

Variation spatio-temporelle des métaux traces (Cr, Cu, Pb, Zn) chez la laminariale *Saccorhiza polyschides* au niveau du littoral de la région d'Essaouira

O. Cherifi¹, H. Sabri¹, A. Gharmali², A. Maarouf¹, M. Hasni³, K. Cherifi⁴, A. Ait-Hman², A. Derhem⁵, N. Bahammou¹ et K. Sbihi¹

¹Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad BP/549, Marrakech 40 000, Maroc.

²Faculté des Sciences Semlalia., Université Cadi Ayyad, BP/2390, Marrakech 40 000, Maroc.

³Ecole Normale Supérieure, Marrakech, Maroc

⁴Faculté des Sciences Ibn Zohr, BP/8106, 80 000 Agadir, Maroc.

⁵Société BIO3 Dakhla, Dakhla, Maroc

Corresponding author : cherifiouafa@gmail.com

Received : 03 December 2017 Accepted : 10 January 2018

Abstract

This preliminary study allowed us to assess the state of health of Essaouira coastline, through the phytobenthos inventory in 3 stations: a control station (S1: My Bouzektoune) and two stations suspected potentially impacted (S2: Essaouira port station and S3: Bab Doukkala station). Also, by analyzing the concentration of trace metals (Cu, Cr, Pb and Zn) in the Phaeophyceae *Saccorhiza polyschides* which is common between the 3 stations cited. Seasonal sampling was conducted during 2016 and 2017.

The results showed a significant decrease of the phytobenthos specific richness in the polluted stations (S2 and S3) in comparison with the control station (S1). Trace metal analysis into the Laminariale *S. polyschides* had shown a spatio-temporal variation of the bioaccumulation of the four trace metals. The metal contents are quite higher at S2 and S3 stations than those in S1, justifying the low specific richness of algae in the polluted stations. The spring season has shown that the port station is significantly more polluted than that of Bab Doukkala. The accumulation of metals in the macroalga follows the order Zn > Pb > Cu > Cr. Thus, this macroalga, among others, should inform on chemical quality of coastline ecosystems.

Key words: *Saccorhiza polyschides*, Heavy metals, Pollution, Spatio-temporal variation.

Résumé

Cette étude préliminaire a permis de dresser l'état de santé du littoral de la région d'Essaouira en dressant, d'une part, l'inventaire du phytobenthos au niveau de 3 stations une station témoin (S1: My Bouzektoune) et deux stations soupçonnées d'être potentiellement impactées (S2: Station du port d'Essaouira et S3: Station Bab Doukkala). D'autre part, en analysant quelques métaux traces (Cr, Cu, Pb et Zn) chez une Phaeophyceae commune entre

les 3 stations précitées. Des prélèvements saisonniers ont été effectués durant les années d'étude 2016 et 2017.

Les résultats ont montré une dégradation notable de la biodiversité du phytobenthos au niveau des stations impactées (S2 et S3) par rapport à la station témoin (S1). L'analyse des métaux traces a montré une variation spatio-temporelle de leur bioaccumulation chez la Laminariale *Saccorhiza polyschides*. Les teneurs en métaux sont assez élevées chez la macroalgue au niveau des stations S2 et S3 par rapport à la station témoin, ce qui justifie la faible richesse spécifique au niveau de ces stations. La saison de printemps a démontré que la station du port est significativement plus polluée que celle de Bab Doukkala. L'affinité de l'accumulation des métaux chez *S. polyschides* suit l'ordre suivant Zn > Pb > Cu > Cr. Les informations recueillies montrent que cette macroalgue, parmi d'autres, pourraient nous informer sur la qualité chimique des écosystèmes littoraux.

Mots clés: *Saccorhiza polyschides*, Métaux traces, Pollution, Variation spatio-temporelle.

Introduction

Par ses deux façades maritimes atlantique et méditerranéenne, le Maroc est un pays profondément influencé par la mer, en effet le littoral s'y étend sur 3500 km [1]. Cette position géographique particulière procure au Maroc une remarquable variété de bioclimats engendrant une grande diversité biologique. Cependant, il a été souligné une dégradation de la biodiversité à l'échelle nationale [2, 3] et aussi mondiale [4, 5]. En effet, les densités de populations humaines ne cessent d'augmenter partout sur la frange littorale (plus de 60%). Cela se traduit par une accélération continue et rapide de l'utilisation de l'espace littoral et un accroissement des pressions sur les écosystèmes et les espèces qu'ils renferment [6].

