

IMPACT DU PHOSPHOGYPSE ET DES REJETS URBAINS SUR LA BIOACCUMULATION EN METAUX TRACES PAR LA PALOURDE *RUDITAPES DECUSSATUS* PRELEVEE DANS LA REGION DE SFAX (TUNISIE).

Par

Trigui El Menif N.(1,2), Le Pennec M. (3), Maamouri F.(2) et Medhioub K.(4)

1- Institut National Agronomique de Tunisie, Département Halieutique, 42 Rue Charles Nicolle, Tunis, Tunisie

2- Laboratoire de Biologie marine, Faculté des Sciences de Tunis. Campus Universitaire- 1060-Tunis.

3- Institut d'Etudes Marines - Université de Bretagne Occidentale - 29287 Brest Cedex.

4- Laboratoire régional des Sciences de l'Environnement de Sfax, Ecole Nationale des Ingénieurs de Sfax (ENIS).

ملخص

إن نسبة المعادن المسجلة في لحم القفالة التي تم التقاطها سنة 1993-1994 قد تم احتسابها من خلال عينات وذلك من محطات : ميناء صفاقص، قرقور والصخيرة. وقد اخترنا هاته المحطات لأهميتها من حيث إنتاجها الهام للقفالة ومن حيث قربها من عدة مصادر للتلوث التي منها بعض وحدات صناعية. أن النتائج التي تحصلنا عليها أظهرت أن النسب الأكثر ارتفاعا قد سجلت بمحطتي قرقور والصخيرة وذلك بالنسبة للزرنيخ (As) والنحاس (Cu) والزنك (Zn) والكاديوم (Cd) والحديد (Fe). وقد اظهر اختبار "فيشر" فرقا ذا بال بالنسبة للمعادن المدروسة، ويرجع ذلك بلا ريب إلى تأثير عدة عوامل وخاصة تخزين الفسفوجبس قرب ساحل البحر مباشرة وسيلان مياه المائدة السطحية الملوثة نحو البحر وتأثير التيارات البحرية العامة المحاذية للساحل والمتجهة من الشمال إلى الجنوب.

Résumé

La bioaccumulation en métaux traces dans les tissus de la palourde *Ruditapes decussatus* a été évaluée sur des individus récoltés en 1993-1994. Les sites du littoral tunisien sont choisis en fonction de leur intérêt conchylicole et industriel, sont: Le port de pêche de Sfax, Gargour et La Skhira. Les résultats obtenus montrent que la bioaccumulation en As, Cu, Zn, Cd et Fe est relativement importante dans les stations de Gargour et de La Skhira. Le test de Fisher révèle une différence significative pour la plupart des métaux étudiés. Ceci est sans doute dû à la conjonction de plusieurs facteurs et en particulier: Le stockage du phosphogypse à proximité immédiate de la côte, l'écoulement des eaux de la nappe phréatique contaminée vers la mer et l'effet des courants marins généraux longeant la côte du nord au sud.

Mots clés: *Ruditapes decussatus* - métaux traces - bioaccumulation

Abstract

The bioaccumulation of track metal in clams *Ruditapes decussatus* tissue was evaluated on individual collected between 1993-1994. The sites of tunisian littoral were choised for their industrial and conchylicol interest: Fishing port of Sfax, Gargour and Skhira. The results shown that the bioaccumulation for As, Cu, Zn, Cd and Fe are higher in Gargour and Skhira than in the fishing port of Sfax. The fisher test reveals a significant difference for the major part of the studied metals. Actually, this result is due to many factors and specially the stock of phosphogypse near by the coast. The contaminated water which comes from the phreatic layer and is diversified into the sea and finally the effect of general marin movement from the north to the south.

Key words: *Ruditapes decussatus* - traces of metal - bioaccumulation

I - INTRODUCTION

Parmi les régions du littoral tunisien exposées, depuis quelques décennies à une pollution d'origine anthropique, le golfe de Gabès est certes la zone la plus touchée en raison du nombre élevé d'entreprises implantées essentiellement à Sfax, Gabès et Gafsa (ANONYME, 1994). L'absence de cours d'eau permanents et l'insuffisance en capacité et en nombre des stations d'épuration dans les centres urbains du sud tunisien en général font que la nappe phréatique côtière demeure le réceptacle et le moyen de transfert des polluants vers la mer. Ainsi pour la ville de Sfax, les 2/3 des eaux usées (35000 m³/j) sont directement déversés dans la nappe phréatique. De même, il est prouvé que le stockage du phosphogypse sur le littoral de la ville de Sfax entraîne une forte acidité de la nappe phréatique (BALLIVY, ROUIS, 1988). Cette acidité s'étend sur une distance allant jusqu'à 600 m à l'aval du stock avec des concentrations élevées en orthophosphate, fluor, cadmium, zinc et cuivre. Il est probable que la situation à la Skhira n'est guère différente. La prolifération, le long des côtes urbanisées, de microalgues comme *Cladophora* et *Enteromorpha* serait dû à un apport massif de matière organique (MEDHIOUB, 1981) qui contamine les eaux interstitielles et les sédiments littoraux.

