



## Variations de la répartition géographique, taille et teneur en cadmium chez la moule *Mytilus galloprovincialis* prélevée au niveau du littoral de Safi (Variations in the geographical distribution, size and content of cadmium in the mussel *Mytilus galloprovincialis* collected at the coast of Safi)

M. Ezziyyani<sup>1</sup>, A. Hamdache<sup>2</sup>, N. Barka<sup>1</sup>, H. Sebbar<sup>1</sup>, F. Mouraziq<sup>1</sup>, A. Lamarti<sup>2</sup>, A.M. Requena<sup>3</sup>, C. Egea-Gilabert<sup>4</sup>, M.E. Requena<sup>3</sup> and M.E. Candela Castillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département GBG, Faculté Polydisciplinaire de Khouribga, Hay Ezzaitoune, BP.: 145. (OCP). Université Hassan Premier de Settat, 25000 Khouribga principale, Khouribga, Maroc.

<sup>2</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologie et Amélioration des Plantes, M'hannech II, BP 2121, 93002. Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Maroc.

<sup>3</sup>Departamento de Biología Vegetal (Fisiología Vegetal), Facultad de Biología, Campus de Espinardo. 30100 Espinardo. Universidad de Murcia, Murcia, España.

<sup>4</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria, ETSIA, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.

Received 14 September, Revised 16 October 2014, Accepted 28 October 2014

\*Corresponding Author. E-mail: [m.ezziyyani@yahoo.fr](mailto:m.ezziyyani@yahoo.fr); Tel: (+212 0671273748)

### Résumé

Le présent travail vise à évaluer le degré de contamination de l'écosystème marin du littoral de Safi (Maroc), en utilisant la moule *Mytilus galloprovincialis* comme bioindicateur de la pollution. L'objectif principal est la corrélation entre la distance aux sources de pollution, la distribution de taille des moules et leurs teneurs en cadmium pris comme modèle. Cinq sites (S) littoraux de prélèvement ont été choisis : S<sub>1</sub> de Cap Beddouza, S<sub>2</sub> de Marissa III, S<sub>3</sub> situé à 5 km au sud de Safi dont les rejets sont principalement de produits minéraux, S<sub>4</sub> de Ouled Salmane situé à 16 km au sud de Safi, caractérisé par l'absence de toute activité domestique au industrielle et S<sub>5</sub> situé à 36 km au sud de Safi au niveau de Souiria Lakdima, éloignée de toute activité industrielle. La distribution et la taille des moules varient d'un site à l'autre. Le site de Cap Beddouza, pris comme référence et ayant de bonnes conditions environnementales, détient les plus grandes moules parmi les cinq sites d'études suivi par la station de Souiria Lakdima. Ces résultats démontrent que la taille des moules ayant le même âge et élevées dans des sites différents, variait en fonction de la bonne qualité de l'environnement marin. L'étude de la répartition géographique des moules contaminées par le cadmium montre que le site S<sub>3</sub> présente la plus forte concentration de 29.2 (mg/Kg de matière sèche). Ce site est situé tout près de l'exutoire principal des industries chimiques, ce qui confirme la source anthropogénique du cadmium. Plus en s'éloigne du site S<sub>3</sub> plus la teneur devient de plus en plus faible. Ce qui indique que le cadmium rejeté au niveau de ce site, est transporté par le courant marin vers des sites plus éloignées comme le site (S<sub>1</sub>), (S<sub>2</sub>), (S<sub>4</sub>) et (S<sub>5</sub>) avec une concentration de 4.68, 9.16, 5.86 et 5.5 mg/L respectivement.

Mots-clés : Cadmium, *Mytilus galloprovincialis*, Milieu marin, Contamination

### Abstract

The aim of this study is to assess the degree of contamination of the marine ecosystem of coastal Safi (Morocco), using the mussel *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator of pollution. The main objective is the correlation between the distance to the sources of pollution, the size distribution of mussels and their levels of cadmium as a model. Five sites (S) coasts sampling is chosen : S1 Cap Beddouza , S2 Marissa III, S3 located 5 km south of Safi , the discharges are mainly minerals , S4 Ouled Salman located 16 km south of Safi, characterized by the absence of any domestic activity the industrial and S5 located 36 km south of Safi at Souiria Lakdima remote from industrial activity. The distribution and size of the mussel vary from one site to another. The site of Cap Beddouza, taken as a reference and having good environmental conditions, holds the biggest of the five mussel study sites followed by the station Souiria Lakdima. These results demonstrate that the size of the mussels of the same age and high in different sites, varied according to the quality of the marine environment. The study of the geographic distribution of mussels contaminated by cadmium shows that the S3 site has the highest concentration of

29.2 (mg/kg dry matter). This site is located close to the main outlet of the chemical, which confirms the anthropogenic source of cadmium. More away from the addition site S3 content becomes lower. Indicating that the cadmium discharged at this site, is transported by the ocean current as to more distant site (S1) sites (S2), (S4) and (S5) with a concentration of 4.68, 9.16, 5.86 and 5.5 mg/L respectively .