Dans le cas des algues, elles ont de nombreux prédateurs invertébrés et vertébrés qui les consomment mais c'est l'action de l'Homme qui représente la menace la plus grave puisqu'il peut réduire l'aire de distribution de certaines espèces ou même les menacer d'extinction [7].

Parmi les activités anthropiques qui touchent le plus la biodiversité marine, nous notons d'une part, les apports nutritifs liés aux rejets urbains, agricoles ou industriels constituent la principale pression pesant sur les macrophytes [8, 9. D'autre part, les métaux lourds souvent à l'état de traces provenant des rejets et effluents industriels urbains et des sites portuaires [10]; s'ils atteignent certaines concentrations dans le milieu aquatique, ils peuvent induire chez les macrophytes une inhibition de la croissance, une diminution de l'efficacité de la photosynthèse, voire présenter des effets létaux [8, 11-13].

Ainsi notre objectif vise à déterminer l'état de santé du littoral de la région d'Essaouira où une dégradation notable de la biodiversité algale a été notée auparavant [2] à travers l'analyse de quelques métaux traces chez la macroalgue *Saccorhiza polyschides*.

Matériel et Méthodes

Stations d'étude

La zone d'étude s'étale sur le littoral atlantique marocain entre les longitudes 9° 30' et 9° 50' ouest de Greenwich et entre les latitudes 31° 15' et 31° 45' nord de l'équateur [14], et ce depuis Moulay Bouzerktoun comme station témoin (S1) située à 15 km au nord de la ville d'Essaouira, suivi de Bab Doukkala de la même ville où se localise le quartier industriel (S2) jusqu'à la station du port (S3) (Fig. 1).



Figure 1 : Localisation des stations d'étude au niveau de la région d'Essaouira

Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé à marée basse sur de substrat dur (rocheux) suivant le principe du quadra durant trois saisons (Octobre 2016, Janvier et Avril 2017). Dix-huit points sont retenus par station, six points au niveau de l'étage médiolittoral inférieur, six points au niveau de l'étage médiolittoral moyen, et six points au niveau de l'étage médiolittoral supérieur. Les échantillons destinés à l'identification algale sont conservées à l'alcool à 10%. Pour les autres échantillons d'eau et d'algues, ils ont été mis dans une glacière et ramenés au laboratoire.

Paramètres biotiques et abiotiques

L'identification des Macroalgues est effectuée au laboratoire, à l'œil nu, sous loupe et au microscope en utilisant divers clefs de détermination, entre autres, celle de Gayral (1958) [15] et aussi en présence de spécialistes dans le domaine.

Le dosage des métaux traces a été effectué en adoptant la technique de [16]. Ces métaux ont été dosés en utilisant le Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA).

Test statistique

Un test statistique a été effectué à travers le test ANOVA à un seul facteur en utilisant le logiciel Statistica.

Résultats et Discussion

Richesse spécifique

L'inventaire des algues marines des trois stations, situées tout au long du littoral de la ville d'Essaouira, a permis de recenser 259 taxons, dont 69% appartiennent au groupe des Rhodophyta, 16% à celui des Phaeophyta et 15% à la division Chlorophyta (Fig. 2). D'après l'inventaire algal effectué au niveau de différents mers et océans, ce sont les algues rouges qui sont les plus représentées par rapport aux autres groupes algaux [2, 17, 18, 1, 19].

Toutefois, il a été noté une dégradation notable de la diversité algale en allant de la station S1 (My Bouzerktoun) vers la station S2 (Quartier industriel) où plus de 46% des espèces ont disparu. Aussi, une disparition d'environ 30% des espèces algales a été enregistrée au niveau de la station S3 (le port) (Fig.3)

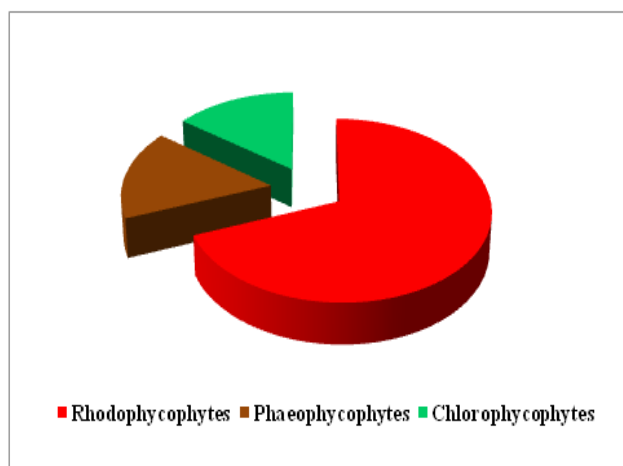


Figure 2 : La richesse spécifique globale du phytophenthos au niveau des stations étudiées (S1, S2 et S3)

