

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumés	
Introduction.	1
<u>Partie I : Synthèse bibliographique sur la pollution marine.</u>	
I- La pollution marine	3
I-1-Introduction	3
I-2- Classifications de la pollution marine	4
I-3- Pollution ou contamination	6
I-4-Transport des polluants vers le milieu marin	6
I-4-1-Les retombées atmosphériques	7
I-4-2- Le ruissellement et rejet par émissaires	7
I-5-Devenir des polluants	8
I-5-1- Dégradation du polluant dans le milieu	8
I-5-2- La bioaccumulation	8
a-Notion de biodisponibilité	8
b-Bioaccumulation	8
I-6- Définition d'un bio-indicateur	10
I-4- Mécanismes qui favorisent la bioaccumulation	11
I-5- Comment surveiller la qualité de l'environnement ?	11
II- Contamination par les métaux lourds	12
II-1 Définition des métaux lourds	12
II-2- Spéciation des métaux en milieu aquatique	14
II-3- Mécanisme de capture des métaux	15
II-3-1 Capture des métaux	16
III- La distribution, la métabolisation et l'élimination des métaux	17
III-1- Mécanisme de stockage des métaux: organotropisme	18
III-2- Métabolisation des métaux	18
III-2-1- La bio minéralisation	18
III-2-2- Réaction de biotransformation	19
III-2-3- Les métallothionéines	19
III-2-4- Excrétion des métaux	20
III-2-5- Bioaccumulation et bioamplification dans les réseaux trophiques	20
IV- Métaux lourds : Cadmium, Nickel, Zinc	21
IV-1- Cadmium	21
IV-1-1- Propriétés physico- chimiques	21
IV-1-2- Sources et cycle	22
IV-1-3- Utilisation	23
IV-1-4- Bioaccumulation et Propriétés toxiques	23
IV-2- Le zinc	24
IV-2-1- Propriétés physico- chimiques	24
IV-2-2- Sources et cycle	25

IV-2-3- Utilisation	26
IV-2-4- Bioaccumulation et Propriétés toxiques	26
VI-3- Le Nickel	27
IV-3-1-Propriétés physico- chimiques	27
IV-3-2-Sources et cycle	27
IV-3-3-Utilisation	28
IV-3-4-Bioaccumulation et Propriétés toxiques	29

PARTIE II : Synthèse bibliographique sur *Mullus barbatus* (L., 1758)

I- Généralités:	31
I-1- Origine du nom vernaculaire.	31
I-2- Différences entre <i>Mullus barbatus</i> et <i>Mullus surmuletus</i>	31
I-3- Noms communs de <i>Mullus barbatus</i>	33
I-4- Origine du nom scientifique	33
I-5- Classification hiérarchique	33
II- Biologie du rouget barbet de vase <i>Mullus barbatus</i> (L., 1758)	34
II--1 Description morphologique de <i>Mullus barbatus</i> (L., 1758)	34
II-2- Habitat et distribution géographique	36
II-2-1- Habitat	36
II-2-2- Distribution géographique	36
II-3- Cycle biologique	37
II-3-1- La croissance	37
II-3-2- La reproduction	38
II-3-3- La ponte	39
III-5- Régime alimentaire	40
V-6- Pêche et exploitation	41

Partie III : Caractéristiques de la zone d'étude.

I-Caractéristiques générale de la mer Méditerranée	43
I-1-Etat de la pollution en mer Méditerranées	43
I-2-Cas de la pollution métallique en méditerranée.	46
II-Caractéristiques générales du littoral algérien.	46
II-1-Circulation des eaux le long des côtes algériennes : Facteurs hydrodynamiques.	47
II-1-1-Le courant	47
II-1-2-La houle	48
II-2-Situation géographique et topographique du littoral algérien	49
II-3-Sédimentologique	49
II-4-Biodiversité marine	50
II-5- situation de la pollution au niveau des côtes algériennes	50
III-caractéristique de zones d'échantillonnages	51
III-1- Oran	51
III-1-1- Situation géographique	51
III-1-2- Zones de pêche du rouget au niveau d'Oran	52
III-1-3- Pressions anthropique sur la côte oranaise	52

III-2- Béni Saf	53
III-2-1- Situation géographique	53
III-2-2- Zones de pêche du rouget au niveau d'Ain Temouchent	54
III-2-3- Pressions anthropique sur la côte de Beni Saf.	54

Partie IV: Matériel et méthodes.

I-Méthode d'échantillonnage.	56
II-Préparation des échantillons.	57
III- dosages des éléments en traces métalliques.	62
IV- Analyses biométriques et calcul des indices biologiques.	63
a-Coefficient de condition (Kc)	63
b- Le rapport Gonado-somatique RGS	63
c- Le rapport hépato-somatique.	64
d- Détermination de la teneur en eau	64
V- Analyses statistiques des résultats.	65

Partie V : Résultats et discussion.

I-Résultats et discussion	66
I-1-Indices biologiques	66
a- Sex-ratio	66
b- Relation Taille- poids	
c-Evolution du rapport gonado-somatique, du rapport hépato-somatique et le facteur de condition.	68
d- Structure de la population utilisée pour l'analyse des éléments en traces métalliques.	70
I-2-dosage des éléments traces (Cd, Zn, Ni).	70
a-Bioaccumulation du Cd, Ni et Zn.	73
b-Variation des concentrations en éléments en trace métallique en fonction de la taille.	74
c-Variation des concentrations en éléments en trace métallique en fonction des organes	77
d-Variations saisonnières des concentrations en éléments en traces métallique.	81
e-Variations des concentrations en ETM entre les deux sites d'échantillonnage.	82
f-comparaison avec les doses recommandées.	87
g-Etats de la contamination du muscle du rouget par rapport à d'autres poissons pêchés au niveau du littoral occidental algérien.	88
Conclusion.	90
Bibliographie.	92
Annexes.	

Liste des abréviations

Cd : Cadmium.

CNMRS: conseil nationale pour la recherche médicale et de la santé.

DHT : Dose hebdomadaire tolérable.

D.P.R.H : Direction de la pêche et des ressources halieutique.

EC: European Commission.

EC₅₀ : Median effective concentration.

EEA: European Environment Agency.

FAO: Food and agriculture organisation.

F_{BA} : Facteur de bioaccumulation

F_{BC} : Facteur de bioconcentration

GESAMP : Group of Expert on the scientific Aspects of Marine Pollution.

IPCS: International Programme on Chemical Safety

JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants.

METAP: Programme d'Assistance Technique pour l'Environnement Méditerranéen.

MT : Métallothionéines.

Ni: Nickel.

P.S.: Poids sec.

P.F. : Poids frais.

S.A.A. : Spectrophotomètre à absorption atomique.

UNEP: United nations environment programme.

US EPA: US Environmental Protection Agency.

WHO : International Programme on Chemical Safety.

Zn : Zinc.

Liste des figures

Figure 1: Sources et cheminement de la pollution marine	7
Figure 2: Réactions entre les différentes formes des métaux (M) en milieu aqueux (Buffle, 1988)	14
Figure 3: Propriétés physico-chimique des contaminants agissant sur la bioaccumulation (Nortrom et Letcher, 1996)	17
Figure 4: Mécanismes de métabolisation et d'éliminations des xénobiotiques (Perez T., 2000)	19
Figure 5: Identification des deux espèces de rouget: <i>Mullus barbatus</i> et <i>Mullus surmuletus</i>	32
Figure 6: Aspect morphologique du rouget barbet de vase <i>Mullus barbatus</i>	36
Figure 7: Distribution géographique de <i>Mullus barbatus</i> (Computer Generated Native Distribution Map)	37
Figure 8: Cycle biologique du rouget barbet de vase (<i>Mullus barbatus</i>) dans le secteur de Castellon, D'après Suau et Larranneta, 1964.	40
Figure 9: Capture totale et Production mondiale de <i>Mullus barbatus</i> (tonne) (http://www.fao.org/fishery/species/3208/en)	41
Figure 10: Subdivision des sous bassins de la Méditerranée selon UNEP, 2003. La ligne en pointillé délimite les bassins versants.	43
Figure 11: Point chauds de la pollution le long des côtes de la Méditerranée, (UNEP/WHO, 2003).	45
Figure 12: Littoral algérien (google map)	47
Figure 13: Les courants Méditerranéens le long des côtes algériennes, (Milot, 1987).	48
Figure 14: Le littoral ouest algérien. Echelle 1/20Km (google map, 2014)	51
Figure 15: Situation des ports de la Willaya d'Oran	52
Figure 16: Situation des ports de la willaya d'Aïn Témouchent.	54
Figure 17: Embouchure des Oueds à proximité de Béni saf (Google Map, 2014).	55
Figure 18: Répartition des individus de <i>Mullus barbatus</i> pour les mesures biométriques.	57

Figure 19: Mesure de la longueur totale de <i>Mullus barbatus</i>	57
Figure 20: Dissection de <i>Mullus barbatus</i>	58
Figure 21: Organes internes de <i>Mullus barbatus</i> .	58
Figure 22: Gonades femelles	59
Figure 23: Foie	59
Figure 24: Prélèvement du muscle dorso-latéral droit.	59
Figure 25: Synthétique du protocole d'échantillonnage	60
Figure 26: Synthétique du protocole de minéralisation et de dosage des ETM dans les tissus de <i>Mullus barbatus</i> Linée 1785 (Amiard <i>et al</i> 1987).	61
Figure 27: appareil de minéralisation de type VELP.	62
Figure 28: Lecture des échantillons au SAA	63
Figure 29: Structure de la population de <i>Mullus barbatus</i> de la baie d'Oran.	66
Figure 30: Structure de la population de <i>Mullus barbatus</i> de la baie de Béni Saf.	66
Figure 31: Corrélation entre le poids total et la taille totale des individus de <i>Mullus barbatus</i> de la baie d'Oran.	67
Figure 32: Corrélation entre le poids total et la longueur totale des individus de <i>Mullus barbatus</i> de la baie de Béni saf.	67
Figure 33: Variations saisonnières du rapport hépato-somatique (RHS) de <i>M. barbatus</i> de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.	68
Figure 34: Variations saisonnières du rapport gonado-somatique (RGS) de <i>M. barbatus</i> de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.	68
Figure 35: Variations saisonnières du facteur de condition (Kc) de <i>M. barbatus</i> de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.	69
Figure 36: Variation des concentrations moyennes en éléments en trace métallique de <i>Mullus barbatus</i> en fonction des classes de taille, de la baie d'Oran, exprimées en µg/g de poids frais.	76
Figure 37: Variation des concentrations moyennes en éléments en trace métallique de <i>Mullus barbatus</i> en fonction des classes de taille, de la baie de Béni saf, exprimées en µg/g de poids frais.	77
Figure 38: Variation des concentrations en éléments en traces métallique des organes de <i>Mullus barbatus</i> de la baie d'Oran, exprimées en µg/g de poids frais.	79
Figure 39: Variation des concentrations en éléments en traces métallique des organes de <i>Mullus barbatus</i> de la baie de Béni Saf, exprimées en	80

µg/g de poids frais.

Figure 40: Variation des concentrations en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des saisons au niveau d'Oran, exprimées en µg/g de poids frais.

83

Figure 41: Variation des concentrations en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des saisons au niveau de Béni Saf exprimées en µg/g de poids frais.

84

Figure 42: Variation des concentrations en éléments en trace métallique entre *Mullus barbatus* d'Oran et de Béni Saf.

86

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux polluant, leurs origines et leurs effets (RFEA 1990)	5
Tableau 2: Contamination de la chaine trophique.	10
Tableau 3: Tableau périodique des éléments.	12
Tableau 4: Clé âge-longueur (cm) (Hebbar, 2013)	37
Tableau 5: Taille à la première maturité sexuelle (longueur en centimètre) (Suquet <i>et al</i> 2001).	38
Tableau 6: Périodes de reproduction du rouget barbet de vase <i>Mullus barbatus</i> (Linné, 1758) dans différentes zones de la Méditerranée selon le suivi du rapport gonadosomatique. (+ : période de reproduction). (Hebbar, 2012)	38
Tableau 7: Evolution de la flottille (active) de pêche de la willaya d'Oran entre 2009-2013(DPRH,2014)	42
Tableau 8: Débarquement du rouget, port de débarquement Oran (DPRH 2014).	42
Tableau 9: Tailles minimales marchandes des espèces halieutiques de Mullidae genre <i>Mullus</i>	42
Tableau 10: Les pays qui bordent la Méditerranée et les abréviations des sous-bassins.	44
Tableau 11: Les zones de pêche du rouget au niveau de la willaya d'Oran.	52
Tableau 12: Les zones de pêche du rouget au niveau de la willaya d Aïn Témouchent (Bekada, 2014).	54
Tableau 13: Caractéristiques générales du matériel biologique.	56
Tableau 14: Nombre d'individu analysé par sous échantillon et par saison	60
Tableau 15: Caractéristiques de la population de <i>Mullus barbatus</i> utilisée pour l'analyse des éléments en trace métallique.	70
Tableau 16: Concentrations (moyennes + écart type) en Cd des organes de <i>Mullus barbatus</i> exprimées en µg/g de poids frais.	71
Tableau 17: Concentrations (moyennes + écart type) en Ni des organes de <i>Mullus barbatus</i> exprimées en µg/g de poids frais.	72
Tableau 18: Concentrations (moyennes + écart type) en Zn des organes de <i>Mullus barbatus</i> exprimées en µg/g de poids frais.	73
Tableau 19: Comparaison entre les concentrations en éléments en trace métallique du muscle de <i>Mullus barbatus</i> et les doses maximales admissibles (D.M.A).	87

Tableau 20: Les concentrations moyennes en éléments en trace métallique (moyenne + écart type ppm P.F.) du muscle de poisson pêché le long du littoral occidental algérien.

89

Résumé

Notre travail a porté sur l'évaluation de la contamination métallique par le Cd, Ni et le Zn, du rouget de vase *Mullus barbatus* (L. 1758), pêché au niveau de la baie d'Oran et celle des Béni saf. Ce poisson benthique est recommandé par la FAO-UNEP comme bioindicateur de la contamination marine.

L'échantillonnage s'est étalé sur trois saisons. L'analyse des métaux lourds a porté sur les femelles réparties en deux classes de taille. Trois organes ont été prélevés, Le muscle (partie comestible), le foie (organe de détoxification et de stockage) et les gonades (organe de reproduction).

De cette étude il en ressort que tous les organes de *Mullus barbatus* bio accumulent tout les contaminants métalliques recherchés à des degrés différents. Les concentrations les plus élevées sont celles du Zn suivi par celles du Cd et du Ni.

Les concentrations les plus élevées en Zn sont retrouvées au niveau des gonades, suivies par celles du foie, puis celles du muscle.

Les concentrations en Cd des organes du rouget varient en fonction des saisons, ainsi le printemps enregistre les concentrations les plus importantes.