*Keywords:* Cadmium, *Mytilus galloprovincialis*, Marine biology, Contamination

## Introduction

Le genre *Mytilus*, de la famille de *Mytilidées* (*Pélécyropodes*) est principalement défini par la forme de sa coquille, en particulier par son embout en position terminale. Selon Soot Ryen [1] le genre *Mytilus* comprend trois espèces : *Mytilus edulis* Linné, *Mytilus californianus* Conrad et *Mytilus crassitesta* Lische. Cet auteur fait ensuite la liste des sous-espèces parmi lesquelles *Mytilus galloprovincialis* Lamarck et *Mytilus edulis planutalus* Lamarck, deux moules fréquemment utilisées dans les programmes de surveillance respectivement en Méditerranée et en Océanie [2-3-4-5-6]. C'est dans cette optique que Goldberg en 1975, a proposé de suivre, à l'échelle internationale, les concentrations des contaminants dans les organismes vivants pour surveiller le milieu. C'est le principe des « bioindicateurs quantitatifs » basé sur le fait que les organismes marins concentrent les contaminants, en particulier les métaux divalents, en relation avec les concentrations présentes dans le milieu [7-8-9-10-11]. L'utilisation des moules a été proposée à l'échelle mondiale par Goldberg dès 1975, sous le vocable « Mussel Watch ». Cette proposition a été mise en place avec succès sous deux types de stratégie: celles qui utilisent les populations indigènes de moules sauvages ou cultivées [12-13-14-15] et celles qui ont recouru aux transplants d'individus, provenant d'un site de référence (biomonitorage actif, cas de RINBIO « Réseau Intégrateur Biologique»), sur un site d'étude pour un séjour de plusieurs mois dans l'eau. Dans ce dernier cas, les mollusques accumulent les contaminants jusqu'à atteindre un pseudo-équilibre avec le milieu [16-17-18]. La concentration et l'accumulation des polluants chez les organismes aquatiques sont des processus assez complexes. Les degrés d'assimilation et de rétention des contaminants organiques varient entre les différents genres et espèces [19] et dépendent des propriétés biochimiques de chaque élément [20]. Après un séjour de plusieurs mois dans l'eau, les niveaux mesurés dans les organismes sont le résultat et le reflet chronique du milieu. La moule, *Mytilus sp.*, est un bivalve marin utilisé en tant que bioindicateur [21-22-23-24]. À l'échelle de la planète, on estime que les émissions naturelles de cadmium dans l'atmosphère sont d'environ 1 300 t par année. On estime aussi que les activités humaines rejettent dans l'atmosphère de 3 à 10 fois plus de cadmium que les sources naturelles (soit de 3 100 à 12 000 t par année). Le cadmium entre dans la chaîne alimentaire en se déposant dans les sédiments aquatiques ou sur le sol, à partir de l'atmosphère ou à partir de l'épandage de certains fertilisants (phosphates) ou de boues d'épuration. Il peut ensuite être absorbé par les plantes. Parmi les sources d'exposition au cadmium figurent le régime alimentaire (source principale pour les non-fumeurs), l'eau potable, le milieu de travail et le tabagisme. Depuis quelques années une dégradation de plus en plus importante de la qualité de nos écosystèmes aquatiques a été constatée [25-26]. Celle-ci semble être engendrée par une pollution massive et anarchique, tant par les matières organiques naturelles que par les produits industriels de synthèse. Cette pollution affecte tous les compartiments de l'écosystème (eau, sédiments, faune, etc.).

Au Maroc, depuis 1971 on a remarqué l'augmentation des cas d'intoxication en parallèle avec un développement industriel et urbain du littoral atlantique le plus souvent liée aux toxines algales, avec peu d'attention accordée aux métaux lourds. Cette intoxication est en relation directe avec la consommation des fruits de mer [27]. Les principaux polluants inorganiques marins qui ont retenu plus d'attention sont les métaux lourds rejetés en faibles ou en grandes quantités par les activités industrielles, ainsi que celles des toxines des microorganismes (algues, et phytoplanctons). Si certains éléments métalliques (oligo-éléments) sont présents à l'état de traces –essentiels pour l'organisme- l'accroissement de leur concentration peut représenter un danger pour les être vivants. D'autres éléments ne sont pas nécessaires et ne peuvent produire que des effets toxiques [28]. Les cotes de la ville de Safi sont potentiellement polluées par les rejets chimiques des traitements des phosphates auxquels s'ajoutent ceux d'origines urbaine et industrielle contenant des métaux (Al, Cd, Cr, Hg, Zn...) connus par leurs effets néfastes, notamment mutagènes, cancérogènes, génotoxiques, cytotoxiques, etc.