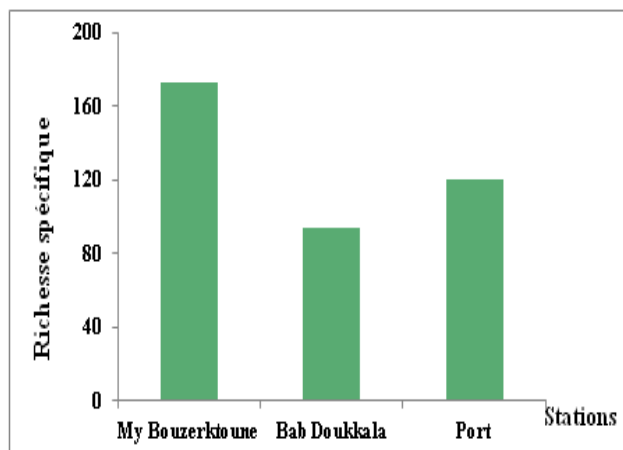


Figure 3 : Variation de la richesse spécifique au niveau des trois stations durant la période d'étude

Plusieurs facteurs influencent la biodiversité algale notamment les paramètres physiques, chimiques, dynamiques et biotiques [20]. Cependant, l'action anthropique représentée, entre autres par les facteurs chimiques, est celle qui influence le plus la biodiversité. En effet, certains auteurs ayant travaillé au niveau des mêmes stations ont soulevé que les teneurs en composés chimiques (azoté et phosphorés) sont plus élevées au niveau des stations polluées par rapport à la station témoin [2]. Ceci a été aussi confirmé par d'autres auteurs au niveau d'autres sites d'études [21]. Aussi, l'influence des facteurs environnementaux tels que la spéciation physico-chimique des métaux dissouts, et la teneur en sels minéraux et en nutriments dans l'eau ambiante sur les teneurs en certains métaux dans les algues peuvent être importantes [22-24].

Métaux traces

Les métaux traces ont été dosés au sein des espèces dominantes au niveau des 3 stations et durant les 4 saisons étudiées. Cependant, seule la

Laminariale *Saccorhiza polyschides* a été retenue dans ce présent travail puisqu'elle est dominante durant toute la période d'étude et au niveau de presque toutes les stations étudiées. Ce qui a permis de faire une comparaison saisonnière et spatiale du comportement de cette algue vis-à-vis des métaux d'une part. D'autre part, d'évaluer les tendances spatiales et temporelles des métaux contaminant le secteur côtier de la région d'Essaouira. En effet, les algues en général et le phytobenthos en particulier sont des bio-indicateurs de pollution par le fait qu'ils accumulent directement les composés existant dans l'eau de mer, ce qui fait de l'analyse des tissus un indicateur fiable de la qualité de l'eau, et évite les difficultés logistiques souvent associés aux échantillonnages représentatifs et comparatifs de l'eau de mer [25].

Les résultats ont montré une variation spatio-temporelle de la bioaccumulation des quatre métaux traces chez la Laminariale *Saccorhiza polyschides* (Fig. 4). Les teneurs en métaux sont élevées au niveau des stations S2 et S3 par rapport à la station témoin surtout concernant le Pb ($F=2,438$; $p=0,112$) et le Cr ($F=2,918$; $p=0,076$) où il a été noté une différence significative. Par ailleurs, une diminution des teneurs métaux est enregistrée en hiver, voir même la non détection du Pb et du Cr chez cette algue. Des fluctuations saisonnières des teneurs en métaux dans les algues sont souvent observées et rapprochées des variations saisonnières de leur taux de croissance [26]. Cependant, les activités de croissance n'expliquent pas entièrement à elles seules la différence dans la variabilité saisonnière entre les métaux. Eide et al. (1980) [27] ont trouvé des différences marquées du taux d'assimilation du cadmium et du zinc entre les saisons chez la phaeophyceae *Ascophyllum nodosum*, et proposent que l'assimilation de ces métaux puisse être liée aux processus métaboliques. Aussi, Drude et al. (1985) [28] ont constaté que les teneurs en métaux, entre autres, le Cd, Cu et le Pb dans cinq algues marines au sud du Brésil étaient généralement à leur maximum en été et à leur minimum en hiver. De même, Leal et al. (1997) [29] ont constaté que les teneurs en Cd, Hg et Pb, tant dans *Enteromorpha* sp. que dans *Porphyra* sp., étaient plus élevées au printemps (juin-avril) qu'en hiver (mars-novembre).