La pollution d'origine domestique et industrielle constitue ainsi un risque sérieux tant pour les réserves halieutiques que pour certains mollusques vivants dans la zone intertidale comme la palourde *Ruditapes decussatus*.

La gravité de cette situation nous a incité à étudier la variation de la bioaccumulation de certains métaux traces dans la chair des palourdes prélevées dans trois stations de la région de Sfax choisies en fonction de leur importance conchylicole et industrielle.

II - MATERIEL ET METHODE

Une centaine de palourdes ont été prélevées chaque trimestre durant l'année 1993-1994 dans trois stations (fig.1): au port de pêche de Sfax (P), à 3 km au nord de l'usine de production de phosphates SIAPE I; à Gargour, (G) à 10 km au sud de la SIAPE I, à la Skhira, (S): port d'exportation de pétrole et de phosphate, situé à proximité de la SIAPE II.

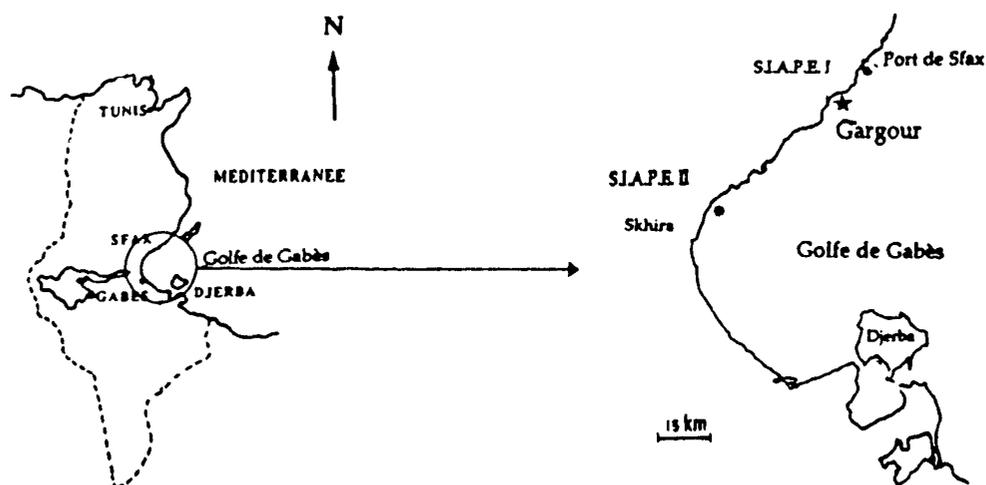


Figure 1: Lieux de prélèvement de la palourde *Ruditapes decussatus*

La chair de la palourde a été traitée selon la méthode décrite par HARAGUCHI *et al.* (1988). En effet, un volume de 8 ml est versé progressivement dans 1g de matière sèche afin d'éviter les pertes dues à la mousse qui se forme à fur et à mesure. Cette première opération est effectuée sur plaque chauffante réglée à 120°C. Une fois que la mousse a disparu, on ajoute à froid 2 ml/g de matière sèche d'acide perchlorique. Son rôle est de minéraliser toute trace de matière organique qui n'a pas été minéralisée par l'acide nitrique. Ainsi, les échantillons vont séjourner au moins 12 heures à la température de 120°C. Par la suite, on élève la température à 200°C jusqu'à évaporation totale de l'acide nitrique restant. Cette phase est reconnue par la formation d'une fumée blanche. Le volume est dans ce cas réduit à environ 300 à 600 µl. A ce moment, et selon la quantité de matière sèche utilisée, on procède à des dilutions différentes par l'eau désionisée. Après filtration, les solutions obtenues sont passées à l'ICP (torcho - plasma) en vue de déterminer les teneurs en un certain nombre de métaux traces: arsenic, cadmium, cuivre, fer et zinc.

III - RESULTATS

Le tableau 1, montre que la teneur moyenne en métaux traces enregistrée varie d'une station à l'autre. En effet, les palourdes prélevées au port (P) accumulent généralement moins les métaux traces par rapport à celles prélevées dans les deux autres stations (G et S).