Les deux régions d'échantillonnage sont soumises à des sources de pollutions différentes, la contamination métallique est un fait, néanmoins les résultats obtenus n'ont pas permis de juger entre le niveau de la contamination du poisson des deux zones.

Mots clés : *Mullus barbatus*, Métaux, lourds, contamination, pollution, baie d'Oran, baie de Béni Saf.

Abstract

Our study focused on the evaluation of metal contamination by Cd, Ni and Zn, in red mullet *Mullus barbatus* (L. 1758), caught at the Oran bay and Beni Saf bay.

This benthic fish is recommended by FAO-UNEP as a bio-indicator of contamination of the marine environment.

Sampling took place over three seasons. Analysis of heavy metals covered females divided into two size classes. Three organs were removed; the muscle (the edible part), the liver (organ of detoxification and storage), and gonads, (reproductive organ).

From this study it appears that all the organs of *Mullus barbatus* bio accumulate the desired metal contaminants. The highest concentrations are those of Zn followed by those of Cd and Ni.

The Zn concentration in the gonads is the highest, followed by liver, and muscle.

The concentration of Cd in body of red mullet varies according to the season and spring records the highest concentration.

The two sampling areas are subject to different sources of pollution, metal contamination is a fact, however, the results have failed to judge between the contamination of fish in both areas.

Keywords: *Mullus barbatus*, heavy metals, contamination, pollution, Oran Bay Beni Saf Bay.

ملخص

ركزت دراستنا على تقييم التلوث البحري بالمعادن الثقيلة (الكاديوم، النيكل والزنك)، بواسطة البوري الأحمر *Mullus barbatus* (L. 1758)، المصطاد في خليجي وهران وبني صاف. توصي منظمة الأغذية والزراعة وبرنامج الأمم المتحدة باستئصال هذه الأسماك القاعية كمؤشر حيوي للتلوث البيئة البحرية.

أخذت عينات على مدى ثلاث فصول، في الفترة الممتدة من نوفمبر 2013 إلى أبريل 2014. التحليلات لغرض تقييم تركيزات المعادن الثقيلة غط الإناث. ثلاث عينات أخذت من كل سمكة، العضلات التي هي الجزء الصالح للأكل، الكبد هو الجهاز إزالة السموم، ومحور التفاعلات الأيضية والغدد التناسلية.

من هذه الدراسة يبدو أن كافة أجهزة *Mullus barbatus* الحيوية تراكم الملوثات المعدنية أعلى تركيز هو تركيز الزنك يتبعه تركيز الكاديوم وتركيز النيكل.

تركيزات الزنك في الغدد التناسلية هي الأعلى، تليها تركيزاته في الكبد، ثم تركيزاته في العضلات.

أعلى تركيزات الكاديوم تسجل في فصل الربيع.

كلمات البحث: *Mullus barbatus*، المعادن الثقيلة، التلوث، خليج وهران، خليج بني صاف.

Introduction:

Les trois matrices marines – eau, sédiment, et les êtres qui y vivent – sont concernées par la pollution. Elle est causée par les rejets d'origine naturelle ou anthropique, arrivant en mer par les fleuves, l'air, le drainage des territoires littoraux, ou par rejet direct.

Ainsi, la zone littorale du plateau continental correspond à un espace d'intenses activités économiques (industrielles, agricoles, domestiques etc....) et constitue de ce fait, le réceptacle de quantités importantes de substances d'origines naturelles ou anthropiques, dont un grand nombre possède des propriétés toxiques.

Les polluants présents en mer sont majoritairement d'origine anthropique. Au niveau du littoral occidental algérien, l'urbanisation galopante des zones littorales, et la croissance industrielle, ramènent leurs lots d'eau usée non traitée, rejetée directement en mer. Le trafic maritime intense dû à la présence de grands ports au niveau de cette zone (Mostaganem, Arzew, Oran, Ghazaouet), constitue des sources de pollution majeure ; s'ajoute à cela la forte affluence de touristes pendant l'été. Ce qui a mené à classer certaines de ces zones comme zones à risque de pollution marine, et d'autres comme points chauds de pollution, (EEA, 2006).

Parmi les polluants qui arrivent en mer, les métaux lourds sont des polluants dont la nocivité est liée à leur rémanence. Ils sont peu métabolisés (à l'inverse des polluants organiques), et peuvent donc être transférés dans le réseau trophique, et s'accumuler dans la matière vivante (Amiard, 2011).

Par ailleurs, le littoral occidental Algérien recèle de ressources considérables; il est doté de plusieurs ports de pêche (Ghazaouet, Beni Saf, Bouzedjar, Oran, Arzew, Mostaganem..), à forte activité. Ils ont une place importante comme fournisseur de poisson. Ces produits de la pêche sont exposés aux polluants, et par conséquent peuvent présenter un risque sanitaire.

De ce fait, plusieurs travaux ont été menés au niveau du Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale L.R.S.E, afin d'évaluer la contamination métallique de différents organismes marins dans différentes zones du littoral occidental algérien, et à différentes périodes; depuis Benguedda, 1993 sur le rouget de roche et la moule; Bouderbala, 1997 sur les mammifères; Merbouh, 1998 sur la sardine, Dermeche, 1998 sur l'oursin ; Bendimerad, 2000 sur la moule; Aoudjit, 2001 sur la bogue; Bensahla, 2001 sur le rouget de vase; Belhoucine 2005 sur le merlan; Benamar 2006 sur la sardine; Borsali, 2007 sur le rouget de roche ; Benadda 2009 sur la saurel; Ayad, 2011 sur le sar; Bouhadiba 2011 sur le mulot jusqu'à Rouane 2013 sur la moule et l'oursin.

C'est dans le même sens d'idée, et dans la continuité de la surveillance du milieu marin, que le présent travail s'inscrit.

En effet, le rouget barbet de vase *Mullus barbatus* L. 1758 est une espèce de poisson qui vit à proximité des fonds marins, il a été recommandé comme espèce bio indicatrice par la FAO-UNEP 1993.

De plus c'est un poisson dont la chaire est fortement appréciée, et dont la valeur commerciale est importante.

Le présent travail s'articule autour de cinq parties :

La première partie: est une synthèse bibliographique des connaissances sur la pollution marine, en mettant l'accent sur la pollution métallique et les propriétés et effets de quelques métaux lourds.

La deuxième partie : est un exposé des caractéristiques morphologiques et biologiques de l'espèce bio indicatrice qui est le *Mullus batrbatus*.

La troisième partie: est un résumé des caractéristiques des zones d'étude, qui sont la baie d'Oran, et celle de Béni Saf.

La Quatrième partie : donnera toutes les explications quant aux étapes suivies dans sa réalisation, ainsi que le protocole expérimental.

La cinquième partie : est consacrée à la présentation des résultats, et à leurs discussions.

I- La pollution marine :

I-1-Introduction :

La zone littorale du plateau continental correspond à un espace d'interactions entre les écosystèmes marins et terrestres, regroupant l'essentiel des ressources marines (Castro et al, 1999 ; Usero et al., 2005). Concomitamment, elles représentent des zones particulièrement à risque en raison de leur urbanisation et de leur industrialisation importantes (75 % de la population mondiale vit à moins de 50 km de la mer) (Amiard, 1999). C'est un espace d'intenses activités économiques (activités domestiques, industrielles, agricoles, etc...) et constitue de ce fait le réceptacle de quantités considérables de substances, d'origine naturelle ou de synthèse, dont un nombre important possède des propriétés toxiques. Ainsi, la zone littorale présente à la fois une grande importance au niveau écologique et une grande fragilité vis-à-vis des xénobiotiques; la pollution de cette zone peut porter atteinte à la structure des biocénoses et à la productivité des écosystèmes (Roméo et al. 1995).

Définition de la pollution marine (GESAMP 1989):

«La pollution est, l'introduction par l'Homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, risques pour la santé humaine, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche, altération de la qualité pour l'utilisation de l'eau de mer et la réduction des espaces ».

Le terme de pollution est de nos jours parfaitement connu et identifié, une dégradation de l'environnement qui présente un risque pour l'hygiène public et provoque souvent des conséquences écologiques défavorables, voire catastrophiques pour les ressources naturelles, et de façon générale pour les communautés d'êtres vivants qui leurs sont exposées.

Il existe un grand nombre de définition des pollutions, nous retiendrons la suivante selon Ramade 2011 qui paraît être plus explicative du point de vue physico-chimique <<*constitue une pollution, toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction de substances chimiques artificielles, toute perturbation du cycle de la matière, du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements ; ou encore toute altération d'une biocénose naturelle provoquée par l'introduction d'espèces exotiques invasives*>>.

Les trois matrices marines – eau, sédiment et biote – sont concernées par la pollution. Elle est causée par les rejets d'origine naturelle ou anthropique arrivant en mer par les fleuves, l'air, le drainage des territoires littoraux ou par rejet direct en mer (navires et émissaires de rejet en mer). Les polluants ont des

origines diverses et prennent différentes formes (cf tab.1): sacs plastiques, conteneurs tombés d'un navire, nappes d'hydrocarbures, matières organiques, nitrates, métaux lourds, résidus médicamenteux, pesticides... Les rivières, les estuaires, les mers côtières et les abysses forment un continuum écologique où les polluants transitent. D'après le Programme des Nations unies pour l'Environnement (PNUE), plus de 80 % de la pollution des mers proviennent de la terre via les fleuves ou par ruissellement et déversement à partir des zones côtières. C'est donc pour beaucoup très en amont du littoral que se détermine une part importante de la qualité des eaux côtières et de la haute-mer. Près de 20 % des pollutions marines ont pour origine les activités en mer dont les rejets d'hydrocarbures ou d'autres substances chimiques, les pertes de cargaisons ou les immersions de déchets et les rejets atmosphériques. Ces derniers correspondent surtout à la combustion des moteurs des navires (plomb, soufre...), et des incinérateurs (composés aromatiques), (PNUE, 2006).

I-2- Classifications de la pollution marine :

De nombreux critères peuvent être retenus afin de réaliser une classification de la pollution, (Ramade, 1992).

La pollution peut être classée selon la nature des agents polluants, on distinguera :

- des agents physiques (rayonnement ionisant, réchauffement artificiel...),
- des agents chimiques (substances minérales, organiques abiotiques ou biochimiques),
- des agents biologiques (micro organismes pathogènes, espèces exotiques introduites...).

On peut classer la pollution selon sa source :

- Sources ponctuelles (rejet massif dans un espace géographique restreint) : mines, fonderies, industries diverses...
- Sources diffuses (rejet disséminé dans le milieu dans des superficies étendues) : eaux de pluie, rejets des réseaux d'assainissement urbain, ruissellements des forêts et des zones agricoles, écoulements d'irrigation, dégradation de la végétation, déchets des animaux sauvages.

Tableau 1: Principaux polluant, leurs origines et leurs effets (RFEA 1990)

NATURE	PARAMETRES	SYMB.	EFFETS	ORIGINE
MECANIQUE	Matière en suspension Turbidité	MES	Colmatage du lit de la rivière, des zones de reproduction des poissons (frayères).	Erosion des sols (orages), travaux en rivière, vidanges de retenues
ORGANIQUE	Oxygène dissous Demande biochimique en oxygène Demande chimique en oxygène	O2 dissous DBO5 DCO	Diminution de la photosynthèse Consommation d'oxygène dissous au détriment des poissons	Rejets domestiques et industriels Élevages intensifs
THERMIQUE	Température	T°	Diminution de l'oxygène dissous Perturbe les poissons	Eau de refroidissement des grosses usines
AZOTE	Azote organique Ammoniaque Nitrites Nitrates	N-org NH4 NO2 NO3	Perturbe la production d'eau potable Toxique pour les poissons Toxique pour les poissons Perturbe la production d'eau potable si fortes concentrations Contribue à l'eutrophisation	Rejets domestiques et industriels Élevages intensifs excès d'engrais, rejets domestiques
PHOSPHORE	Phosphore total Phosphates	P PO4	Augmente les risques d'eutrophisation = asphyxie de la rivière par prolifération d'algues	Rejets domestiques essentiellement Élevages et excès d'engrais
TOXIQUES & MICRO-POLLUANTS	Cyanures Métaux lourds : cadmium, mercure, chrome, plomb, ... Solvants et divers : phénols, fluor, solvants chlorés Micropolluants organiques : organo-halogénés (ex : chloroforme) Pesticides (atrazine, lindane, ...) (La mesure des toxiques se fait parfois par des tests biologiques globaux (ex : test daphnie))	CN Cd, Hg, Cr, Pb métox P-OH, F AOx équitox	Inhibiteur de la vie aquatique Compromettent la fabrication d'eau potable si normes réglementaires dépassées Risque de toxicité immédiate et/ou de toxicité différée par accumulation dans les chaînes alimentaires Risques d'effets mutagènes et cancérogènes	Rejets d'industries : - traiteurs de surfaces - utilisateurs de solvants divers Résultat de l'action du chlore sur les matières organiques Rejets diffus provenant du traitement des cultures, des abords des routes et voies de chemin de fer.
RADIOACTIVITE	Activité globale Analyses spécifiques	Bq	Risques mutagènes et cancérogènes	Rejets des hôpitaux, activités nucléaires
BACTERIOLOGIQUE	Analyses microbiologiques : - Bactéries - Virus	MES	Turbidité Contamination qui nécessite une stérilisation de l'eau potable Limite l'usage de la baignade	Rejets domestiques Élevages intensifs

Selon le type de polluant qu'il soit:

- Micropolluant: les contaminants chimiques ou organiques qui infiltrent le milieu marin en quantité infime (ordre du $\mu\text{g/l}$), et susceptible d'avoir une action toxique. Ils peuvent suivre la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme,
- Macropolluant: molécule naturelle qui se trouve dans le milieu à des concentrations différentes de celles habituellement observées, ce qui augmente la cinétique des réactions biochimiques.

Selon le temps d'exposition à la pollution :

- Pollution chronique : c'est l'apport régulier de polluant dans un milieu,
- Pollution accidentelle aigue : elle intervient lors de la collision ou l'échouage de navire de transport maritime de produits dangereux (hydrocarbures, produits chimiques ou alimentaire), de perte de cargaison, ou sur des sites industriels off shore.

I-3- Pollution ou contamination :

Concernant les substances chimiques, le mot pollution ou polluant est associé à des effets néfastes sur la faune et la flore marine. La substance d'origine anthropique rejetée en mer et qui n'existe pas naturellement dans le milieu est appelé xénobiotique. Elle a la caractéristique d'exercer des effets toxiques même à très faible concentration, (Ramade, 1998).

Alors que le terme contamination ou contaminant concerne des substances introduites par l'homme dans le milieu, qui n'exercent pas d'effet nocif sur la biologie de la biocénose marine, (Marchand et Kantin 1997).