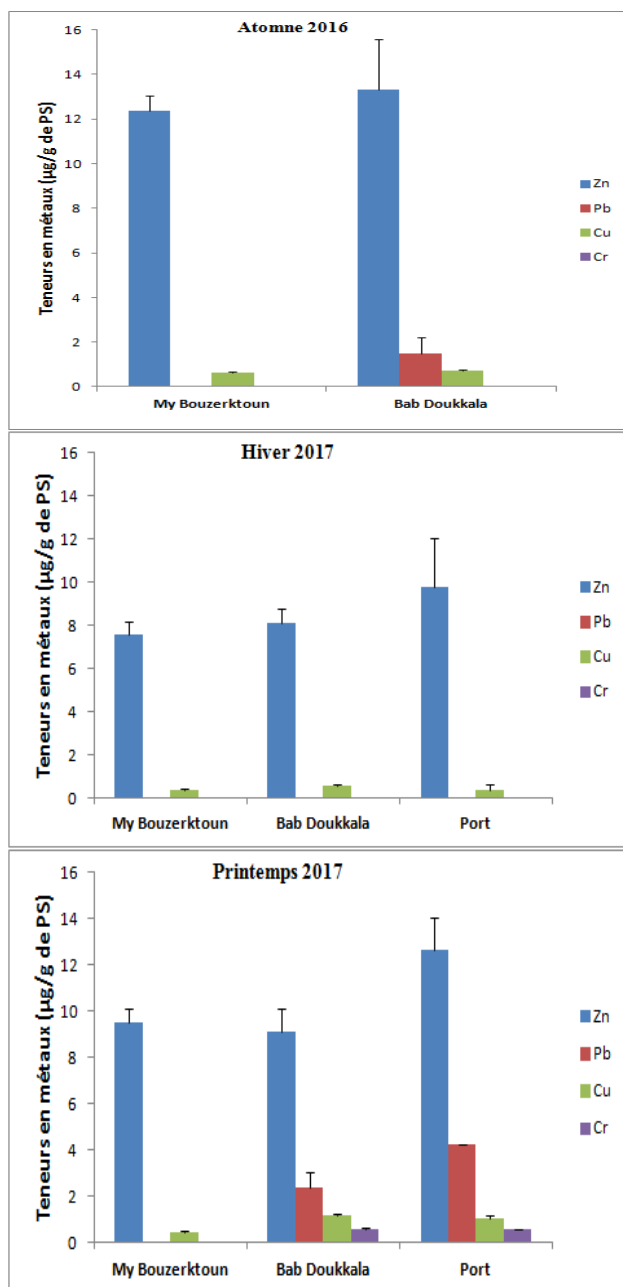


Figure 4 : Variation spatio-temporelle des teneurs en métaux traces chez *Saccorhiza polyschides*

L'accumulation des métaux chez la macroalgue suit l'ordre suivant $Zn > Pb > Cu > Cr$. A part, le Pb qui semble être plus accumulé par cette Laminariale, cette affinité est en concordance, dans l'ensemble, avec celle trouvée dans d'autres travaux pour le Zn, Cu et Cr [30, 31]. Romera *et al.* (2006) [32] ayant travaillé sur 37 espèces algales dont 20 algues brunes ont trouvé que tous les métaux sauf le plomb présentent une affinité similaire pour les algues brunes et que le meilleur performant pour la biosorption des métaux est le plomb. Cependant, ceci n'est pas général pour toutes les espèces de ce groupe puisque Barnett et Ashcroft (1985) [33] ont démontré que vis-à-vis des métaux traces, l'espèce *Fucus vesiculosus* suit l'affinité suivante : $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Cd > Pb$.

Conclusion

Afin de prévenir les catastrophes écologiques, l'usage des bioindicateurs est désormais un des outils de grande importance pour la biosurveillance de la pollution provoquée par les métaux traces dans les écosystèmes marins. Les algues, ont un grand intérêt écotoxicologique du fait qu'elles biosorbent directement les polluants rejetés ou déversés dans ces milieux. Ce qui rend l'analyse de leur thalle un indicateur fiable pour évaluer le niveau de contamination.