Le présent travail vise à évaluer le degré de contamination de l'écosystème marin du littoral de Safi en utilisant la moule *Mytilus galloprovincialis* comme bioindicateur de la pollution. L'objectif principal est la corrélation entre la distance aux sources de pollution, la distribution de taille des moules et leurs teneurs en cadmium pris comme modèle. Ainsi, ce rapport est divisé en deux parties. Dans la première partie, nous allons présenter les principales activités économiques génératrices de pollution dans la région de Safi, des rappels sur les bioindicateurs et un certain nombre de données toxicologiques des métaux lourds.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. 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 du littoral de Safi.

### 2.2. Sites (S) de prélèvements des échantillons

Cette étude environnementale s'étend sur 70 km du littoral de Safi (Maroc) située entre les villes d'El-Jadida et Essaouira. La région représente un important complexe industriel de transformation de phosphate et reçoit une forte charge organique et minérale engendré par les rejets domestique et industriels. Cinq sites littoraux de prélèvement ont été choisis à proximité des principaux points de rejets des effluents domestiques et industriels et dans des zones plus au moins éloignées utilisées comme références.

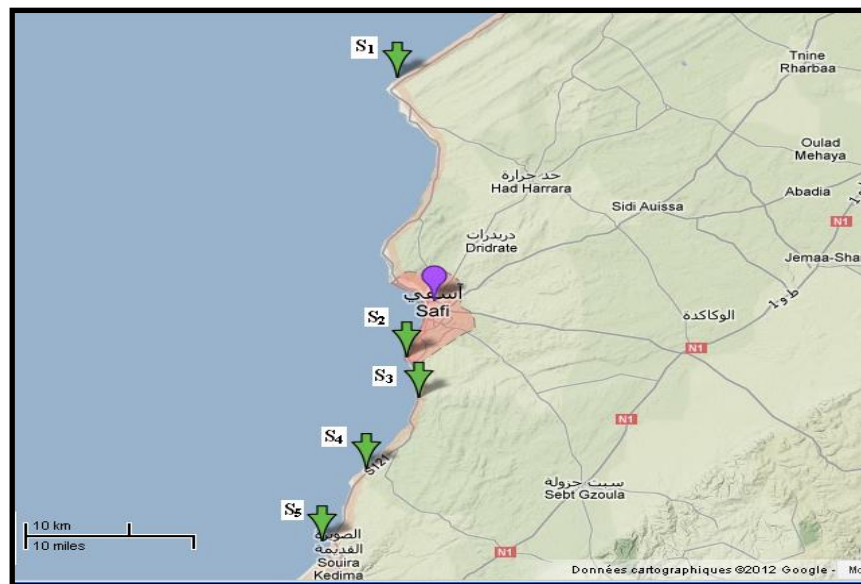
**S<sub>1</sub>** : site de Cap Beddouza situé sur la côte Nord à 34 km de Safi. C'est une zone balnéaire plus éloignée de sources de pollution industrielle et caractérisée par son aspect touristique (Latitude: 32.553614, Longitude: -9.271288).

**S<sub>2</sub>** : Marissa III se site est située au milieu de la ville de Safi et est l'exutoire principal des effluents de la ville, recevant la majorité des eaux usées domestiques et des unités de la zone industrielle de la ville (Latitude : 32.244276, Longitude : -9.262508).

**S<sub>3</sub>** : Situé à 5 km au sud de Safi et au voisinage immédiat du point de rejet des trois complexes industriels (Maroc Chimie, Maroc Phosphore I et Maroc Phosphore II) constituent l'une des grandes plate formes de fabrication d'acide phosphorique dans le monde, et dont les rejets sont constitués principalement de produits minéraux (Latitude : 32.205285, Longitude: -9.252552).

**S<sub>4</sub>** : Site de Ouled Salmane situé à 16 km au sud de Safi et caractérisé par l'absence de toute activité domestique au industrielle (Latitude : 32.134557, Longitude: -9.300016).

**S<sub>5</sub>** : Situé au niveau de la station balnéaire Souiria Lakdima, à 36 km au sud de Safi, éloignée de toute activité industrielle. (Latitude: 32.050935, Longitude : -9.341816).