I-4-Transport des polluants vers le milieu marin :

Tous les contaminants ou les polluants rejetés arrivent en milieu marin, particulièrement côtier ou estuarien plus ou moins rapidement, où ils peuvent exercer des effets défavorables à court ou à long terme. Le transport de ces polluants se fait de différentes manières (cf fig.1).

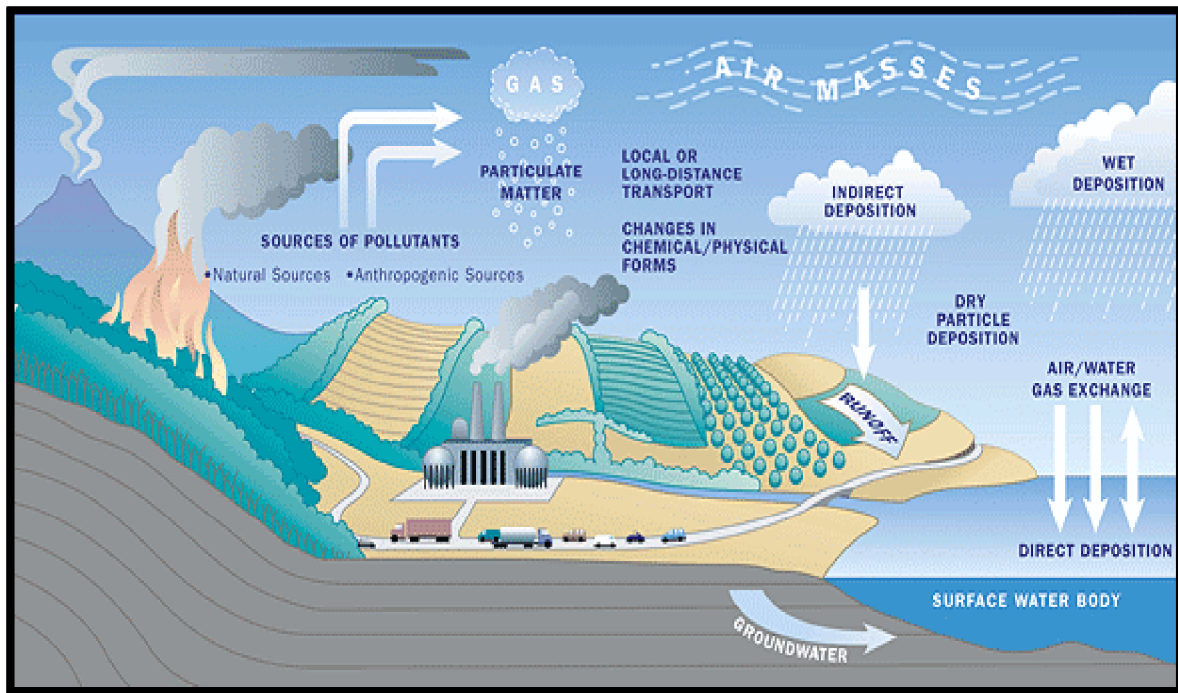


Figure 1: Sources et cheminement de la pollution marine.

I-4-1-Les retombées atmosphériques :

Sont des introductions de polluant dans l'air suite à des activités à terre (industrie, agriculture, véhicules...) ou en mer (combustion de carburant). Ces polluants atmosphériques sont transportés par le vent. Ils peuvent séjourner une courte durée dans l'atmosphère ou rester longtemps en suspension dans l'air et cela dépend de la taille des particules. Dans le premier cas, ils sont la plupart du temps déposés à proximité de leurs sources. Dans le deuxième cas, ils sont disséminés sur de très grandes distances à l'échelle régionale ou planétaire puis retombent dans les océans sous forme de dépôts secs ou humides (pluie), (Clark, 2001).

I-4-2- Le ruissellement et rejet par émissaires :

Les sources ponctuelles incluent les émissaires directes à travers les tuyaux de décharge de l'eau contaminée provenant des rejets des usines, ou le rejet domestiques (les déchets municipaux et les eaux usées sont encore rejetés dans la mer sans recevoir un traitement approprié).

Contrairement au déversement dans un site spécifique, les sources diffuses de polluant résultent des activités à grandes échelles telles que l'agriculture, et les forêts qui sont responsables de la fuite de nutriments et de pesticides dans les eaux souterraines, puis transportés par ruissellement vers la mer.

Les deux sources ponctuelles et diffuses peuvent être situées loin de la côte. Dans ce cas là, les rivières transportent les polluants qui y sont introduit en amont, vers la mer à travers leurs estuaires, (Clark, 2001).

I-5-Devenir des polluants :

I-5-1- Dégradation du polluant dans le milieu :

Le comportement des polluants dans l'écosystème marin et sa biocénose va être conditionné en premier lieu par leurs caractéristiques physico-chimiques qui conditionnent leurs stabilités ou leurs (bio) dégradabilités, (Amiard 2011).

Un grand nombre de polluants sont décomposés très vite en des formes de toxicité atténuée ou nulle, par des facteurs abiotiques (physico- chimiques : photolyse, hydrolyse, oxydation, réactions acido-basiques pour les composés inorganiques), ou par des éléments biotiques telles que les micros organismes qui jouent un rôle actif dans leur décomposition (biodégradation), processus qui accéléreront l'élimination du biotope.

Malheureusement, diverses familles de polluants ne sont pas ou très peu dégradables. Tel est le cas de certaines formes de métaux ou de metalloïdes toxiques, ainsi que de nombreux polluants organiques persistants tels les dioxines et certains insecticides organochlorés. Ce sont donc des polluants rémanents ou non biodégradables, (Amiard 2011).

I-5-2- La bioaccumulation:

a-Notion de biodisponibilité :

La biodisponibilité d'un polluant est définie comme étant la fraction de la quantité totale de ce dernier présente dans le biotope, qui est absorbée par les producteurs (végétaux), les consommateurs (animaux), et/ou les décomposeurs (bactéries, champignons), et qui peut être prélevée par un organisme à partir de son biotope et être transférée, stockée ou métabolisée par ce dernier, il convient d'exclure de la fraction biodisponible, la fraction qui transite par le tube digestif sans être utilisée, (Ramade, 2011).

La notion de biodisponibilité est particulièrement importante quand il s'agit de métaux et metalloïdes car selon leur état chimique, ils sont plus ou moins assimilables, cet état joue un rôle majeur dans la toxicité d'un élément, (Ramade, 2011).

b-Bioaccumulation :

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. La bioaccumulation est donc le résultat des processus par lesquels le contaminant entre dans l'organisme, et des processus

de décontamination, une combinaison des mécanismes d'excrétion vers l'environnement et de biotransformation endogène.

Le processus se déroule en trois temps :

- l'assimilation,
- la bioaccumulation par l'individu à partir du milieu, ou bioconcentration,
- la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification.

➤ **-L'assimilation :**

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou absorption.

La partie soluble biodisponible, assimilable, se concentre dans certains organes. Chez les organismes aquatiques, la bioaccumulation est définie par la somme des absorptions par contact et par ingestion, plus celle faite par adsorption (pénétration directe de l'eau par voie transbranchiale et transtégumentaire). La bioaccumulation n'implique pas obligatoirement un accroissement de concentration d'un polluant quand il passe du biotope à un organisme considéré. (Ramade 2011)

On appelle *facteur de bioaccumulation* F_{BA} le rapport entre la concentration d'un polluant dans les tissus d'un organe donné, à sa concentration dans le biotope.

➤ **La bioconcentration :**

On désigne par bioconcentration le processus par lequel une substance prélevée dans un biotope par un être vivant, va se rencontrer dans l'organisme de ce dernier à des concentrations supérieures à celle auxquelles il est exposé. Le processus de bioconcentration ne constitue donc qu'un cas particulier du processus de bioaccumulation.

La bioconcentration est définie par la valeur du *facteur de bioconcentration* F_{BC} qui correspond en définitive aux cas $F_{BC} (F_{BA}) > 1$, (Ramade 2011).

➤ **La bioamplification ou la biomagnification :**

La bioamplification ou la biomagnification correspond au processus de circulation du polluant dans les réseaux trophiques. En effet, tous les êtres vivants possèdent la propriété de stocker, à des degrés différents, dans leurs organismes toutes substances peu ou pas biodégradable, de ce fait, les organismes qui ont concentré un polluant, vont servir de nourriture à d'autres espèces animales qui les accumuleront à leur tour dans leurs tissus.

Le schéma général de la contamination de la chaîne trophique océanique se traduit ainsi, (cf tab.2) (Ramade 2011):

Tableau 2: Contamination de la chaine trophique.

Niveau trophique I	Niveau trophique II	Niveau trophique III	Niveau trophique IV	Niveau trophique V
phytoplancton	Zooplancton herbivore	Zooplancton Et poisson microphages	Invertébrés et poissons prédateurs	Super prédateurs (poissons, oiseaux et mammifères piscivore).
producteurs	herbivores	Carnivore 1	Carnivores 2	Carnivores 3

Il peut y avoir trois modalités distinctes du comportement du polluant dans les réseaux trophiques (Ramade 2011):

- Un simple transfert d'un niveau trophique à l'autre sans changement de concentration au fur et à mesure qu'on s'élève dans ce dernier.
- Le transfert de polluant en le concentrant dans la biomasse vers les niveaux les plus élevés de la chaîne trophique. Il en résulte une <<focalisation>> des polluants dans les réseaux trophiques. C'est un phénomène plutôt rare qui concerne une proportion relativement faible de xénobiotique.
- la filtration du polluant à travers les réseaux trophiques de consommateur, surtout en milieu aquatique, qui empêche la bioamplification même de composés lipophiles ou non biodégradable.

La matière vivante apparaît comme intégrateur à moyen terme pour un grand nombre de micropolluants. Les concentrations déterminées dans les tissus vivants sont généralement plus élevées que celles mesurées dans la phase aqueuse.

La capacité de bioaccumulation varie en fonction des espèces, et ce caractère intégrateur de la contamination du milieu va être primordial dans le choix d'un bio-indicateur pertinent.

I-6- Définition d'un bio-indicateur :

Blandin (1986) définit un indicateur biologique (ou bio-indicateur) comme «un organisme ou un ensemble d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème, et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ». Ainsi, l'intérêt des bio-indicateurs réside essentiellement dans le fait que, en intégrant l'ensemble des paramètres

environnementaux, ils mettent en évidence les conditions moyennes et non fugaces du milieu (diagnostic de la santé du milieu), et permettent ainsi de révéler la présence d'un déséquilibre au sein de l'écosystème (Bellan, 1993 ; Ramade, 1993).

Aussi les espèces choisies, pour réaliser ce type de surveillance, doivent satisfaire à un certain nombre de critères :

- La sédentarité,
- Une durée de vie compatible avec les variations temporelles que l'on souhaite mesurer,
- Une large répartition géographique,
- Un pouvoir d'accumulation vis à vis de la substance considérée et qui soit corrélé aux teneurs de cette dernière dans le milieu,
- Une facilité de prélèvement.

En outre, la physiologie de l'espèce doit être suffisamment connue pour expliquer les variations saisonnières, ou la fixation sélective d'une substance en fonction de la taille, de l'âge, ou du tropisme tissulaire de l'organisme considéré (Rainbow, 1995).

I-4- Mécanismes qui favorisent la bioaccumulation :

Les facteurs extrinsèques : ce sont les facteurs écologiques susceptibles de modifier la forme physico chimique du polluant ou l'activité biologique. (PH, salinité, turbidité, température, éclaircissement, disponibilité de nourriture). Ainsi la forme physico chimique d'un polluant détermine sa biodisponibilité.

Les facteurs intrinsèques : les facteurs biotiques sont principalement l'appartenance à une espèce, le stade vital ou de développement, le sexe, la maturité sexuelle et l'âge (Amiard 2011).

I-5- Comment surveiller la qualité de l'environnement ?

La surveillance de la qualité de l'environnement marin peut se faire à différents niveaux, et grâce à des approches méthodologiques (Amiard *et al* 1999, Perez *et al* 2000):

- par une détermination de la composition floristique et faunistique du milieu (ce seront les Indices de Qualité),
- par la détection et la quantification des polluants dans les organismes ou la bioaccumulation,
- par la détection et la quantification des polluants dans les milieux physiques (eaux et sédiments),

- par le suivi de la modification de certains paramètres biologiques (les biomarqueurs),
- les bioessais.

II- Contamination par les métaux lourds :

II-1 Définition des métaux lourds :

Au regard de la multitude de polluants chimiques disséminés dans le milieu marin, nous avons choisi d'approfondir les connaissances vis-à-vis d'un type de micropolluant ; les métaux lourds. Ce qui facilitera la compréhension de la suite de ce présent travail.

Les métaux lourds sont des métaux de haut poids moléculaire (cf tab.3), dont la densité est supérieure à 5 g/cm^3 . Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau, ou dans le sol, car ils sont des constituants naturels de la croûte terrestre.

La classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux ne sont pas particulièrement « lourds » (cas du zinc), et certains éléments ne sont pas tous des métaux (cas de l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation « métaux lourds », l'appellation « éléments en traces métalliques » (ETM) ou par extension « éléments traces », ou « métaux traces » (Chiffolleau *et al*, 2001).

Tableau 3 : Tableau périodique des éléments.

Main groups				Other groups								Main groups							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1 H																2 He			
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra		104 Ku	105 Ha	106 Sg	107 Ns	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub		114 Uuq						
		Lanthanoids		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
		Actionoids		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Background color = Metal
 Background color = Metalloid
 Background color = Nonmetal

Font color = Solid states
 Font color = Liquids
 Font color = Gases

Certains de ces métaux peuvent être essentiels pour le fonctionnement des êtres vivants. Cependant, ils peuvent avoir un comportement différent selon la concentration à laquelle ils sont absorbés, si celle-ci excède la concentration nécessaire aux réactions métaboliques de l'organisme, ils deviennent toxiques. Les autres sont non essentiels au métabolisme des êtres vivants, à l'exception de faibles doses tolérables, ces métaux ont souvent un effet toxique.

Les métaux lourds existent dans la nature sous différentes formes : ion, complexes inorganiques et organiques. En solution ou absorbé sur des colloïdes ou des aérosols.

Comme tous les éléments, les métaux participent à des cycles. Dans ce transport global de composés entre les trois compartiments de la terre, l'atmosphère joue un rôle important dans le transport de certains métaux. Les métaux qui se trouvent en suspension dans l'air, rejoignent l'hydrosphère par précipitation. Quelques métaux lourds sont dissous dans l'eau, mais de nombreux autres forment des composés peu solubles et forment ainsi d'important dépôts de minéraux sur les grandes étendues du fond des océans, (Bliefert *et al* 2011).

Au niveau de l'atmosphère, certains polluants métalliques sont d'origine naturelle comme celle due au volcanisme, aux embruns marins et aux feux. Dans le cas des polluants atmosphériques, les sources majoritaires du plomb et du cadmium sont anthropiques ; alors que pour le zinc, les sources naturelles et anthropiques sont équivalentes, (Amiard 2011).