Pour le cas de l'arsenic, du cuivre et du zinc, nous avons relevé une teneur plus élevée dans la chair de la palourde de Gargour. Cependant, le test de Student (tabl.2) montre que la différence n'est significative que pour le cas de l'Arsenic et ce, entre la station de la Skhira et celles du port et de Gargour. De même, le test de Fisher a montré que, pour le cas du cuivre et du zinc (tabl.3), il n'y a pas une différence significative au seuil de 5% entre les stations de la Skhira et de Gargour. En effet, ces deux derniers métaux se comportent de la même façon vis à vis de la palourde. Le recours à la matrice des corrélations (tabl.4) appliquée sur les valeurs enregistrées en métaux traces a révélé une corrélation positive entre ces deux variables (0.954), ce qui signifie que l'accumulation de ces deux métaux est étroitement liée. Plus l'animal accumule le zinc, plus il le fait pour le cuivre.

S'agissant du cadmium et du fer, les palourdes de la Skhira accumulent le plus ces éléments traces, seulement, le test de Student montre l'absence de différence significative entre les teneurs relevées dans les trois stations. Par contre, le test de Fisher montre une différence significative entre les stations de la Skhira et celles du port et de Gargour.

Stations	Variables	M	s	Cv
La Skhira	As	0.475	0.95	200
	Cd	1.18	1.44	122.03
	Cu	17.5	29.87	170.29
	Fe	314.5	152.07	48.35
	Zn	35.4	40.54	114.51
Gargour	As	14.7	10	68.02
	Cd	0.78	0.43	55.17
	Cu	17.78	30.12	169.41
	Fe	272.06	107	39.32
	Zn	38.29	50.49	131.86
Port de pêche de Sfax	As	5.58	2.67	47.84
	Cd	0.92	0.4	43.47
	Cu	10.7	8.22	76.85
	Fe	200.27	102.03	50.94
	Zn	20.09	15.02	74.8

Tableau 1: Valeurs moyennes des variables, écart type et coefficient de variation calculés dans les trois stations.

	t:S/G	t:S/P	t:G/P												
	As	As	As	Cd	Cd	Cd	Cu	Cu	Cu	Fe	Fe	Fe	Zn	Zn	Zn
As	2.83*	3.59*	1.76*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	0.53	0.35	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	0.013	0.44	0.45	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	1.25	0.97	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.69	0.68

Tableau 2: Test t de student appliqué sur les moyennes entre les stations de la Skhira, de Gargour et du Port de pêche de Sfax prises deux à deux (au seuil de 5%; ddl= 14).

	F:S/G	F:S/P	F:G/P												
	As	As	As	Cd	Cd	Cd	Cu	Cu	Cu	Fe	Fe	Fe	Zn	Zn	Zn
As	111*	7.92*	14*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	11.2*	12.9*	1.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	1.02	13.2*	13.4*	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.01	2.22	1.1	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.55	7.27*	11.3*

Tableau 3: Test F de Fisher appliqué sur les variances entre les stations de la Skhira, de Gargour et du Port de pêche de Sfax prises deux à deux (au seuil de 5%; ddl= 14).

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION:

La comparaison des moyennes entre stations nous a permis de constater que la bioaccumulation relevée dans les tissus de palourdes provenant du port est, pour la plupart des métaux, moins élevée que celle relevée chez les individus de la Skhira et de Gargour. En effet, le stockage du phosphogypse à l'air libre sous forme de tabia au sud du port n'empêche pas le déplacement vers la mer d'une certaine quantité de phosphogypse par le vent et/ou par les précipitations et/ou bien par infiltration. D'ailleurs, la carte piézométrique de la région de Sfax (fig.2) montre un sens d'écoulement des eaux du nord Ouest au sud Est, la mer étant ainsi le principal exutoire (BOUZID et *al.*, 1993). Seulement, le sens et l'effet des courants marins généraux longeant la côte du nord au sud, peuvent, lors de leur passage au large de la zone industrielle, s'enrichir en un certain nombre de métaux déversés dans la plaine littorale, ce qui explique sans doute les teneurs plus élevées enregistrées à Gargour et à la Skhira. D'ailleurs, l'installation relativement récente de la SIAPE II à la Skhira ne peut pas, à elle seule, expliquer les teneurs relevées.