**Figure 1.** Situation géographique des 5 sites de prélèvement

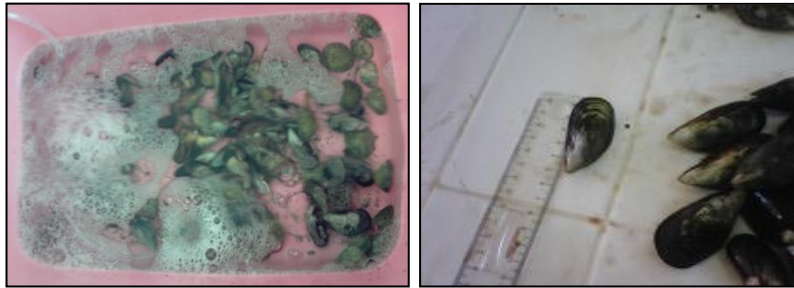
### 2.3. Choix des sites d'échantillonnage et prélèvement des moules (*M. galloprovincialis*)

Le choix des sites de prélèvement des échantillons s'est reposé, d'une part, sur la facilité d'accès et l'abondance des espèces, afin de pouvoir disposer d'une quantité suffisante et d'autre part, sur la proximité des sources de pollution domestiques et industrielles de Safi. Sur les cinq sites les moules (*M. galloprovincialis*) de tailles similaire (4 à 7cm) sont prélevés à la main, à marée basse en période de printemps (Mai), et placées dans des sacs en plastique puis transporté au laboratoire dans des glaciers à 4°C.

### 2.4. Préparations des échantillons et la minéralisation

Les moules ainsi recueillies dans ces cinq sites ont été lavées et placées dans des bassins aérés remplis d'eau de mer des lieux de prélèvement pendant 24 heures, cette technique permet de se débarrasser du contenu de leurs système digestif et éviter toute interférence avec les métaux à doser dans les tissus des animaux, Ils sont ensuite pesées afin d'avoir un poids

similaires de 400g de chaque site, puis stockés à  $-7^{\circ}\text{C}$  jusqu'à utilisation. Les moules, dépourvues de leurs coquilles ont été pesées puis séchées de façon à former une préparation stable dans une étuve portée à  $80^{\circ}\text{C}$ , puis elles ont été broyées pour avoir une préparation homogène. Au laboratoire, les moules ont été rincées abondamment à l'eau distillée, puis séchées dans une étuve à  $80^{\circ}\text{C}$  et broyées afin d'avoir un homogénat.



**Figure 2.** Moules de tailles similaires placées dans des bassins aérés

La minéralisation est effectuée par une digestion à chaud d'un échantillon de 0.5g de poids sec, provenant des homogénats de toute la partie molle de la moule, dans une solution de 5ml d'acide nitrique concentré à 65%. Les tubes contenant les échantillons sont placés dans un digesteur (minéralisateur) pendant 30min à  $160^{\circ}\text{C}$ , après refroidissement les volumes des minéralisants ainsi obtenus sont ajustés à l'eau distillée afin d'avoir une préparation d'échantillon stable de 10 ml.

#### 2.5. Préparation des étalons et analyses des données

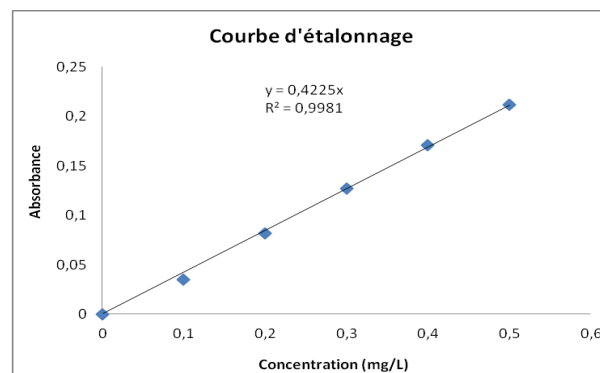
Les teneurs en cadmium sont analysées par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme, en utilisant un spectromètre d'absorption atomique, Perkin Elmer type Analyst 300, muni d'un calculateur intégré pour le traitement des résultats. La spectrométrie d'absorption atomique flamme permet le dosage mono-élémentaire des cations majeurs de l'ordre du mg/L, dans des échantillons liquides. Cela consiste en l'analyse par nébulisation des échantillons dans une flamme qui atomise les éléments à doser ; cette flamme peut être un mélange air/acétylène ( $2500^{\circ}\text{C}$ ) ou un mélange protoxyde d'azote/acétylène ( $3100^{\circ}\text{C}$ ) pour les éléments réfractaires (exemples : Al, Mo, Sr,...). Le rayonnement lumineux spécifique de l'élément chimique à analyser est émis vers la flamme permettant aux atomes d'absorber l'énergie nécessaire pour se trouver à un état excité et émettre une longueur d'onde ( $\lambda$ ) d'absorption spécifique. C'est la différence du signal électrique transmis entre les deux faisceaux lumineux qui donneront l'absorbance de l'élément mesuré. L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'absorption spécifique  $a$ , au trajet optique  $b$  et à la concentration  $C$ .

$$A = abC \text{ où } A = \log I_0/I$$

$I$  = intensité après absorption par les atomes

$I_0$  = intensité initiale de la source lumineuse.