Les résultats obtenus par notre étude fondés sur l'étude de la richesse spécifique du phytobenthos et de la biosorption de quatre métaux (Cu, Cr, Pb et Zn) chez la macroalgue marine *Saccorhiza polyschides* ont permis de dresser l'état de santé du littoral d'Essaouira. En effet, il a été noté que la richesse spécifique des algues est faible dans les stations à forte activité anthropique (stations Bab Doukkala et port d'Essaouira) en comparaison avec la Station de My Bouzerktoun où l'activité anthropique est presque absente. Cette diminution varie entre 30% (S3) et 46% (S2).

L'analyse des métaux traces métalliques chez *S. polyschides* a montré une variation saisonnière de l'accumulation des métaux. En effet, la teneur des métaux biosorbés est élevée en automne et au printemps en comparaison avec la saison hivernale. Aussi cette étude a permis de montrer que cette bioaccumulation est variable aussi bien selon la station en question que selon le métal considéré. En effet, la bioaccumulation des métaux étudiés est significativement plus élevée entre les stations anthropisées (S2 et S3) et la station témoin (S1) située à l'abri des activités humaines.

L'affinité de la Laminariale *S. polyschides* aux métaux traces suit presque celle trouvée chez la plupart des algues dans le monde, sauf pour le Pb qui semble être mieux accumulé par les espèces d'algues brunes par rapport au Cu et au Cr. Ainsi, l'accumulation des métaux chez cette algue suit l'ordre suivant : $Zn > Pb > Cu > Cr$.

Références

- [1] Benhissoune S. (1995). Contribution à l'étude phytoécologique du phytobenthos marin de la région de Rabat-Mohammedia (Atlantique Marocaine). *Thèse de Doctorat, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat*, p. 253.
- [2] Sabri H., Cherifi O., Maarouf A., Cheggour M., Bertrand M. & Mandi L. (2017). Wastewater impact on macroalgae biodiversity in Essaouira coast (Morocco). *J. Mater. Environ. Sci.*, 8 (3), p 857-862.
- [3] Riadi H. & Kallaz M. (1998). Inventaire bibliographique des Algues benthiques du