Le cycle biogéochimique des métaux traces est altéré par les activités anthropiques ; l'augmentation des concentrations peut entraîner des effets possibles sur les écosystèmes et l'homme. Du fait de leur stabilité et de leur persistance dans l'environnement, ils sont propices au transport, à l'accumulation, et à la bioaccumulation dans certains compartiments de l'environnement.

La mobilité et le transfert des métaux dans les différents compartiments de l'environnement est fonction des propriétés chimiques intrinsèques de chaque métal. En particulier, il est important de considérer leur volatilité (ex. : formes organiques du mercure), leur solubilité dans l'eau (elle varie d'un métal à l'autre mais aussi selon les différentes formes d'un métal donné), et surtout le coefficient de partage du métal entre l'eau et les particules, octanol-eau (Kow), (fourni une estimation de l'affinité d'une substance pour la matière organique), ce qui est déterminant à la fois dans le devenir, le transport et les interactions avec les autres compartiments des écosystèmes, (Amiard 2011).

II-2- Spéciation des métaux en milieu aquatique :

IUPAC.....« *international union of pure and applied chemistry* » : union internationale de chimie fondamentale et appliquée

L'IUPAC a établi les définitions suivantes dans le but de clarifier l'utilisation du terme « spéciation » (Templeton *et al.*, 2000):

- *espèce chimique* (Chemical species) : Forme spécifique d'un élément défini quant à la composition nucléaire, l'état électronique ou d'oxydation, et/ou la structure complexe ou moléculaire ;
- *analyse de spéciation* (Speciation analysis) : Activités analytiques d'identifier et/ou de mesurer les quantités d'une ou de plusieurs différentes espèces chimiques dans un échantillon ;
- *spéciation d'un élément, spéciation* (Speciation of an element ; speciation) : Distribution d'un élément parmi des espèces chimiques définies dans un système.

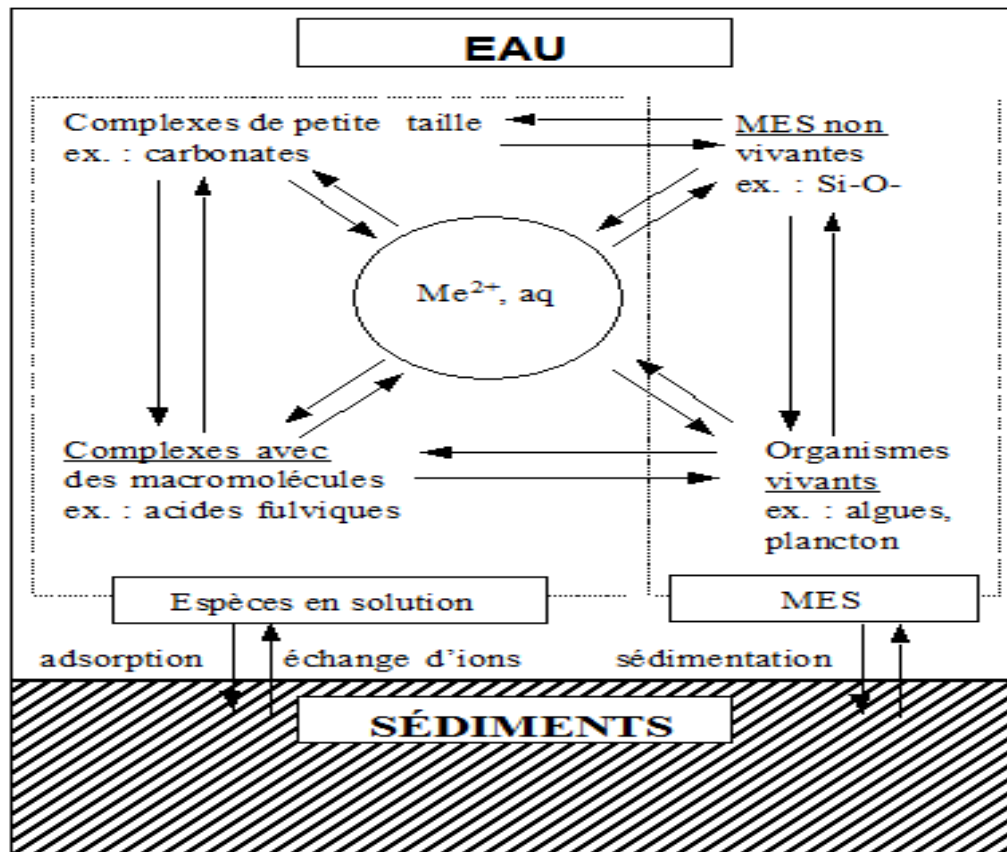


Figure 2 : Réactions entre les différentes formes des métaux (M) en milieu aqueux (Buffle, 1988).

Les eaux naturelles contiennent un mélange de cations (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+), de ligands inorganiques (OH^- , Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , PO_4^{---}), et organiques (urée, acides aminés, composés humiques et fulviques) en solution. Les éléments dissous sont en contact avec les particules du sol, des sédiments ou matières en suspensions, qui agissent comme des surfaces d'échange complexes (mélanges de minéraux, argiles et matière organique) avec une grande surface d'échange, (cf Fig.2). Aussi les invertébrés marins (se nourrissant de MES ou de matières organique a la surface du sédiment) et les microorganismes jouent un rôle important dans la spéciation des métaux (Amiard, 2011).

Le comportement d'un métal dans un écosystème aquatique dépend donc des conditions physico-chimiques du milieu ainsi que de ses caractéristiques physico-chimiques (Town et Filella, 2000).

Un métal peut être sous différentes formes (Buffle, 1988) :

- ion libre hydraté ;
- complexé par des ligands inorganiques ; paires d'ions inorganiques ;
- complexé par des ligands organiques ; complexes ;
- complexé à des molécules organiques de haut poids moléculaire (lipides, substances humiques, polysaccharides) ;
- adsorbé sur des colloïdes inorganiques, et organiques ;
- précipité ;
- adsorbé sur des particules organiques, restes d'organismes vivants...

La spéciation des métaux dans les milieux aquatiques est régie par trois types d'interactions : complexations, précipitation et adsorption (Flemming and Trevors, 1989).

La spéciation du métal contrôle sa toxicité et son assimilation par les organismes marins, et affecte donc sa biodisponibilité (Jansen *et al.*, 2002).

Bien entendu, les propriétés du milieu environnant seront déterminantes dans la complexation des métaux tels que le pH, la salinité, la température et les teneurs en matière particulaire (Sunda et Huntsman, 1998). La biodisponibilité des contaminants chimiques est largement déterminée par l'interaction du contaminant avec la matière organique particulaire dans l'eau, ce qui résulte en la formation d'agrégats ou de complexes trop larges pour passer à travers les barrières biologiques.

II-3- Mécanisme de capture des métaux :

Les métaux traces sont piégés par les organismes aquatiques par deux voies principales, à partir de l'eau (voie directe), et à partir de la nourriture (voie trophique). Pendant tout processus physiologique d'échange avec le milieu environnant, les molécules exogènes pénètrent à travers les barrières biologiques séparant l'environnement interne de l'organisme du milieu externe. La pénétration des métaux traces nécessite donc le franchissement de structures

biologiques spécifiques comme le revêtement extérieur, et surtout l'épithélium branchial pour les contaminants présents dans l'eau, et l'ensemble du tractus digestif pour les métaux associés aux particules ou contenus dans les proies ingérées. Toutes ces voies sont possibles pour un même métal, et leur importance relative est fonction de la forme chimique sous laquelle le métal est dans le milieu. C'est la coexistence de ces mécanismes et la dynamique de la spéciation qui rend si complexe la notion de biodisponibilité.

Quand la contamination se fait, ces barrières (cutanées et respiratoires pour la contamination directe, et intestinale pour la contamination trophique) montrent des propriétés biologiques liées à leur structure et aux conditions physico-chimiques de l'environnement (température, pH, électrolytes, salinité etc.). La membrane plasmique est la structure primaire impliquée dans ces processus (Luoma, 1983).

II-3-1- Capture des métaux :

Quel que soit la voie de pénétration du polluant dans l'organisme, il parvient en premier dans la circulation générale, puis à partir de ce liquide, il se distribue dans différents tissus et organes avant d'être éventuellement excrété (Amiard, 2011), ces déplacements à travers les barrières membranaires sont divers :

-Transport passif :

- Par simple diffusion selon le gradient de concentration, ce transport ne concerne que les molécules liposolubles.
- Filtration : permet le passage de molécules hydrosolubles, neutres, ionisées ou non, et à moindre degré les molécules liposolubles et insolubles en fonction de leurs tailles.
- Diffusion facilitée grâce à des protéines de transport, les canaux protéiques.

Ainsi, les formes métalliques liposolubles ou à polarité réduite (ex. HgCl_2 , CH_3HgCl ,...etc.), peuvent traverser la membrane via la diffusion. Cette diffusion passive peut être facilitée (diffusion par gradients de concentration, déplacement dans un champ électrique, présence de solvants, transport par canaux spécifiques aux cations essentiels) en utilisant des protéines de transports associées à la membrane.

Les processus digestifs jouent aussi un rôle important dans la détermination de capture à partir de la nourriture et de l'eau ingérée (Tran *et al*, 2002). Le clivage enzymatique des protéines pourrait faciliter l'assimilation si les métaux sont transportés avec les acides aminés. Le pH est probablement le facteur le plus important dans le tractus digestif.

-Transport actif :

Nécessite de l'énergie, il implique des transporteurs spécifiques qui agissent contre le gradient de concentration. Les macromolécules, et les particules solides des polluants pénètrent dans la cellule grâce à la pinocytose et la phagocytose.

- la pinocytose : (endocytose/exocytose) permet le transport de macromolécules à travers les tissus capillaires.
- la phagocytose : concerne l'ingestion par la cellule de particules solides ou de globules lipidiques en particulier chez les jeunes individus.

Ainsi, Les particules présentes dans les eaux naturelles peuvent être inorganiques ou organiques et les métaux se lient avec chacune de ces fractions par mécanismes variés. La capture directe des métaux à partir d'une particule nécessite toujours l'ingestion de celle-ci et son piégeage à partir du tractus alimentaire. D'autres cheminements ne nécessitant pas l'ingestion existent, comme la pinocytose dans les branchies (Phillips et Rainbow, 1994).

III- La distribution, la métabolisation et l'élimination des métaux :

L'exposition d'un organisme donné à une substance toxique s'accompagne de réactions cataboliques dont la finalité est d'essayer de l'éliminer et/ou autant que possible l'inactiver en la dégradant, (cf Fig.3).

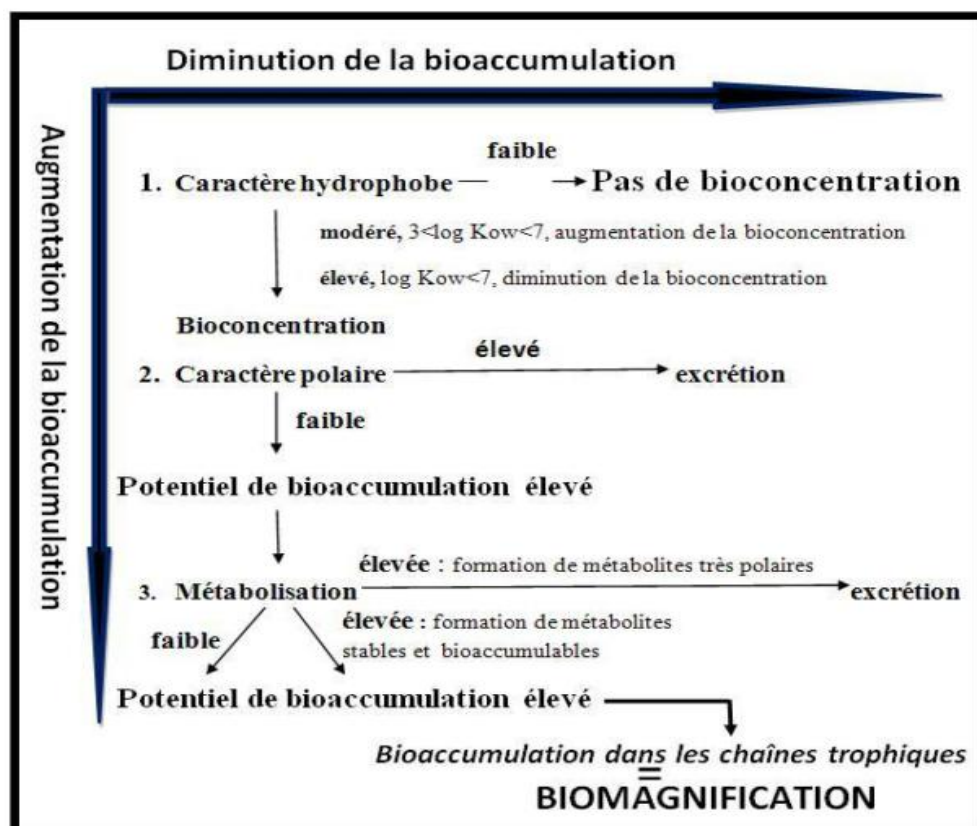


Figure 3: Propriétés physico-chimique des contaminants agissant sur la bioaccumulation (Nortrom et Letcher, 1996)

III-1- Mécanisme de stockage des métaux: organotropisme :

Après passage transmembranaire, le polluant se répartie dans l'organisme et atteint le lieu de son action biologique ou toxique. Cette répartition cellulaire se réalise à partir du sang chez les vertébrés ou de son équivalent chez les invertébrés.

Le transport sanguin du polluant est réalisé sous deux formes :

- Forme libre (fraction hydrosoluble du polluant).
- Forme liée : fixation du polluant sur certains constituants du plasma de la fraction non hydrosoluble du polluant. Ces liaisons sont habituellement faibles, et sont donc immédiatement réversibles, et non spécifiques, puisqu'un même transporteur véhicule plusieurs polluants.

A partir du sang, les polluants se répartissent dans divers organes. Cette répartition ou organotropisme obéit aux lois qui régissent le passage transmembranaire.

De nombreux facteurs vont intervenir tels que la stabilité des liaisons du produit chimique considéré avec les constituants sanguins, la vascularisation des organes, la structure et les propriétés des nombreuses barrières cellulaires (parois capillaires, membranes plasmiques,...etc), la densité et l'accessibilité des sites potentiels de fixation ou le turn-over des structures tissulaires, (Maury et Engrand, 1986).

L'organotropisme désigne le processus par lequel certaines molécules, qui peuvent être des contaminant toxiques, radionucléides ou simples oligoéléments, sont dirigés et éventuellement stockés par certains organes de manière préférentielle ou par voie quasi exclusive.

III-2- Métabolisation des métaux :**III-2-1- La bio minéralisation :**

C'est le processus par lequel les organismes produisent des minéraux qui permettent au tissu de durcir. Ces minéraux forment des structures comme des coquilles ou du tissu osseux.