L'étalonnage de l'appareil a été réalisé, avec des concentrations en cadmium variant de 0,1 à 0,5 mg/l. Les étalons ont été préparés dans des solutions d'acide nitrique à 1% (le blanc) à partir d'un étalon commercial certifié de cadmium à une concentration de 1000mg/l. On prépare au début par dilution une solution de 10mg/l, à partir de laquelle on a préparé des solutions étalons à différentes concentrations. Les absorbances de chaque étalon sont mesurées par absorption atomique et après la détermination de la courbe d'étalonnage dont les points ont été parfaitement alignés ce qui vérifié la loi de Beer Lambert.



### 3. Résultats et Discussion

Dans cette étude nous avons commencé par l'évaluation de la distribution de taille des moules des différents sites de prélèvement. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 1.

**Tableau 1:** Répartition géographique des moules en fonction de la longueur des coquillages

Sites (S)	Intervalle de la taille des moules en (cm)						
	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[
S <sub>1</sub>	0.00	0.00	4.50	63.60	18.18	9.09	4.50
S <sub>2</sub>	0.00	9.70	61.76	35.29	0.00	0.00	0.00
S <sub>3</sub>	8.57	60.00	20.00	8.57	2.87	0.00	0.00
S <sub>4</sub>	0.00	0.00	37.03	40.74	11.11	11.11	0.00
S <sub>5</sub>	0.00	8.00	24.00	52.00	8.00	4.00	4.00

La distribution et la taille des moules varient d'un site à l'autre (Tableau 1). Le site de Cap Beddouza, pris comme référence et ayant des bonnes conditions environnementales, détient les plus grandes moules parmi les cinq sites d'études suivi par la station de Souiria Lakdima. Ces résultats démontrent que la taille des moules ayant le même âge et élevées dans des sites différents, variait en fonction de la bonne qualité de l'environnement marin. L'étude de la répartition géographique des moules contaminées par le cadmium montre que le site S<sub>3</sub> présente la plus forte concentration de 29.2 (mg/Kg de matière sèche). Ce site est situé tout près de l'exutoire principal des industries chimiques, ce qui confirme la source anthropogénique du cadmium. Plus en s'éloigne du site S<sub>3</sub> plus la teneur devient de plus en plus faible. Ce qui indique que le cadmium rejeté au niveau de ce site, est transporté par le courant marin vers des sites plus éloignées comme le site (S<sub>1</sub>), (S<sub>2</sub>), (S<sub>4</sub>) et (S<sub>5</sub>) avec une concentration de 4.68, 9.16, 5.86 et 5.5 mg/L respectivement.

L'organisme touché par un type de polluant fabrique des mécanismes de défense en vue d'une adaptation favorable au maintien de sa vie, une partie de son énergie totale est perdue, à la production de tels mécanismes. Cette énergie aurait été allouée à la croissance et à la reproduction dans un environnement « propre » augmentant ainsi la « fitness » de l'organisme [29]. Leur taille (paramètre de croissance), risque d'être plus modeste ainsi que l'efficacité de leur reproduction (fitness) par rapport à des organismes vivants dans un environnement non pollué. Le cadmium et les composés de cadmium sont relativement solubles dans l'eau. Ils sont donc relativement mobiles dans les sols, biologiquement disponibles et susceptibles de bioaccumulation [30].

Les résultats de l'analyse de la teneur en cadmium chez les moules *M. galloprovincialis* sont représentés dans le tableau 2. L'étude des concentrations en cadmium chez la moule *M. galloprovincialis*, montre une différence très significative entre les sites, en fonction des conditions environnementales (répartition géographique, pollution, nature et taux des rejets.....ect).