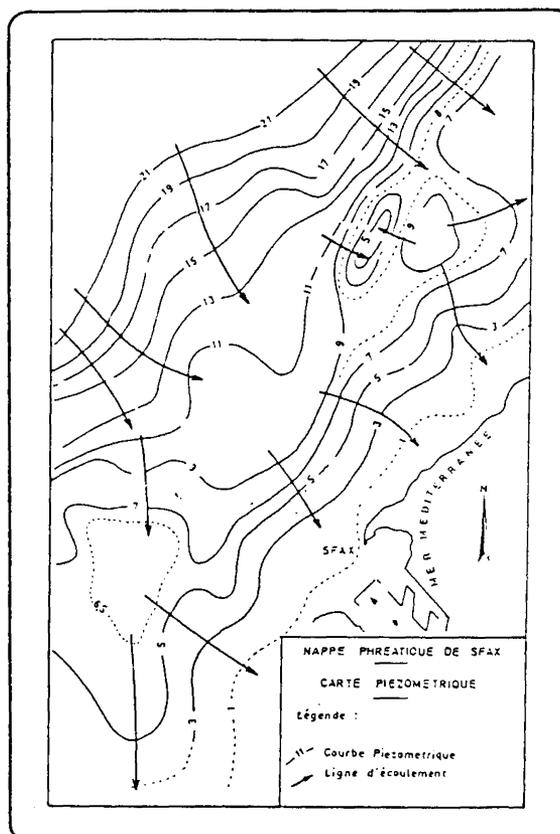


Figure 2: Carte piézométrique de la région de Sfax (d'après Ben Dhia et *al.*, 1983)

	As	Cd	Cu	Fe	Zn
As	1	-	-	-	-
Cd	-0.146	1	-	-	-
Cu	-0.331	-0.312	1	-	-
Fe	0.168	0.269	0.185	1	-
Zn	-0.288	-0.414*	0.954***	0.236	1

Tableau 4: Matrice des corrélations (*au seuil de 5%; **de 2%, ***de 1%).

Références	Pays	Station	Espèce	Cd	Cu	Fe	Zn
Vasselleki et al. (1984)	Grèce	Golfe de Gêras	<i>Ostrea edulis</i>	2.8	5.1		
		Golfe de Gêras	<i>Arca sp</i>	1.4	5.1		
Ben Hadj (1992)	France	Pen Bé	<i>Ruditapes philippinarum</i>	1.22	5.65	333.5	77.35
Sidoumou et al. (1993)	France	Port-Vendre	<i>Venus verrucosa</i>	0.5	14.5	194	67
	Mauritanie		<i>Venus verrucosa</i>	3.2	6.3	245	58

Tableau 5: Teneurs en métaux traces ($\mu\text{g/g}$ de matière sèche) dans la chair de certains mollusques bivalves prélevés dans quelques secteurs de la Méditerranée et de l'Atlantique.

Références	As	Cd	Cu	Zn
Normes Nationales tunisiennes 1983 (invertébrés marins).	5	2	100	100
Kakula et al. 1987, seuil OMS (organismes marins).	-	2	30	1000

Tableau 6: Normes Nationales et Internationales de quelques métaux traces exprimées en $\mu\text{g/g}$ de chair.

En plus, les études menées sur le littoral sud de la région de Sfax ont montré que l'hydrodynamisme côtier s'individualise par la dominance des courants nord-sud (SARBAJI, 1991). La répartition géochimique rétracte l'effet d'une composante résultante qui contribue à la déviation et à l'acheminement des effluents vers le sud-sud Est, parallèle à la côte. Cette configuration indique ainsi que dans la région de Sfax, la pollution tellurique, diffusée par les courants de surface, persiste très souvent et reste localisée particulièrement le long de la zone côtière (SARBAJI, 1991).

En comparant nos résultats avec ceux relevés par certains auteurs (tabl.5), nous constatons que les valeurs enregistrées en Tunisie sont, pour certains métaux, supérieures aux valeurs notées en France et en Mauritanie. BEN HADJ (1992) qui a travaillé sur des palourdes prélevées dans la région de Pen Bé (Bretagne) a montré que les individus de l'ordre de 35 mm, présentent une teneur comparable pour le cas du fer à celle relevée en Tunisie. Pour ce qui est du zinc, la palourde de Pen Bé accumule le plus. Cependant, pour le cuivre, les valeurs enregistrées en Tunisie sont plus élevées, et ce, dans toutes les stations étudiées. Quant au cadmium, l'accumulation est pratiquement la même à Pen Bé et à la Skhira.