Le processus de minéralisation sert de voie de neutralisation pour la toxicité des polluants inorganiques ou leur élimination ultérieure. (Viarengo 1994 in Iagadic 1998).

III-2-2-Réaction de biotransformation :

Processus de détoxification par lequel il y a conversion de la molécule toxique en métabolite et ultérieurement en dérivés conjugués, rendant les molécules plus hydrosolubles et donc éliminées par les urines.

Le foie chez les vertèbres est le principal organe de biotransformation.

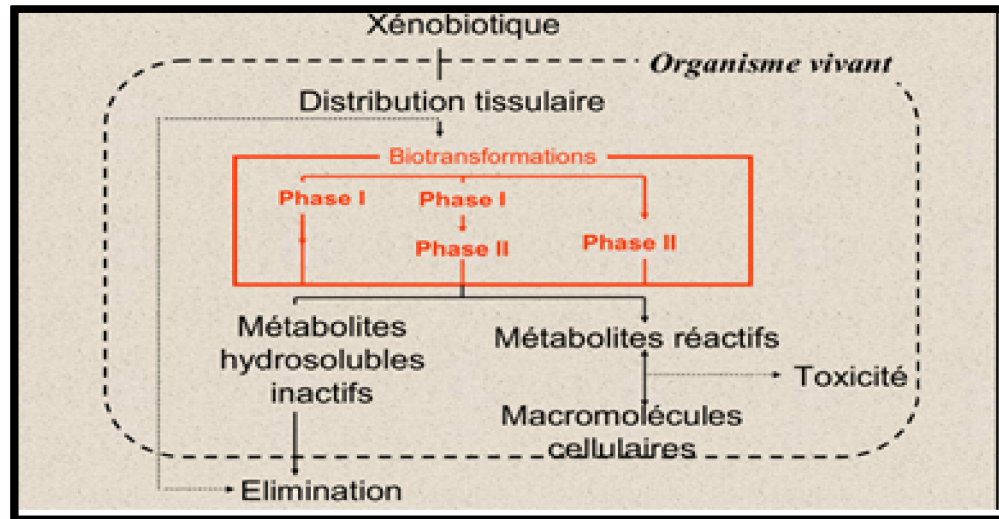


Figure 4: mécanismes de métabolisation et d'éliminations des xénobiotiques (Perez T.,2000)

III-2-3- Les métallothionéines :

Les métallothionéines sont des protéines solubles trouvées dans le cytosol (Cherian et Goyer, 1978). Elles ont un taux de renouvellement rapide dans les tissus et peuvent être accumulées en grandes quantités dans les lysosomes tertiaires. Ces lysosomes sont des vésicules membranaires à temps de vie biologique variable, et sont reconnus dans les tissus sous forme de granules riches en métaux. La séquestration des éléments traces accumulés est d'une importance majeure dans le mécanisme de détoxification. Ces métalloprotéines sont riches en cystéine.

15 ions sont susceptibles de l'induire, parmi eux: Cd^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ag^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Sn^{2+} , Co^{2+} , Br^{2+} ... (Amiard, 2011)

Son rôle physiologique semble être l'homéostasie du Zn et du Cu. La MT contrôlerait la biocinétique des métaux (transport sanguin, transmembranaire, transépithéliale) qui sont la source de coenzyme métallique.

De la régulation des métaux découle son rôle dans la détoxification des métaux non essentiels et les métaux essentiels en excès.

Elles sont considérées comme une réponse sublétales de détoxification, utilisée chez les poissons, bivalves, échinodermes, crustacés et vers, pour la détection des métaux lourds Mg, Ag, Cu, Hg, Zn, Cd. Ce bio-marqueur est utilisé pour la bio-surveillance de l'impact des métaux sur l'environnement. (Amiard *et al.*, 2008).

III-2-4- Excrétion des métaux :

Parallèlement aux étapes de pénétration et de répartition des contaminants au sein de l'organisme, de nombreux mécanismes physiologiques et biochimiques contribuent à les éliminer. Tous les organismes aquatiques piègent des métaux en quantités importantes mais pour beaucoup d'espèces, l'excrétion des métaux accumulés n'est pas négligeable. Les quatre processus principaux sont: la défécation, la perte via la surface perméable, la désorption passive et les granules d'expulsion (Phillips et Rainbow, 1994).

L'organe d'excrétion des métaux est le rein. Les métaux stockés dans les granules peuvent être perdus à travers le tractus digestif sous forme de fèces (Rainbow, 1990; Wang et Fisher, 1997). L'éjection par les fèces est le processus dominant pour la décontamination métallique (Simkiss *et al.* 1982; Wang *et al.* 1995). Ces métaux présents dans les lysosomes ou les phénocristaux sont excrétés par exocytose du contenu vacuolaire, par épanchement de podocytes rénaux, ou encore par diapédèse de granules in toto dans le tractus urinaire. A cette voie principale via le rein s'ajoute la voie trans-tégumentaire, par synthèse du byssus ou de la coquille ou encore par les gamètes lors de la ponte, (Cossa et Lassus, 1989; Wang et Fisher, 1998).

III-2-5- Bioaccumulation et bioplification dans les réseaux trophiques :

La persistance des métaux est particulièrement prononcée dans l'environnement. Car, contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent être dégradés biologiquement ou chimiquement. Un composé métallique peut seulement être transformé en composés dans lesquelles le métal subsistera conduisant à des composés toxiques ou à une immobilisation. (Bliefert *et al.* 2011)

Pour Ramade (1977), la rémanence d'un contaminant associé à des transferts cumulatifs « proies contaminées - prédateurs » est à l'origine de ce processus.

Au contraire, une dilution entre les échelons primaires et secondaires a été montrée à plusieurs reprises. La bioamplification des contaminants au sein des structures biocénétiques ne peut être abordée par une approche monofactorielle. Ce processus est lié à une conjonction de facteurs favorables (Boudou, 1982): concentration du contaminant dans le milieu, stabilité des

conditions, aptitude du contaminant à franchir les barrières biologiques, rémanence de la molécule à l'égard des mécanismes de dégradation (abiotiques et biotiques), transferts trophiques, types de réseaux alimentaires, durée de vie, etc....

Au sommet de la chaîne trophique, il y a l'homme. De ce fait les métaux constituent un enjeu de santé publique car ils sont reconnus comme ayant de forts effets sur la santé humaine.

Le Plomb, le Cadmium, le Nickel et le Mercure font parti des micropolluants visés par les réseaux de surveillance internationaux. (UNEP 2010, DCE 2001, US EPA, 1999)

Nous étudierons trois d'entre eux: le Cadmium comme élément non essentiels et le zinc et le Nickel comme élément essentiel.

IV- Métaux lourds : Cadmium, Nickel, Zinc.

IV-1- Cadmium :

IV-1-1- Propriétés physico- chimiques :

Le Cadmium de symbole Cd est un atome de numéro atomique 48. Sa densité est 8.65 g/cm³ et son point de fusion est 321°C. Le cadmium est un métal blanc argenté, brillant et relativement mou et déformable. C'est un élément naturel de l'écorce terrestre, présent à l'état de trace.

Il s'agit d'un métal dont le comportement physico-chimique est proche de celui du mercure.

Le cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas; il a une bonne conductivité de l'électricité ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes (Borchardt, 1985).

Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire), et chimiques (minérale ou organique). Un ensemble de variables physico-chimiques du milieu (salinité, PH, potentiel redox, caractéristiques sédimentologiques, nature géochimique des particules, concentration en chlorures) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement (Gonzalez *et al.* 1999).

- **les formes dissoutes** : (< 1 nm) de cet élément en milieu aquatique sont des espèces libres (Cd²⁺), et formées par des associations (complexations) de cadmium avec des composés (ligands ou complexant) minéraux ou organiques. Contrairement au mercure, l'ion libre du cadmium se trouve majoritairement dans le milieu. Ainsi, à PH=8, la quasi-totalité du cadmium est présent sous

forme Cd^{2+} (forme biodisponible). Plus la salinité augmente, plus la concentration en Cd^{2+} diminue (Campbell, 1995). Pour des PH supérieurs à 8, le cadmium précipite avec les carbonates. En zone côtière, lors du mélange des eaux douces avec l'eau de mer, le cadmium forme des complexes très stables avec les chlorures: les chloro-complexes (CdCl_2 , CdCl^+ , CdCl_3^- et CdCl_4^{2-}). Pour des salinités faibles, c'est l'espèce CdCl^+ qui domine, alors qu'en milieu marin, c'est CdCl_2 qui est majoritaire (Cossa et Lassus, 1989). Cette complexation influencerait sa biodisponibilité, et par conséquent sa toxicité, il est probable que la formation des chloro-complexe diminuerait sa bioaccumulation chez différents organismes quand la salinité augmente (IPCS, 2014b).

- **les formes colloïdales :** (de 1 nm à 0,4 μm) lorsqu'il se fixe à des oxydes de fer, de manganèse, des hydroxydes, des carbonates, des argiles ou de la matière organique colloïdale.

- **les formes particulaires :** (> 0,4 μm) se font par intégration du cadmium dans la structure cristalline de minéraux détritiques (bruit de fond géochimique), par liaison à une fraction d'origine organique (carbonates, restes d'organismes, pelotes fécales), par précipitation avec différentes fractions minérales (carbonates, phosphates, oxydes et hydroxydes de fer ou de manganèse, sulfures), et par adsorption sur des phases de différentes natures (argiles, matière organique, oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse) (Gonzalez et al., 1999).

IV-1-2- Sources et cycle :

Le cadmium est naturellement présent à l'état de traces dans les roches superficielles de l'écorce terrestre, ce qui en fait un élément plus rare que le mercure et le zinc. Il y a deux origines principales de présence de cadmium (Ramade, 1992) :

- le cadmium primaire est principalement associé au cuivre, au plomb (Bliefert et al 2011) et au zinc dans les minerais de zinc (blende) (0,01 à 0,05%). C'est donc un sous-produit de la métallurgie du zinc qui donne en moyenne 3 kg de cadmium par tonne de zinc, ainsi que dans les phosphates naturels.

- le cadmium secondaire est produit par recyclage (accumulateurs Ni/Cd, alliages Cu/Cd, poussières d'aciéries, incinération d'ordures ménagères) représentant des causes de pollution de l'environnement. A l'image du mercure, les combustions des dérivés fossiles du carbone introduisent également ce métal dans l'atmosphère (combustion de produits pétroliers et de charbon). Le cadmium se volatilise facilement dans l'atmosphère et retombe sur le sol sous forme de poussières ou au cours de précipitations. On retrouve un gradient de contamination des sols autour des aires industrielles et urbanisées, (IPCS, 2014b). Aussi le transport de ce polluant peut couvrir de grandes distances.

Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés), des décharges industrielles, ainsi que du traitement des effluents industriels et des mines.

IV-1-3- Utilisation :

Les usages de cadmium se situent principalement en électricité en électronique, en métallurgie et dans l'industrie des matières plastiques.

Diverses utilisations du cadmium sont encore observées (Bliefert *et al* 2011):

- Fabrication de piles et accumulateurs au mélange Nickel-Cadmium,
- Pigments,
- stabilisateurs de polymères,
- Traitements de surface (cadminage) : recouvrement de métaux pour assurer leur stabilité et éviter leur corrosion. Cet usage est interdit en France depuis 2006 à l'exception de quelques secteurs : aéronautique, aérospatial, exploitation minière, off shore, nucléaire et transport en général. L'utilisation de cadmium est ici justifiée par des raisons de sécurité des engins, et donc des personnels,
- Alliages,
- Divers composants électroniques (là encore, l'usage est interdit dans ce domaine depuis 2006),
- Contaminant fréquent des phosphates dans les processus industriels de production des engrais.
-

IV-1-4- Bioaccumulation et Propriétés toxiques :

Contrairement à de nombreux métaux, le cadmium n'a aucun rôle métabolique connu, et ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants. Sa forme biodisponible est la forme libre Cd^{2+} , ou associée à certaines phases particulières (matière organique...).

Cependant, il ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu.

Au niveau subléthal, pour des concentrations de 1 à 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (concentration largement supérieure à celle du milieu), le cadmium peut provoquer des effets physiologiques (anomalies dans le développement embryonnaire et larvaire chez les mollusques bivalves et les échinodermes), ainsi, en fonction de leur sensibilité au cadmium, les espèces marines peuvent être classées de la façon suivante : crustacés > mollusques-annélides > poissons (Gonzalez *et al.* 1999)

Chez l'homme, le phénomène de toxicité aiguë est connu depuis 1950 sous le nom de syndrome d'Itai-Itai, défini par l'association d'une insuffisance rénale avec ostéoporose (démminéralisation et fragilisation des os), et ostéomalacie (démminéralisation et déformation des os). Son nom provient des cris poussés par les malades, riziculteurs âgés de 40 à 60 ans, du bassin de la rivière Jintsu au

Japon, intoxiqués par l'eau de boisson et la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux.

Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie), et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées. (IPCS, 2014b)

Il apparaît cependant que l'absorption digestive du cadmium ne s'élève, au mieux, qu'à 5% du cadmium ingéré. Celui-ci passe ensuite dans le sang où il se fixe aux protéines plasmatiques. Il n'y reste que pour une courte durée : au bout de 24h, le sang ne contient plus qu'1% de la quantité initiale. Le reste est déjà fixé par les tissus « cible », (IPCS, 2014b).

Le lieu préférentiel de fixation est dépendant du composé considéré. Par exemple, la thionéine-cadmium a un tropisme secondaire pour les reins, quand le chlorure de cadmium a plutôt un tropisme primaire pour le foie ou le sang. Ainsi, chacune des formes passe d'abord par le foie puis est dirigée vers les reins.

Enfin, il est à noter qu'aucune donnée convaincante ne permet de constater une biomagnification du cadmium dans les réseaux trophiques. Au contraire, il semble qu'une diminution des concentrations avec l'augmentation du niveau trophique soit la situation la plus couramment observée (Amiard-Triquet *et al.*, 1982; Amiard-Triquet *et al.*, 1993).

Le JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives) comité mixte FAO/OMS, a recommandé chez l'homme une dose tolérable (DHT) de 7 µg de cadmium par kilogramme de poids corporel et par semaine.

Le règlement (CE) n° 466/2001 fixe les quantités maximales de cadmium dans les denrées alimentaires (1 mg.kg⁻¹ poids humide).

IV-2- Le zinc :

IV-2-1- Propriétés physico-chimiques :

Le zinc est un élément chimique, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Son état d'oxydation courant est +2, donnant un cation de taille comparable à celle de Mg²⁺. C'est le 24^e élément le plus abondant dans l'écorce terrestre. Il possède cinq isotopes stables. ⁶⁴Zn, ⁶⁶Zn, ⁶⁷Zn, ⁶⁸Zn et ⁷⁰Zn, qui constituent l'ensemble du zinc. Le plus abondant étant ⁶⁴Zn (48,6% d'abondance naturelle)

Le zinc est un métal de couleur bleu-gris, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène.