L'analyse des concentrations en cadmium chez les moules *M. galloprovincialis* montre l'importance de la bioaccumulation du cadmium chez la moule. Ces résultats confirment ceux trouvés dans d'autres études rapportant que les mollusques bivalves sont de bon bio-indicateur de pollution marine [31-32]. La différence de sensibilité et d'accumulation du cadmium peut être attribuée à plusieurs facteurs parmi lesquels on peut citer la différence dans les procédés d'accumulation des métaux, la taille des organismes, leur écologie et biologie réciproques. L'étude de la répartition géographique de la contamination par le cadmium montre que la station S<sub>3</sub> présente la plus forte accumulation. Ce site est situé tout près de l'exutoire principal des industries, ce qui confirme la source anthropogénique du cadmium. Plus en s'éloigne de cette source plus la teneur devient de plus en plus faible. Ce résultat indique que le cadmium rejeté au niveau de la source de pollution est transporté par le courant marin vers des régions de plus en plus éloignées. Dans une étude similaire [33] en utilisant des algues (*Chlorophycophytes*) comme bio-indicateur de pollution marine, l'analyse de la teneur en cadmium chez les

tissus d'*Ulva lactuca* montre aussi le site (S<sub>3</sub>) présente la plus forte concentration de 5.84 (mg/Kg de matière sèche).

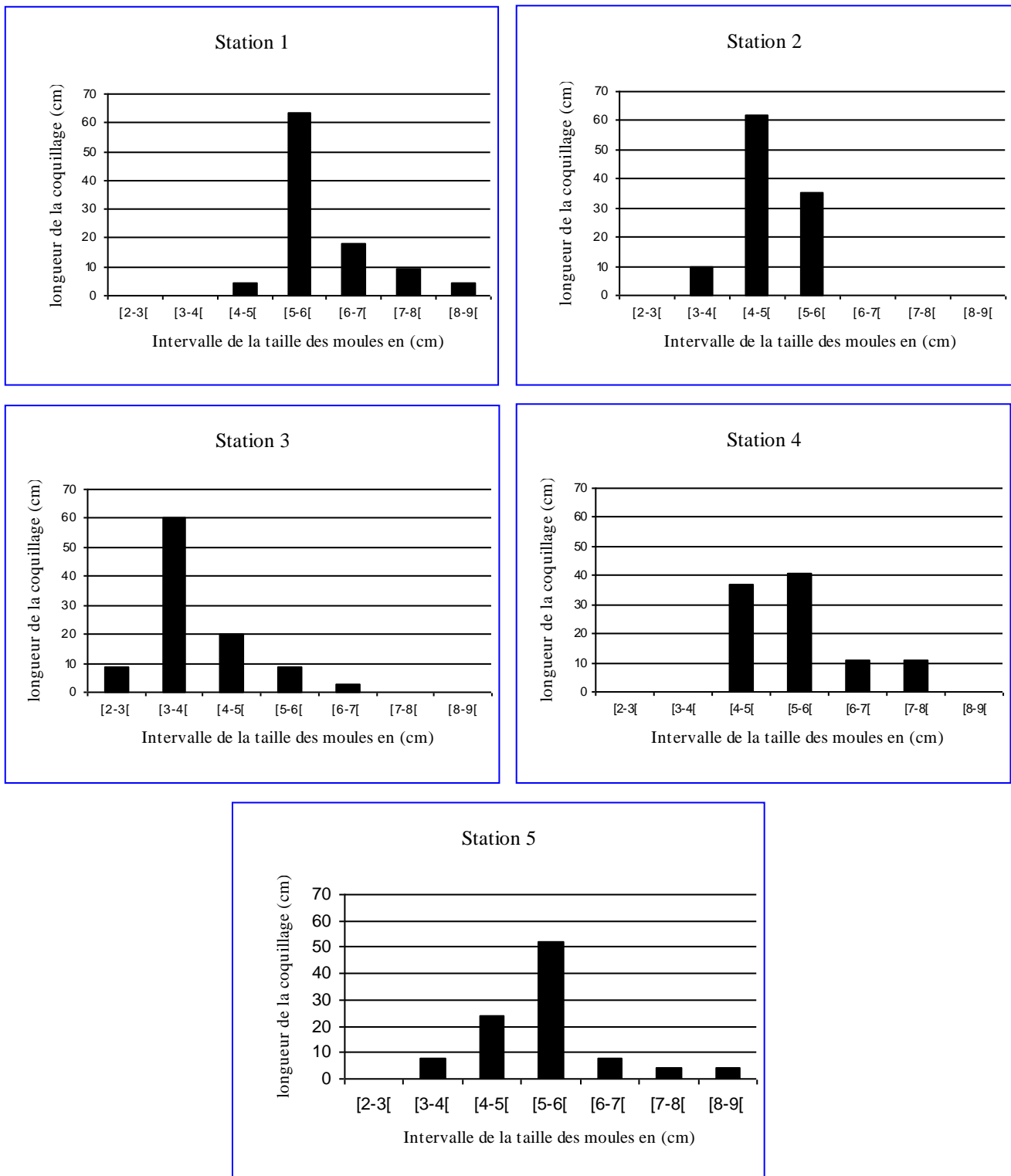
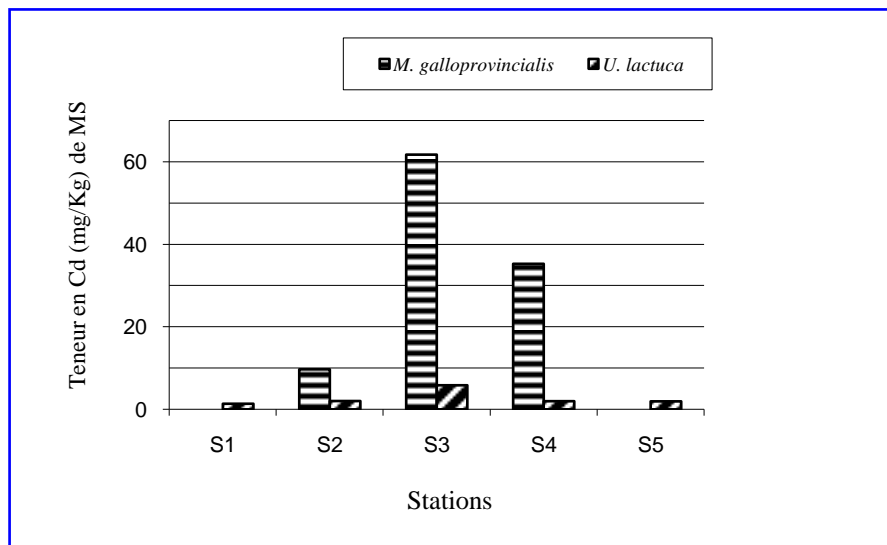