Chez *Venus verrucosa*, des variations dans la teneur d'un certain nombre de métaux traces ont été rapportées (SIDOUMOU et al., 1993). En effet, les individus prélevés à Port-Vendre (côte française du Roussillon) ont des teneurs en cuivre et en zinc plus élevées que celles trouvées au port de pêche de Sfax. Pour ce qui est du cadmium, les palourdes du Port de pêche de Sfax accumulent plus que les praires de Port-Vendre. Quant au fer, la teneur est pratiquement la même. Il faut dire que le comportement du bivalve envers tel ou tel métal est différent d'une espèce à l'autre. En effet, des travaux effectués sur *Ostrea edulis* et sur *Arca sp* prélevés dans le golfe de Gêras, en Grèce ont montré que le cadmium est beaucoup plus accumulé chez *Ostrea edulis* que chez *Arca sp*.

Si nous prenons en considération quelques normes Nationales et Internationales (tabl.6), nous constatons que les bivalves de la région de Sfax présentent des teneurs, en certains métaux, supérieures aux taux maximum imposés par les normes. Cependant et paradoxalement, un métal peut perdre sa toxicité alors que sa teneur globale s'élève (MARTOJA et MARTOJA, 1984). En effet, ces derniers auteurs ont constaté que le Murex (gastéropode marin) peut concentrer un million de fois le cadmium de l'eau de mer (qui en est particulièrement pauvre), et il l'accumule sous au moins trois formes chimiques distinctes. Cette accumulation n'est certainement pas due, d'après MARTOJA et MARTOJA (1984) à la pollution, mais plutôt à un processus physiologique qui nous échappe encore. Par conséquent, il serait utile à notre avis d'approfondir davantage les recherches afin de distinguer les formes nocives de certains métaux accumulés chez les bivalves de celles qui ne le sont pas.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME**, 1994: Stratégie environnementale pour le Moyen - Orient et l'Afrique du nord; vers un développement durable. Résumé d'un document de la Banque mondiale: p. 27.
- BALLIVY G. et ROUIS J.**, 1988: Impact du lessivage du phosphogypse sur la nappe de Sfax. Premières journées A.T.G.A., tome 1, p. 174-182.
- BEN DHIA H., AUROUZE J., FELHI CH., GHALI A., GHORBEL N., JAMOUSSE F. et KAMOUN F.**, 1983: La relation eaux souterraines- aménagement: La nappe phréatique de Sfax. Rapport de fin d'études d'ingénieur technicien en géologie appliquée. Faculté des Sciences et des Techniques de Sfax: 120p.
- BEN HADJ S.**, 1992: Contribution à l'étude biogéologique des palourdes (*Ruditapes*). Thèse Doct., Univ., Nantes, 331 p.
- BOUZID J., SARBAJI M., AMMAR E. et MEDHIOUB K.**, 1993: La pollution des nappes phréatiques côtières et son impact sur le domaine marin. 135-145 in Circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb. 307 Chowkia, Izdar et Menoui M. (Ed) INOC, IZMIR, TURQUIE.
- HARAGUCHI H., MORITA M., KEICHIRO F., MIAZAKI A., FURIKA N. et HAKKO BENSEKI H.**, 1988: ICP, méthode d'analyse des irradiations. Association de l'analyse et de la chimie. 1-261.
- KAKULA S. E., OSIBENJO O. et AJAYI S. O.**, 1987: Trace metal content of fish and shellfishes of the Niger delta area of Nigeria. Environnement Int. 13, 247-251.
- MARTOJA M. and MARTOJA R.**, 1984: La bioaccumulation de métaux, processus physiologique normal et conséquence de la pollution. Courrier du CNRS, 54: 32-37.

- MEDHIOUB K.**, 1981: Aperçu sur la pollution côtière de la région de Sfax. Acte du premier Congrès National des Sciences de la terre. Annales des mines de la géologie, 31, 1-10.
- SARBAJI M.**, 1991: Contribution à l'étude de l'impact des rejets industriels et urbains sur l'environnement marin de la région de Sfax. Essais de traitements. Rapp. D.E.A., Université de Tunis, Faculté des Sciences. 135 p.
- SIDOUMOU Z., MAYIF M. A., ROMEO M., GNASSIA-BAREL M. et CARUBA R.**, 1993: Comparaison de concentrations en métaux traces de la praire *Venus verrucosa* des côtes atlantiques (Mauritanie) et méditerranéenne (France): 149-151 in Circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb. 307 Chowkia. Izdar et Menoui M. (Ed) INOC, IZMIR, TURQUIE.
- VASSILLIKI CAISIKI A. et FLOROU H.**, 1984: Bioaccumulation des métaux Cr, Cd, Ni, et Cu dans le golfe de Geras, île de lesvos, Mer Egée, Grèce (Note préliminaire). VII journées étud. Pollutions, Lucerne, CIESM.: 317-320.