- littoral Marocain. I. *Chlorophyceae* et *Phaeophyceae*. *Acta. Bot. Malac.*, 23, p 23-41.
- [4] Graiff A., Dankworth M., Wahl M., Karsten U. & Bartsch I (2017). Seasonal variations of *Fucus vesiculosus* fertility under ocean acidification and warming in the western Baltic Sea. *Botanica Marina*, aop., p 1-15. DOI 10.1515/bot-2016-0081.
- [5] ONU (2010). Perspectives mondiales de la diversité biologique 3, *Rapport ONU, Secrétariat de la convention sur la biodiversité, Montréal, Québec, Canada*, p. 93.
- [6] Amara R. (2011). L'homme et la biodiversité marine : les liaisons dangereuses. *Article invité, Revue Synthèse.*, 23, *Université du Littoral – Laboratoire d'Océanologie et Géosciences CNRS, UMR 8187, F-62930 Wimereux, Université Badji Mokhtar-Annaba, France*, p. 16.
- [7] Person J. (2010). Livre turquoise : algues, filières du futur. *Colloque Algues : filières du futur. Adebitech – Romainville*, p. 182.
- [8] Lauret M., Oheix J., Derolez V. & Laugier T. (2011). Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. *Réseau de suivi lagunaire*, p. 148.
- [9] Ifremer. (2008). Biodiversité en environnement marin : Synthèse et recommandations en sciences environnementale et sociale. *Rapport à l'IFREMER de l'Expertise Collective en Biodiversité Marine*, p. 138.
- [10] PNUE (Programme de Nations Unies pour l'Environnement). (1982). Etudes de polluants marins provenant de sources industrielles dans la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Rapports et études des mers régionales n° 2 - en collaboration avec l'Onudi*, p. 119.
- [11] Amada Filho G. M., Karez C. S., Andrade L. R., Yoneshigue-Valentim Y., Pfeiffer W. C., (1997). Effects on growth and accumulation of zinc in six seaweed species. *Ecotoxicology, Environment and Safety.*, 37, p 223-228.
- [12] Gerbal M. & Verlaque M., 1995. Macrophytobenthos de substrat meuble de l'étang de Thau (France, Méditerranée) et facteurs environnementaux associés. *Oceanologica Acta*, 18 (5), p 557-571.
- [13] Haritonidis S., Jager H. J., Schwantes H. O., (1983). Accumulation of cadmium, zinc, copper, and lead by marine macrophytes under culture conditions. *Angewandte Botanik* 57, p 311-330.
- [14] Chouikh N. (2014). Contribution à l'étude faunistique et écologique des annélides polychètes du littoral d'Essaouira (Côte atlantique du Maroc). *Rapport de stage du master, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences, Sémalial, Marrakech*, p. 53.
- [15] Gayral P. (1958). Algues de la côte atlantique marocaine. *Deuxième ouvrage de la collection « la nature au Maroc Rabat »*, p. 523.
- [16] Mazlani S. (1995). Etude écotoxicologique de la contamination métallique des eaux des sédiments et des organismes aquatiques dans la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech. *Thèse d'Etat, Faculté des Sciences, Sémalial, Université Cadi Ayyad, Marrakech*, p. 267.
- [17] Vollette J., Thirion J. M. & Lahondère C. (2016). Inventaire des macroalgues des estrans rocheux de l'estuaire de la Gironde. *Bull. Soc. bot.* 46, p. 25-33.
- [18] Guiry M.D. (2012). How many species of algae are there? *J. Phyco.*, 48 p 1057-1063.
- [19] Wynne J. (1986). A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.*, 64, p 2239-2281.
- [20] Riadi, H., (1998). Etude nationale sur la biodiversité, algues marines. *Direction de l'observation, des études et de la coordination. Observatoire Nationale de l'Environnement du Maroc O.N.E.M.*, p. 103.
- [21] Lévêque. C. & Mounolou J. C. (2003). Biodiversity. *John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, West Sussex*.
- [22] Bouabdli A., Saidi N., M'rabet S., Escarre J. & Leblanc M. (2005). Heavy metals transport by the Moulaya river (Morocco). *Rev. Sci. Eau.*, 18/2, p 199-213.
- [23] Tabudravu J. N., Gangaiya P., Sotheeswaran S. & South J. R. (2002). Enteromorpha flexuosa (wulfen) J. Agardh (Chlorophyta: Ulvales)-evaluation as an indicator of heavy metal contamination in a tropical estuary. *Environ. Monit. Assess.*, 75, p 201-213.
- [24] Messai K. (2014). Etude de la pollution maritime par les métaux lourds (Pb, Zn) dans la cote de Jijel. *Mémoire de Master, Université de Constantine 1, Algérie*.
- [25] Wariaghli, F., El Ghzaoui, G., Al Amouri, M., 2004. Les algues et leur intérêt en écotoxicologie. *Université Mohamed V, UFR, biodiversité du littoral marocain, Module, Ecotoxicologie*, 92 pp.
- [26] C. Pohl, G. Kattner, M. Schulz-Baldes, (1993). Cadmium, copper, lead and zinc on transects through Arctic and Eastern Atlantic surface and deep waters, *J. Mar. Syst.* 4 (1993) 17-29.
- [27] Eide I., Mykkestad S. & Melsom S. (1980). Long-term uptake and release of heavy metals

- by *Ascophyllum nodosum*. *Environ. Pollut., Série A* 23, p 19–28.
- [28] Drude de Lacerda V. L., Teixeira, J. R. D. & Guimaraes S. (1985). Seasonal variation of heavy metals in seaweeds from Conceição de Jacarei (R.J.), *Brasil.Bot.*, 28, p 339-343,
- [29] Leal M. F. C., Vasconcelos M. T. S. D., Sousa-Pinto I. & Cabral J.P.S., (1997). Biomonitoring with benthic macroalgae and direct assay of toxic metals in seawater of the Oporto Coast. Northwest Portugal *Mar. Pollut. Bull.* 34 12, p 1006–1015.
- [30] Storelli M M., Storelli A. & Marcotrigiano G. O. (2001). Heavy metals in the aquatic environment of the Southern Adriatic Sea, Italy Macroalgae, sediments and benthic species. *Environ. Int.* 26, p 505-509.
- [31] Akcali, I. & Kucuksezgin, F. (2011). A biomonitoring study: heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. *Mar. Pollut. Bull.*, 62, p 637–645.
- [32] Romera E., Gonzalez F., Ballester A., Blazquez M. L. & Munoz J. A. (2006). Biosorption with algae: Statistical review. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 26(4), p 223–235.
- [33] Barnett B. E. & Ashcroft C. R. (1985). Heavy Metals in *Fucus vesiculosus* in the Humber Estuary. *Environ. Pollut., (Series B)* 9, p 193-21