Figure 3. Répartition géographiques de *M. galloprovincialis* en fonction de la longueur des moules

**Tableau 2 :** Teneur en Cadmium chez les moules

Sites	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
Teneur en Cd (mg/Kg) de matière sèche	0	9.7	61.76	35.29	0

Ce site est situé tout près de l'exutoire principal des industries chimiques, ce qui confirme la source anthropogénique du cadmium. Plus en s'éloigne du site S<sub>3</sub> plus la teneur devient de plus en plus faible. Ce qui indique que le cadmium rejeté au niveau de ce site, est transporté par le courant marin vers des sites plus éloignées comme le site (S<sub>1</sub>), (S<sub>2</sub>), (S<sub>4</sub>) et (S<sub>5</sub>) avec une concentration de 1.36, 2.02, 1.98 et 1.94 (mg/Kg de matière sèche) respectivement.



**Figure 4.** Etude comparative de Teneur en Cadmium (mg/Kg) de matière sèche chez les moules et les algues prélevés des mêmes sites.

## Conclusion

Les résultats rapportés dans ce travail, fondé sur l'utilisation des moules *M. galloprovincialis* comme des bioindicateurs biologique, permettent une évaluation de l'état de contamination du milieu marin par le cadmium du littoral de Safi, et une quantification de l'impact des apports anthropiques en Cd dans le milieu marin. Ces apports en Cd se manifestent surtout au niveau de S<sub>3</sub>, cela est justifié par les pratiques industrielles de transformation des phosphates qui reposent sur le rejet à la mer. Compte tenu de l'importance de la consommation des moules, les concentrations en cadmium enregistrées dans les différentes stations et les Doses Maximales Admissibles (D.M.A.) pour le cadmium, fixée par l'organisation mondiale de la santé, qui est de 5 mg/Kg (O.M.S., 1971).

La concentration en cadmium chez *M. galloprovincialis* dans la station S<sub>1</sub> (Cap Beddouza) n'est pas toxique pour l'homme du moment que la D.M.A. n'est pas dépassée. Ce constat ne diminue en rien le risque potentiel encouru par l'homme à moyen et long terme si des contrôles fiables de la salubrité des produits de mer ne sont pas exigés avant et pendant leur commercialisation. Face à ce fléau s'impose la nécessité d'un contrôle régulier de la qualité de ces fruits de mer et d'une prise de mesure d'urgence pouvant aller jusqu'à l'interdiction formelle de la vente et de la consommation de ces produits prélevés au niveau des littoraux.

Les métaux lourds, dont le cadmium ont présents dans la nature et ne sont pas fabriqués par l'être humain. Cependant, le cadmium est principalement extrait dans les mines. Le secteur industriel et les particuliers l'utilisent au quotidien. Advenant une utilisation accrue, on observe une hausse de la production des déchets et des concentrations de cadmium dans l'environnement. Le cadmium est toxique dans l'environnement, très toxique pour les organismes aquatiques. La toxicité du cadmium a été observée sur des microbes et des champignons du sol, des insectes, des microorganismes aquatiques; les populations de mammifères ont des taux de cadmium sanguins plus élevés à proximité des industries polluantes.