Le zinc devient malléable lorsqu'il est chauffé à 100-150 °C, (IPCS 2014c).

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments) ; en particulier comme coenzyme. Le zinc existe dans l'eau de mer sous diverses formes: ion hydraté ($\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})^{2+}$), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques), et zinc adsorbé sur de la matière solide.

Seul le zinc dissous a tendance à être biodisponible, et sa biodisponibilité est fonction des caractéristiques physiques et chimiques de l'environnement et des processus biologiques.

IV-2-2- Sources et cycle :

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende ou sphalérite), accessoirement sous d'autres formes telles que la smithsonite (ZnCO_3).

Le zinc est assez uniformément distribué dans les roches magmatiques. Sa concentration est plus élevée dans les sédiments argileux et les schistes, alors qu'elle est plus faible dans la roche mère sableuse.

Il entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent des particules du sol. Les sources naturelles du zinc sont les éruptions volcaniques, les feux de forêts, les émissions d'aérosols marins, (Amiard, 2011).

Le zinc est présent dans tous les compartiments de l'environnement: l'hydrosphère, la lithosphère, l'atmosphère. Les échanges entre ces compartiments se font à travers la précipitation (sèche ou humide), le ruissellement, l'érosion, l'évaporation, la sédimentation, et la remise en suspension dans l'environnement aquatique, (Amiard 2011).

Dans l'atmosphère, il est essentiellement lié à des particules d'aérosol. La taille des particules est déterminée par la source d'émission du zinc. Une proportion importante du zinc libéré à partir de procédés industriels est adsorbée sur des particules qui sont assez petites pour être dans la gamme respirable.

Le transport et la distribution de zinc atmosphérique varie en fonction de la taille des particules et les propriétés des composés de zinc concernés. Il est éliminé de l'atmosphère par dépôt sec et humide. Alors que le zinc adsorbé sur les particules à faible densité et de diamètre peut être transporté sur de longues distances, (IPCS, 2014c)

Dans l'eau, le sédiment ou le sol, la distribution et le transport du zinc dépendent de la forme de zinc présent et les caractéristiques de l'environnement. La solubilité du zinc est principalement déterminée par le PH. A des valeurs de PH acides, il peut être présent dans la phase aqueuse sous sa forme ionique. Le zinc peut précipiter à des PH supérieurs à 8,0. Il peut également former des complexes organiques stables, La formation de tels complexes peut accroître sa mobilité et / ou sa solubilité.

Les apports anthropiques du zinc sont dus à trois groupes d'activités :

- les sources minières et industrielles. (Traitement du minerai. Raffinage, galvanisation du fer, construction de toiture, fabrication de gouttière, piles électriques, pigments, matière plastiques caoutchouc),
- Les épandages agricoles (utilisation d'engrais et de pesticides contenant du zinc),
- Les additifs alimentaires pour animaux,
- Dans les zones portuaires, le zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion, et est contenu dans certaines peintures antisalissures.

Les sources anthropiques et naturelles sont d'une ampleur similaire, (IPCS, 2014c).

IV-2-3- Utilisation :

Le zinc est utilisé dans divers domaines d'activités sous forme organique ou inorganique:

- Revêtement de protection des métaux contre la corrosion (métallisation, traitement par immersion, galvanoplastie),
- Entre dans la composition d'alliage (laiton, bronzes, alliages légers),
- Construction immobilière,
- Equipements pour l'automobile,
- Les chemins de fer,
- Fabrication de produits laminés ou formés.
- Sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique.

Le chlorure de zinc est utilisé par les pays de l'union européenne dans:

- Galvanoplastie, fonderie, soudure.
- Fabrication d'agent conducteur dans l'industrie électrique et électronique,
- Synthèse de médicaments et d'additifs,
- Production fongicide,
- Teinture et encre,

IV-2-4- Bioaccumulation et Propriétés toxiques :

Les éléments traces essentiels à la vie deviennent toxiques dès qu'ils sont en excès. La sensibilité à ces éléments est très différente d'une espèce à l'autre. Le seuil de tolérance est différent.

L'absorption du zinc par les animaux aquatiques a tendance à se faire à partir de l'eau plutôt qu'à travers la chaîne trophique.

Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse, à de fortes concentrations, sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves.

L'accumulation du zinc est donc régulée pour de nombreuses espèces aquatiques, par exemple chez les mollusques, les crustacés, les poissons et les

mammifères (Chong et Wang, 2001). Les entrées de zinc se font préférentiellement sous forme ionique (Zn^{2+}), par des protéines de transport membranaire (Sunda et Huntsman, 1998). Les bivalves accumulent ce métal principalement dans l'hépatopancréas, les gonades et les branchies, (Adami et al., 2002).

Les plus fortes concentrations de zinc chez les humains ont été trouvées dans le foie, les reins, le pancréas, la prostate et les yeux, il est aussi présent dans le plasma, les érythrocytes et les leucocytes. (IPCS, 2014c).

Le zinc peut s'accumuler dans les organismes aquatiques mais les valeurs de F_{BC} décroissent en montant dans la chaîne trophique. Cela peut s'expliquer par une régulation plus importante dans les organismes « supérieurs ». En conséquence, il semble que le potentiel de biomagnification soit faible.

Le JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives) comité mixte FAO/OMS, a recommandé chez l'homme une dose tolérable journalière (DJT) de 0.3-1 mg de Zn par kilogramme de poids corporel.

VI-3-Le Nickel :

VI-3-1-Propriétés physico-chimiques :

Le nickel est un élément chimique, de symbole Ni et de numéro atomique 28. Sa densité est de $8,902 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ à 25°C . Le nickel possède 31 isotopes. Il existe dans la nature sous la forme de cinq isotopes stables: ^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni et ^{64}Ni , ^{58}Ni étant le plus abondant (68,077 %). On lui attribue une masse atomique standard de 58,6934.

Le nickel est un métal blanc argenté qui possède un éclat poli. Il fait partie du groupe du fer. C'est un métal malléable. On le trouve sous forme combinée au soufre dans la millérite, à l'arsenic dans la nickéline.

VI-3-2-Sources et cycle :

Le Nickel est émis dans l'environnement à la fois par des sources naturelles et artificielles. Il circule dans tous les compartiments de l'environnement aux moyens de processus chimiques, physiques et biologiques, transporté par les organismes vivants.

Le Nickel atmosphérique existe principalement sous forme de particules d'aérosols contenant différentes concentrations de nickel, en fonction de la source. Les concentrations de nickel les plus élevées se trouvent généralement dans les plus petites particules, (IPCS, 2014a).

Le transport et la distribution des particules de nickel, entre différents compartiments de l'environnement est fortement influencé par la taille des particules et les conditions météorologiques. En général, les particules provenant de sources artificielles sont plus petits que les particules de poussière naturelles, (IPCS, 2014a).

Le nickel est introduit dans l'hydrosphère à partir de l'atmosphère, par les eaux de ruissellement, les décharges de produits industriels et les déchets municipaux, et par l'érosion naturelle des sols, (IPCS, 2014a).

Il est introduit dans le milieu marin essentiellement sous forme particulaire il est transporté sous forme ionique, ou en association avec la matière organique. Le nickel peut également être adsorbé sur les particules d'argile ou transporter par les biotes. Les procédés d'adsorption peuvent être inversés entraînant la libération de nickel dans les sédiments.

Le devenir du nickel dans l'eau de mer est conditionné par plusieurs facteurs, notamment le pH, la force ionique, le type et la concentration des ligands organiques et inorganiques, et la présence de surfaces solides pour l'adsorption, (IPCS, 2014a).

IV-3-3-Utilisation :

Grâce à sa résistance à l'oxydation et à la corrosion et en raison de son faible coût d'extraction et de traitement, il est utilisé dans :

- Les alliages fer-nickel : ils sont utilisés pour leurs propriétés physiques, parfois étonnantes. Les propriétés physiques des alliages fer-nickel mises à profit sont les propriétés magnétiques, élastiques, ainsi que leurs extraordinaires propriétés de dilatation (alliages non dilatables ou à dilatation contrôlée)
- Les alliages cuivre-nickel (cupronickels) : ils présentent une très bonne résistance à la corrosion en milieu acide ou marin, ainsi qu'une bonne aptitude à la mise en forme et au soudage.
- Les superalliages : c'est ainsi qu'on appelle une famille d'alliages de composition complexe, à base de nickel (ou de cobalt), comme le nichrome, présentant une excellente résistance à la corrosion sèche à haute température et de très bonnes propriétés mécaniques (limite élastique élevée, résistance au fluage). Ce sont des matériaux de choix pour les turboréacteurs (aéronautique) et certaines chaudières. Le développement de ces alliages a accompagné celui des moteurs d'avion depuis le milieu du XX^e siècle.
- Des sels de nickel (hydroxycarbonate, chlorure, sulfate, hypophosphite...) sont utilisés dans différentes industries telles que l'électronique, la catalyse, la galvanoplastie.
- Certaines enzymes utilisent du nickel comme centre catalytique.
- Le nickel de Raney catalyse l'hydrogénation.
- Le nickel est aussi utilisé dans la cathode des piles alcalines nickel-dioxyde de manganèse, et des accumulateurs alcalins nickel-cadmium, nickel-métal hydrure et nickel-zinc.
- Le nickel pur est utilisé pour certains types de cordes de guitare électrique. Il entre également dans la composition du fil dentaire.

- Il est utilisé en bijouterie avec de l'or afin d'obtenir une meilleure tenue mécanique ainsi que des couleurs originales. Ainsi, du cuivre, du nickel et de l'or donnent de l'or jaune ou rosé. L'or et nickel donnent de l'or blanc.
- Un autre débouché « historique » du nickel reste les pièces de monnaie, où les qualités de malléabilité et de résistance du produit sont particulièrement appréciées. Ainsi, on trouve du nickel dans les pièces américaines, canadiennes et dans les pièces d'un et de deux euros.
- Comme résistance chauffante (grille pain, radiateur ou encore sèche-cheveux) grâce à son coefficient de conductibilité thermique très faible.

IV-3-4-Bioaccumulation et Propriétés toxiques :

Il n'y a pas beaucoup d'informations disponibles sur les effets du nickel sur les organismes autres qu'humains. Le nickel est classé parmi les éléments traces dits essentiels, En excès, il peut néanmoins inhiber certains processus biochimiques au niveau des systèmes biologiques, (IPCS, 2014a). On sait que de fortes concentrations en nickel dans des sols sablonneux peuvent endommager les plantes, et de hautes concentrations en nickel dans les eaux de surface peuvent diminuer le taux de croissance des algues. Les micro-organismes peuvent aussi souffrir d'une diminution de croissance due à la présence de nickel mais, en général, après un certain temps, il développe une résistance au nickel.

La toxicité du nickel pour les organismes marins est considérée comme faible : EC_{50} pour la reproduction de *Crassostrea gigas* = $349 \mu\text{g.l}^{-1}$, en sulfate de nickel. La teneur sans effets dans les sédiments est estimée à $15,9 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Les mollusques le concentrent de 1 à quelques dizaines de mg.kg^{-1} .

De hauts facteurs de concentration ont été trouvés dans les plantes aquatiques. Cependant, des études en laboratoire ont montré que le nickel avait peu de capacité de bioaccumulation dans tous les poissons étudiés des eaux non polluées.

La gamme de concentrations rapportées dans le poisson entier (sur la base du poids humide) varie de 0,02 à 2 mg/kg . Ces valeurs pourraient être jusqu'à 10 fois plus élevées chez les poissons provenant d'eaux contaminées. Chez les animaux sauvages, le nickel se trouve dans de nombreux organes et tissus, en raison de l'absorption alimentaire par les herbivores et de leurs prédateurs carnivores. Cependant, il n'existe aucune preuve de la bioamplification du nickel dans la chaîne trophique, (IPCS, 2014a).

L'absorption de quantités trop importantes de Nickel par l'Homme peut avoir les conséquences suivantes:

- Plus de risque de développer un cancer des poumons, du larynx et de la prostate ;

- Nausées, vomissements et vertige après une exposition au gaz ;
- Embolies pulmonaires ;
- Asthme et bronchite chronique ;
- Problèmes cardiaques.

I- Généralités:

I-1- Origine du nom vernaculaire.

Les rougets sont parmi les poissons les plus anciennement connus et appréciés. Les Grecs et les latins ont laissé dans leur littérature des pages célèbres dans lesquelles ils vantent les qualités et les belles couleurs de leurs Trigles et de leurs Mullus.

Le premier auteur qui aurait observé les rougets du point de vue scientifique est Salviani (1554) ; ce dernier remarqua le premier qu'il existait différentes « sortes » de rougets qu'il nomma *Mullus major* et *Mullus minor*. Il faudra attendre 1758, avec le traité intitulé « *Systema naturae* » du naturaliste suédois Carl Von Linné (1707-1778), pour que les rougets soient différenciés en deux espèces distinctes, que sont le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus*, et le rouget barbet de vase *Mullus barbatus*. Cependant, ce n'est qu'à la fin du XVIII^e siècle que le monde scientifique, dans sa totalité, reconnaît l'existence de ces deux espèces avec des diagnoses précises, (Mahé *et al* 2005).

Actuellement, sous l'appellation vernaculaire rouget barbet, nous retrouvons deux espèces. Le rouget barbet de vase : *Mullus barbatus* et le rouget barbet de roche : *Mullus surmuletus*. Qui se distinguent entre elles par des différences morphologiques, biologiques et écologiques.

Mullus barbatus est appelé rouget de vase du fait de sa couleur, en particulier sur l'étil du poissonnier. De vase: du fait de son habitat privilégié.

I-2- Différences entres *Mullus barbatus* et *Mullus surmuletus* :

Comme sus dit, il existe plusieurs différences entre le rouget barbet de vase et le rouget barbet de roche. Ainsi, nous citerons en premier les différences morphologiques qui permettent de différencier de prime abord les deux espèces et qui sont (Mahé *et al* 2005) :

- ✓ Le profil de la tête (cf fig.5, 1): presque à la verticale chez *Mullus barbatus* et un peu plus allongé chez *Mullus Surmuletus* :
- ✓ La couleur de la première nageoire dorsale (cf fig.5, 2) : transparente chez *Mullus Barbatus* et dotée de rayures foncées, ou de points chez *Mullus Surmuletus*.
- ✓ La bande jaune sur les flancs (cf fig.5, 3) : Absente chez le rouget de vase, et présente chez le rouget de roche.
- ✓ L'Ecailles sous l'œil (cf fig.5, 4) : Présence de trois chez *Mullus Barbatus*, et de deux chez *Mullus Surmuletus*.

De plus, comme leur nom commun l'indique, les deux espèces évoluent dans des habitats différents. Ainsi, *Mullus barbatus* fréquente les fonds vaseux ou sableux, alors que *Mullus surmuletus* fréquente les fonds rocheux.

