique*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle E.N.S. Takaddoum, Rabat, 337 p.
- COSSA, D. ; BOURGET, E. ; POULLIOT, D. ; PIUZE, J. & CHANUT, J.P. (1980). - Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 58, pp. 7-14.
- CUMONT, G. (1984). - La contamination des aliments par le mercure. *Ann. Fals. Exp. Chem.*, 77, pp. 309-320.
- DORN, R.C. (1979). - Cadmium and the food chain. *Cornell. Vet.*, 69, pp. 232-343.
- FARRINGTON, J.W. ; GOLDBERG, E.D. ; RISEBOROUGH, R.W. ; MARTIN, J.H. & BOWEN, V.T. (1983). - U.S. "Mussel Watch", 1976-1978: an overview of the trace metals, DDE, PCB, Hydrocarbon and artificial radionuclide data. *Env. Sci. et Technol.*, 17, pp. 490-496.
- FOWLER, S.W. & OREGIONI, B. (1976). - Trace metals from the N.W. Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 7, pp. 26-29.
- GOLDBERG, E.D. ; KOIDE, M. ; HODGE, V. ; FLEGAL, A.R. & MARTIN, J. (1983). - U.S. Mussel Watch: 1977 - 1978 results on trace metals and radionuclides. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 16, pp. 69-93.
- KAIMOUSSI, A. (1996). - Etude de la variabilité de l'accumulation des métaux lourds dans les différents compartiments (sédiments, mollusques et algues) du littoral de la région d'El Jadida. Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle, Univ. Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, El Jadida, 147 p.
- KAIMOUSSI, A. ; BAKKAS, S. ; CHAFIK, A. & CHEGGOUR, M. (1997). - Géochimie des métaux lourds dans les sédiments superficiels de la côte littorale de la région d'El Jadida et de l'estuaire d'Oum R'bia d'Azemmour. *Colloque "Hydrodynamique Marine 97"* 12-13 novembre, Casablanca.
- LUOMA, S.N. (1983). - Bioavailability of trace metals to aquatic organisms - a review. *The Sci. of the total Environ.*, 28, pp. 1-22.
- MAJORI, L. ; NEDOCLAN, G. ; MODONUTTI, G.B. & DARIS F. (1978). - Study of the seasonal variations of some trace elements in the tissues of *Mytilus*

- galloprovincialis* taken in the gulf of Trieste. *Rev. Intern. Oceanogr. Méd.*, 39, pp. 37-50.
- METAYER GAMIARD, J.C. ; AMIARD-TRIQUET, C. & BERTHET, B. (1985). - Facteurs biologiques et écologiques contrôlant le niveau d'éléments traces (Cd, Pb, Cu, Zn) chez les Moules et les Huitres de la Baie de Bourgneuf. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr.*, nlle. sér., 7, 2, pp. 53-69.
- N. A. S., (1980). - The international Mussel Watch. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 248.
- NEATHERY, M.W. & MILLER, W.J. (1975). - Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. A review. *J. Dairy Sci.*, 58, pp. 1767 - 1781.
- PHILLIPS, D.J.H. (1976). - The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I - Effets of environmental variables on uptake of metals. *Mar. Biol.*, 38, pp. 59-69.
- POPHAM, J.D. & D'AURIA, J.M. (1983). - Combined effect of body size, season and location on trace element levels in Mussels (*Mytilus edulis*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 12, pp. 1-14.
- RITZ, D.A. ; SWAIN, R. & ELLIOTT, N.G. (1982). - Use of the mussel *Mytilus edulis planulatus* (Lamarck) in monitoring heavy metal levels in seawater. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 33, pp. 491-506.
- THIBAUD, Y. (1983). - Dosage de métaux (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) dans les organismes marins par absorption atomique. *CNEXO*, pp. 263-273.

*Manuscrit déposé le 5 janvier 1998*

*Version modifiée acceptée le 25 décembre 1998*

#### **Adresses des auteurs**

**Aziz KAIMOUSSI, Abdelkrim MOUZDAHIR & Salem BAKKAS**

Laboratoire de chimie organique et bioorganique,  
Département de chimie, Faculté des Sciences, B.P. 20.  
24000-El Jadida.

#### **Abdelghani CHAFIK**

Service des études de Pollution marine,  
Institut national des recherches halieutiques (I.N.R.H)  
Casablanca