## Références

1. Soot-Ryen T. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 1-175 (1955) 20.
2. Romeo M., Horau P., Garello G., Gnassia-Barelli M., and Girard J. P. *Environ. Pollut.* 369-378 (2003) 122.
3. Andral B., Stanisiere J. Y., Sauzade D., Damier E., Thebault H., Galgani F., and Boissery P. *Mar. Pollut. Bull.* 704-712 (2004) 49.
4. Fung C. N., Lam J. C. W., Zheng G. J., Connell D. W., Monirith I., Tanabe S., Richardson B. J., and Lam P. K. S. *Environ. Pollut.* 203-216 (2004) 127.
5. Kalpaxis D. L., Theos C., Xaplanteri M. A., Dinos G. P., Catsiki A. V., and Leotsinidis M. *Environmental Research* 211-220 (2004) 94.
6. Rainbow P. S., Fialkowski W., Sokolowski A., Smith B. D., and Wolowicz M. *Mar. Biol.* 271-286 (2004) 144.
7. Goldberg E. D. *Mar. Pollut. Bull.* 111-113 (1975) 6.
8. Philips D. J. H. *Pollut* 281-317 (1977) 13.
9. Goldberg E. D., Bowen V. T., Farrington J. W., Harvey G., Martin J. H., Parker P. L., Risebrough R. W., Robertson W., Schneider E., and Gamble E. *Envir. Conserv.* 101-125 (1978) 5.
10. Phillips D. J. H. *Applied Science Publishers, London.* (1980).
11. Philips D. J. H. and Segar D. A. *Mar. Pollut. Bull.* 10-17 (1986) 17.
12. Thibaud Y., and Boutier B. *Rapport Synthèse RNO.* 55-100 (1988) 6.
13. Claisse D., Cossa D., Bretaudeau-Sanjuan J., Touchard G., and Bombléd B. *Mar. Pollut. Bull.* 329-332 (2001) 42.
14. Claisse D., Joanny M., and Quintin J. M. *Analysis (Masson, Paris)* 19-22 (1992) 20.
15. Amiard-Triquet C., Guiral D., and Claisse D. *Symposium of the Oceanographic Institute.* (1999).
16. Buestel D. *Atelier RINBIO. Ifremer, DEL/DRV.* (1997).
17. Andral B., and Stanisiere J. Y., Réseaux Intégrateurs Biologiques. RINBIO. Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée: *résultats de la campagne 1998.*, Ifremer. DEL/TL/99-038. (1999).
18. Andral B., Stanisiere J. Y., and Mercier S. *Résultats de la campagne 2000.*, Ifremer. R.INT.DEL/TL/01-03. (2001).
19. Eisler R. *Oxford, Pergamon Press.* (1981).
20. Bowen H. J. M. *Academic Press, Londres:* 241 (1966).
21. Cain D. J., and Luoma S. N. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 209-217 (1986) 28.
22. Fisher, H. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 163-174 (1988) 48.
23. Cossa D. *Oceanologica acta* 12 (1989) 4.
24. Regoli F., and Orlando E. *The Science of the Total Environment Supplement.* 1283-1292 (1993).
25. Bennasser L., Fekhaoui M., Seigle Murandi F., Benoit Guyod J. L., *Water Res.* 859-867 (1997) 31.
26. Satoh S., Hernandez A., Tokoro T., Morishita Y., Kiron V., Watanabe T., *Aquaculture.* 271-282 (2003) 24..
27. Moustaid K., Nasser B., Baudrimont I., Anane R., El idrissi M., Bouzidi A., Creppy E. E., *C. R. Biologies,* 281-289 (2005) 328..
28. Aoun M., Thèse de doctorat. (2008).
29. Bouthir F. Z., Chafik A., Souabi S., Benbrahim S., *J. Mar. Life* 59-70. (2004) 14.
30. Szefer P., Geldon J., Anis A., Osuna F. P., Ruiz Fernandes A. C., Galvan S. R., *Environ. Int.* 359-374 (1998) 24.
31. Benamar et Hal J. S., *Aquat.* 16-20 (2010) 1.
32. Ravi A., (2006). *l'IFSC, Budapest, Hongrie. Lien (site OMS).*
33. Ezziyyani M., Barka N., Hamdache A., Mouraziq F., Sebbar H., Lamarti A., Aleu Casatejada J., Gonzalez Collado I., *Acte, au 4<sup>th</sup> International Congress water, waste & environment* (2013).

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>