De ce fait, les deux congénères ont des habitudes alimentaires et une alimentation qui diffèrent en fonction de leurs biotopes respectifs.

Enfin, il existe aussi des différences physiologiques entre les deux espèces, dans la période de reproduction et l'âge de la première maturité sexuelle, (Suquet et al/ 2001).

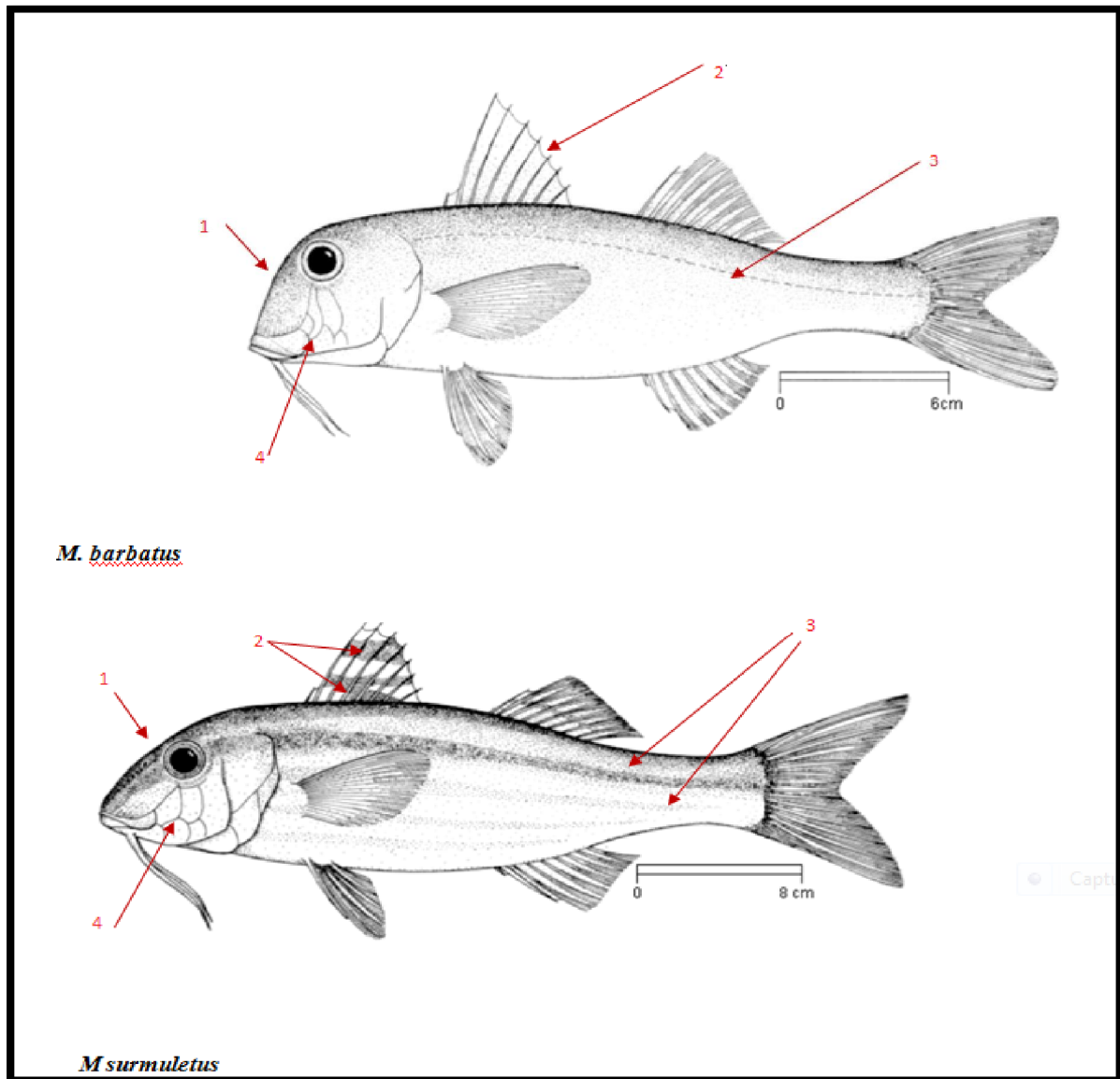


Figure 5: Identification des deux espèces de rouget: *Mullus barbatus* et *Mullus surmuletus*.

1-Profil,

2-Couleur de la nageoire dorsale,

3-Bandes jaunâtres,

4-Les écailles sous l'œil

I-3 Noms communs de *Mullus barbatus* :

Le rouget de vase est une espèce très appréciée du point de vue gustatif. On lui attribue différents noms usuels selon les régions :

Arabe: Barbouni el hagar , Mlal elkhaz , Rougi , Trília .

Catalan: Moll , Moll cranquer , Moll de fang , Moll fanger , Roger de fang , Rogeret .

Anglais: Bluntnouted mullet , Red mullet , Striped goatfish , Striped mullet .

Français: Rouget , Rouget barbet , Rouget de vase .

Allemand: Meerbarbe .

Grèque: Koutsomoura .

Hebreux: Mulit addumma .

Italien: Triglia di fango .

Maltais: Trilja tal-hama .

Portugais: Salmonete da vasa .

Serbo-Croate: Trlja od blata .

Espanole: Salmonete , Salmonete de fango .

Turque: Barbunya.

I-4 Origine du nom scientifique :

Le genre *Mullus* est tiré du latin *Mulleus* qui signifie rouge et désigne le rouget. Dès XIX^e siècle, le mulle était un genre de poisson de la famille des percoïdes, remarquables par leurs belles couleurs et la délicatesse de leur chair, le rouget de vase en faisait alors partie. Le nom latin *barbatus*, signifie a de la barbe. Ce qui constitue la caractéristique retenue pour designer cette espèce : la présence des deux barbillons, (Didier Laurent, 2012).

I-5 Classification hiérarchique :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata(Chordés)
Sous-embr.	Vertebrata(Vertébrés)
Super-classe	Osteichthyes(Osteichtyens ¹)
Classe	Actinopterygii(Actinoptériens ²)
Infra-classe	Teleostei(Téléostéens ³)
Super-ordre	Acanthopterygii
Ordre	Perciformes(Perciformes ⁴)
Sous-ordre	Percoidei(Percoidés ⁵)

Famille	Mullidae(Mullidés ⁶)
Genre	Mullus

Nom binominal***Mullus barbatus* Linnaeus, 1758**

- 1- Les Osteichtyens sont les poissons osseux qui s'opposent aux poissons cartilagineux (raies et requins).
- 2- Les Actinoptérygiens ont des nageoires soutenues par des rayons articulés et parallèles, membraneux, osseux, pouvant se plier car contrôlées par des muscles.
- 3- Les Téléostéens ont un corps recouvert d'écailles et une queue homocerque, c'est à dire à peu près symétrique.
- 4- Les Perciformes ou perches de mer ont des rayons épineux.
- 5- Les Percoidés ont des nageoires pelviennes développées.
- 6- Les Mullidés ont de longs barbillons mentonniers.

Le rouget de vase *Mullus barbatus* est un poisson qui appartient à la classe des actinoptérygiens, ordre des perciformes, famille des Mullidés; il constitue un groupe homogène représenté par 6 genres et 55 espèces.

La famille des Mullidés se caractérise par un corps allongé et légèrement comprimé couvert de grandes écailles cténoïdes. Avec une ligne latérale continue.

Le profil de la tête des poissons qui appartiennent à cette famille est plus ou moins parabolique avec de grandes écailles sur la tête. Leur Bouche est petite, basse et protractile. Ils sont dotés de mandibules ornées de petites dents. L'opercule est armé d'une épine simple. Les yeux sont de taille moyenne, généralement positionnés en haut de la tête.

Les Mullidés se différencient des autres familles du sous-ordre des percoidés par la présence de deux barbillons placés sous le museau.

Le genre *Mullus* comporte six espèces, qui se caractérisent par la présence de dents filiformes au niveau de la mandibule inférieure, (Fischer *et al*, 1987).

II- Biologie du rouget barbet de vase *Mullus barbatus* Linné 1758

II-1 Description morphologique de *Mullus barbatus* (Linné 1758) :

Le rouget barbet de vase *Mullus barbatus* a un corps allongé, au profil ventral assez plat (fig.6), et recouvert de grandes écailles ctenoides sur la tête. La taille moyenne du rouget de vase est comprise entre 10 et 20cm avec une taille maximum de 30 cm (FAO). En Algérie, la taille de *Mullus barbatus* est comprise entre 12 et 18 cm, et peu atteindre 25 cm, (Darly 1992).

En général, le corps du rouget barbet de vase est de ton rougeâtre sur le dos, rosé avec des reflets argentés sur les flancs. Le ventre est blanc, sa ligne latérale est bien marquée. Mais sa coloration peut varier suivant l'environnement

: beige avec une ligne sombre horizontale, partant de l'œil, sur le sable; sombre et marbrée, en particulier sur les flancs, s'il se déplace ailleurs. Le rouget est aussi plus pâle et terne la nuit que le jour. Cette teinte rouge est aussi avivée par l'écaillage. Les alevins sont plutôt de ton bleuâtre et ressemblent à des sardines, (Dieuzeide, 1959 ; Didier Laurent, 2012).

La tête du *Mullus barbatus* est massive, avec un profil abrupt, busqué au droit des yeux presque à la verticale. Ces derniers sont positionnés près du sommet de la tête. La bouche est petite et légèrement protractile. La mâchoire inférieure est dotée de petites dents filiformes et la mâchoire supérieure est édentée.

Le genre *Mullus* est généralement décrit comme n'ayant pas de dents sur le prémaxillaire supérieur. Contrairement aux descriptions génériques (basé sur des spécimens adultes), les juvéniles de *M. barbatus* et *M. surmuletus* ont des dents sur la mâchoire supérieure; cependant, les dents ne sont pas visibles dans les échantillons > 50 mm de longueur totale, car elles sont recouvertes par le tissu de la lèvre. Le nombre de dents diminue avec la croissance des juvéniles et disparaît après 100 mm de longueur totale, (Aguirre, 1997).

Il n'a pas d'épine sur le bord de l'opercule. Ses joues possèdent trois grandes écailles, caduques, La plus petite, incolore, est souvent arrachée.

Il est doté de deux barbillons au dessous de l'ouverture de la bouche. Ces derniers sont blancs et très caractéristiques ; ils sont épais et peuvent se replier dans un sillon médian. Ils ont une fonction sensorielle. En effet, ils contiennent des organes tactiles, olfactifs et gustatifs sur leurs surfaces, aptes à détecter les proies présentes sur le substrat ou légèrement en dessous de la surface. Le poisson peut alors les déterrer à grandes bouchées, (Aguirre, 2000). Ce qui constitue un mécanisme compensatoire de recherche de nourriture en milieu à faible visibilité telle que les substrats vaseux ou sableux (Lombarte, 1997). Ces barbillons sont de longueur égale ou plus courte que les nageoires pectorales, (Fischer et al, 1987).

Mullus barbatus a deux nageoires dorsales bien séparées, la première étant incolore. Chaque nageoire dorsale est composée de 8 rayons épineux, dont la première étant minuscule. La nageoire anale est plus petite que la deuxième nageoire dorsale. La nageoire pectorale est bien développée et est située en arrière de l'opercule. La nageoire ventrale est plus courte que la pectorale. La nageoire caudale n'a pas de stries. Les nombres des rayons des nageoires sont disposés de la manière suivante: D1: VII-VIII, D2 : I+7-8, A: II+6-7, P : 15-17, V: I+5, (Fischer et al, 1987).



Figure 6: Aspect morphologique du rouget barbet de vase *Mullus barbatus*.

II-2 Habitat et distribution géographique :

II-2-1 Habitat :

Les œufs, les larves et les post larves du rouget de vase sont pélagiques, et vivent dans les eaux de surface jusqu'à une profondeur de 30-35 m, au voisinage des côtes. Les juvéniles à partir de 3-4cm commencent à gagner le fond, (Suquet *et al* 2001).

Les larves ont été retrouvées entre juin et juillet en Méditerranée. Elle présente une pigmentation bleue comparable à la sardine. A l'arrivée sur les fonds côtier, elle cède la place à une coloration très proche de celle de l'adulte, (Bougis, 1952).

Le rouget de vase adulte en Méditerranée et en Atlantique, est une espèce benthique préférant les zones où le plateau continental est large. Il présente une abondance maximale sur les fonds vaseux à des profondeurs comprises entre 50 et 200 m (Lombarte *et al*, 2000). On le retrouve également sur les graviers et les fonds sableux jusqu'à 328 m en mer ionienne orientale (Mytilineou, 2005). En Algérie, Dieuzeide mentionne que c'est une espèce commune sur les fonds vaseux jusqu'à 150m de profondeur.

II-2-2 Distribution géographique :

Mullus barbatus est présent en Atlantique (des côtes européennes et africaines), du nord du golf de Gascogne jusqu'au Sénégal en passant par les îles canaries. Ainsi qu'en méditerranée et en mer noire, (Hureau, 1986), (cf Fig.7).

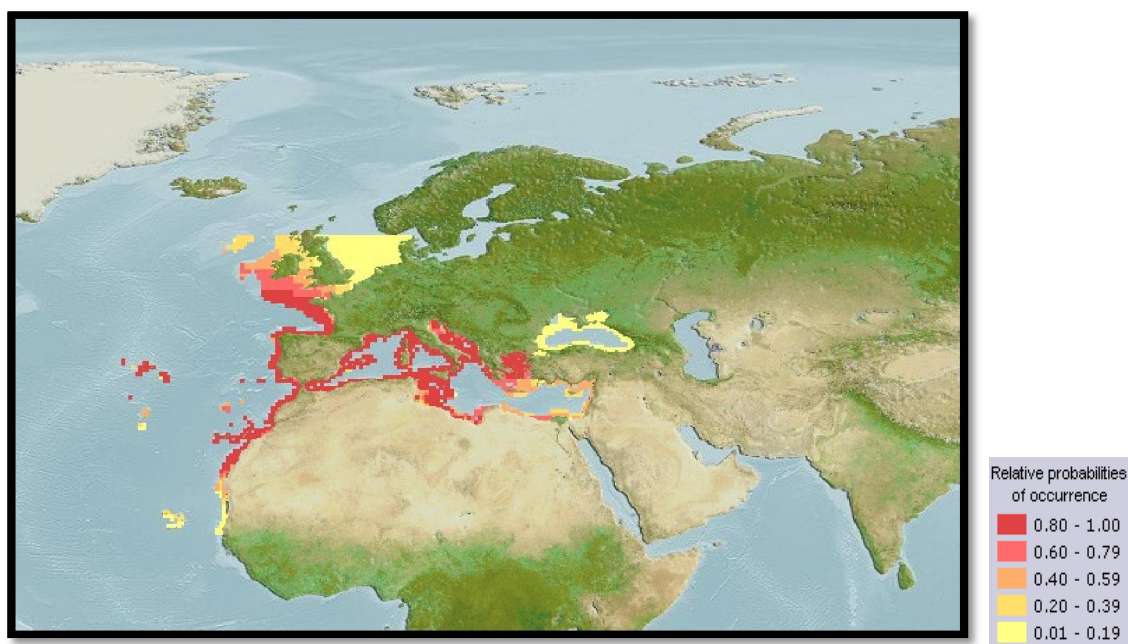


Figure 7 : Distribution géographique de *Mullus barbatus* (Computer Generated Native Distribution Map)

II-3- Cycle biologique :

II-3-1- La croissance :

Comparée à d'autres espèces de poisson, la croissance du rouget de vase paraît être lente. Il atteint le poids de 50- à 100 gr à la 3ème année de sa vie. La croissance des mâles est inférieure à celle des femelles. La relation taille poids est fortement corrélée, (Suquet, 2001).

Selon Hebbar, 2013 la relation taille-âge au niveau du littoral oranais est représentée dans le tableau suivant (cf tab.4) :

Tableau 4: Clé âge-longueur (cm) (Hebbar, 2013)

Sexe	mâle	femelle	Sexe confondu
Age	M	M	M
1	11.52	12.46	11.84
2	17.01	19.38	15.47
3	19.00	21.29	17.92
4		23.21	20.85
5		25.93	26.25

M : moyenne de la cohorte

II-3-2- La reproduction :

Mullus barbatus est une espèce de poisson gonochorique. Selon Hebbar 2012, sa taille à la première maturité sexuelle, sur la côte oranaise est estimée à 13,6 cm pour les mâles et 14.5 cm pour les femelles. La période de ponte s'étend d'Avril à Juillet. Le sexe ratio est en faveur des femelles toute l'année, et au delà de 20 cm.

Cependant, la taille à la première maturité sexuelle varie d'un secteur à l'autre de la Méditerranée (cf tab.5).

Tableau 5: Taille à la première maturité sexuelle (longueur en centimètre) (Suquet et al 2001).

Localisation	mâle	femelle	référence
France Méditerranée	11	13	Bougis, 1952
Tunisie 1981a	13	15.5	Gharbi et Ktari,
Chypre	10	10	Livadas, 1988
Grèce	9.4	10.4	
Vassilopoulou,1992	Vassilopoulou&		
Papaconstantinou,1991	10.6	11.2	

Généralement, la période de ponte du rouget de vase est observée au printemps et en début d'été, mais peut s'étendre jusqu'à la fin de l'automne en mer Egée (cf tab.6).

Tableau 6: Périodes de reproduction du rouget barbet de vase *Mullus barbatus* (Linné, 1758) dans différentes zones de la Méditerranée selon le suivi du rapport gonadosomatique. (+ : période de reproduction). (Hebbar, 2012)

Zone géographique	Mois												Références auteurs
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Mer Adriatique (Italie)				+	+	+	+	+	+				Jukic & Piccientti, 1981
Mer Egée (Grèce)				+	+	+	+	+	+	+	+	+	Vassilopoulou & Papaconstantinou, 1992
Golfe de Saronikos (Grèce)					+	+	+						Vrantzas et al., 1992
Livorno (Italie)				+	+	+	+	+	+				Voliani et al., 1998
Méditerranée Nord Occidentale (Espagne)				+	+	+	+	+	+				Aguirre, 2000
Nador (Maroc)				+	+	+	+	+	+				Layachi et al., 2007
Golfe de Tunis (Tunisie)					+	+	+						Cherif et al., 2007
Méditerranée (France)					+	+							Bougis, 1952
Méditerranée (Egypte)				+	+								Hashem, 1973
Méditerranée (Alger, Algérie)					+	+	+						Lalami, 1971
Méditerranée (Oran, Algérie)					+	+	+						Hebbar et al., 2012

En se basant sur l'aspect macroscopique des gonades du rouget barbet de vase, cinq stades de maturité sexuelle ont été déterminés (Hebbar, 2013):

- Stade 1 : Individus immature (sexe indiscernable) ou stade de repos sexuel. Ovaire de petite taille transparent.
- Stade 2 : Début de la maturité sexuelle. Les ovaires sont de taille moyenne, de couleur jaune opaque et la vascularisation est plus ou moins apparente.
- Stade 3 : Ovaire en maturation ou stade de pré ponte. Les ovaires augmentent de volume, de couleur jaune orangé. Les ovocytes, visibles à travers la paroi ovarienne, rendent la surface des ovaires granuleuse. La vascularisation est fine, mais très importante. Les mâles sont en émission de spermatozoïdes.
- Stade 4 : Ovaires mures ou stade de ponte. Les ovaires sont au maximum de leur développement, de couleur orangé. Les ovocytes sont parfaitement arrondis et font saillie à la surface de la gonade. Les femelles sont en ponte et les mâles sont en post émissions de spermatozoïdes.
- Stade 5 : Stade post ponte. Les ovaires sont flasques de couleur rouge due à une forte vascularisation.

Le RGS de cette espèce augmente avec la taille des poissons (Hebbar, 2013), et renseigne sur la période de ponte quand il est au maximum de sa valeur. Puis il diminue lentement pendant le repos sexuel.

Parallèlement, le RHS montre une évolution comparable au RGS. (Hebbar, 2013) (Bougis, 1952) Ce qui n'est pas le cas chez la plupart des autres poissons. Cela s'expliquerait par un rôle dynamique du foie chez le rouget qui transformerait les graisses et ne les accumulerait pas uniquement, comme cela est noté chez d'autres espèces de poissons, (Bougis, 1952).

II-3-3- La ponte:

Les œufs sont pondus à de grandes profondeurs et rejoignent la côte grâce aux courants. Les œufs, les larves et les post larves sont pélagiques et vivent dans les eaux de surface jusqu'à une profondeur de 30-35cm.

Mullus barbatus a un comportement grégaire. Les juvéniles se concentrent très près du rivage en été, alors qu'en automne, elles se déplacent à de plus grandes profondeurs (Voliani, 1999), (cf Fig.8).

Dans certaines régions, ce mouvement représente une vraie migration de la population du peu profond au plus profond, (Voliani, 1999).

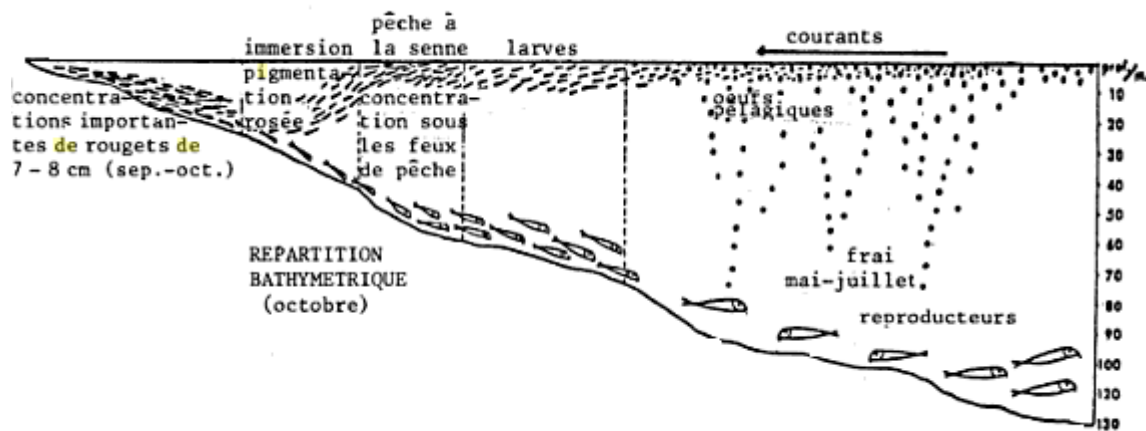


Figure 8: Cycle biologique du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) dans le secteur de Castellon, D'après Suau et Larranneta, 1964.

III-5- Régime alimentaire :

Mullus barbatus est un poisson carnivore, euryphage, se nourrissant principalement de crustacés amphipodes, de polychètes, et de mollusques bivalves. Les décapodes, les isopodes et les nématodes sont des proies secondaires. Alors que les gastéropodes et les alevins de poissons restent des proies accessoires. Il est à noter que l'analyse des estomacs de *Mullus barbatus* montrent qu'ils contiennent du sable et des coquillages, ce qui prouve que c'est un poisson qui se nourrit sur le fond, qui peut détecter à l'aide de ses barbillons, et capturer des organismes enfouies. (Layachi 2007). Les alevins de 30-40mm consomment des proies de petites tailles comme les copépodes et larves de bivalves. A partir de la taille de 10 cm la composition alimentaire est constituée de proies plus volumineuses. Le régime alimentaire du *Mullus barbatus* de longueur comprise entre 10-19 cm est essentiellement composé de polychètes, de mollusques, et de crustacées. Ainsi les polychètes représentent 62% des proies ingérées, et 52% du poids de ces proies, (Labropoulou 1997 in Suquet et al, 2001).

Selon Layachi 2007, au niveau des côtes marocaines, le régime alimentaire de cette espèce varie avec les saisons et la taille des individus qui ont tendance à ingérer des proies de plus en plus grandes, au fur et à mesure que leur taille augmente. Le spectre alimentaire de ce mullidae euryphage se compose principalement d'amphipodes, d'annélides et de bivalves. Les petits poissons (alevins en particulier) et les gastéropodes sont des proies complémentaires.

Au niveau des côtes tunisiennes, Cherif 2011 note que les crustacés représentés par ordre décroissant d'abondance, sont les décapodes, les amphipodes et les

euphausiids, les isopodes ; ainsi que les polychètes sont les proies préférentielles du rouget barbet de vase. Les mollusques et les échinodermes représentent des proies secondaires. Les nématodes, les téléostéens et les algues sont des proies de moindre importance.

V-6- Pêche et exploitation :

Le rouget barbet de vase à une grande valeur commerciale. Il fait partie des principales espèces ciblées par de nombreuses pêcheries démersales. Sa Pêche est semi-industrielle, artisanale et sportive. Les Engins utilisés pour la pêche du rouget sont: La senne de plage, le chalut et filets maillants de fond, verveux, la ligne à main et la pêche sous-marine. Régulièrement présent sur les marchés de Méditerranée, occasionnellement à rarement en mer Noire, il est commercialisé frais, réfrigéré, congelé et salé.

Au niveau mondial, la production du rouget barbet de vase n'a fait qu'augmenter depuis les années soixante pour connaître une stabilité ces dix dernières années, (cf fig.9).

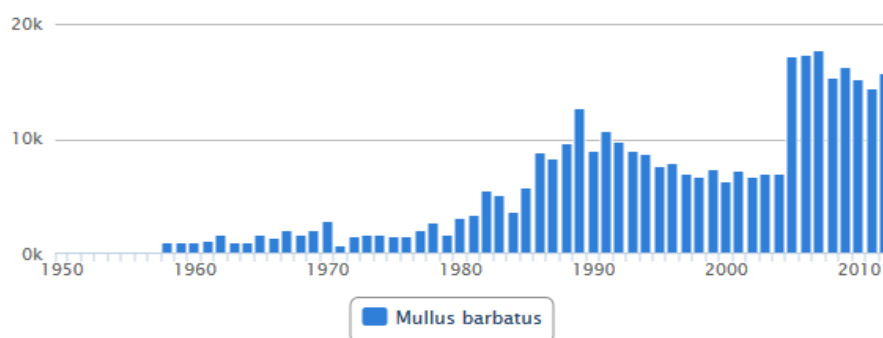


Figure 9: Capture totale et Production mondiale de *Mullus barbatus* (tonne) (<http://www.fao.org/fishery/species/3208/en>)

En Algérie, la pêche du rouget de vase est réalisée principalement par les petits métiers et les chaluts (DPRH, 2014). A titre d'exemple au niveau de la wilaya d'Oran, la flottille active au niveau de ce secteur, reportée sur le tableau (cf Tab.7), n'a fait qu'augmenter ces dernières années.

Tableau 7: Evolution de la flotte (active) de pêche de la willaya d'Oran entre 2009-2013(DPRH,2014)

Année	2009	2010	2011	2012	2013
Chalutiers	23	27	25	29	28
Sardiniers	91	95	97	104	108
Petits métiers	50	52	55	58	60

Ainsi nous remarquons que la production de rouget (de vase et de roche) au niveau de la willaya d'Oran a augmenté aussi depuis 2009, pour connaître une légère baisse en 2013 (cf Tab.8):

Tableau 8: Débarquement du rouget, port de débarquement Oran (DPRH 2014).

Année	Quantité de rouget débarqué (tonne)	Taux rouget/demersal (%)
2009	36.2	13
2010	47.2	23
2011	68.8	19.2
2012	79.6	21.26
2013	61.4	28

Il est à noter que le taux de production du rouget par rapport aux autres espèces démersales capturées est aussi en progression ces cinq dernières années, ce qui traduit l'importance de la consommation de ce poisson.

La taille minimale marchande en Algérie, d'après la loi cadre n° 01-11 du 03 juillet 2001 relative à la pêche et l'aquaculture, est reportée sur le tableau suivant (cf tab.9):

Tableau 9: Tailles minimales marchandes des espèces halieutiques de Mullidae genre *Mullus*

FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE	TAILLE MINIMALE (cm)
Mullidae	Rouget de roche	<i>Mullus surmelutus</i>	11
	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>	15

Caractéristiques de la zone d'étude.

I- Caractéristiques générale de la mer Méditerranée.

La mer Méditerranée est une mer épicontinentale semi fermée reliée à l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar. Elle s'étend d'est en ouest d'environ 3800Km, et du nord au sud, avec une distance maximale entre la France et l'Algérie de 900Km. Elle couvre environ 2,5 millions de km², avec une profondeur moyenne d'environ 1,5 km. Elle représente respectivement 0.7% et 0.3% de la surface et du volume de l'océan mondial, (Bethoux *et al*, 1999). La longueur des totaux du littoral de la Méditerranée est d'environ 46 000 km, dont 19 000 km représentent les côtes des îles (Selenica, inédites). L'ensemble de la région côtière couvre une superficie de près de 1,5 millions de km², soit 17% de la superficie totale des pays limitrophes qui sont: Espagne, France, Monaco, Italie, Slovénie, Croatie, Bosnie, Serbie et Monténégro, Albanie, Grèce, Turquie, Chypre, la Syrie, Liban, Territoires palestiniens, Israël, l'Egypte, la Libye, Malte, la Tunisie, l'Algérie et Maroc, (UNEP, 2003).

La mer méditerranée est divisée communément en deux bassins principaux ; occidental et oriental. Séparées par le canal de Sicile (ferdj et menardi, 2001).et selon l'UNEP (2003) en dix sous-bassins, (cf Fig.10) (cf tab.10).

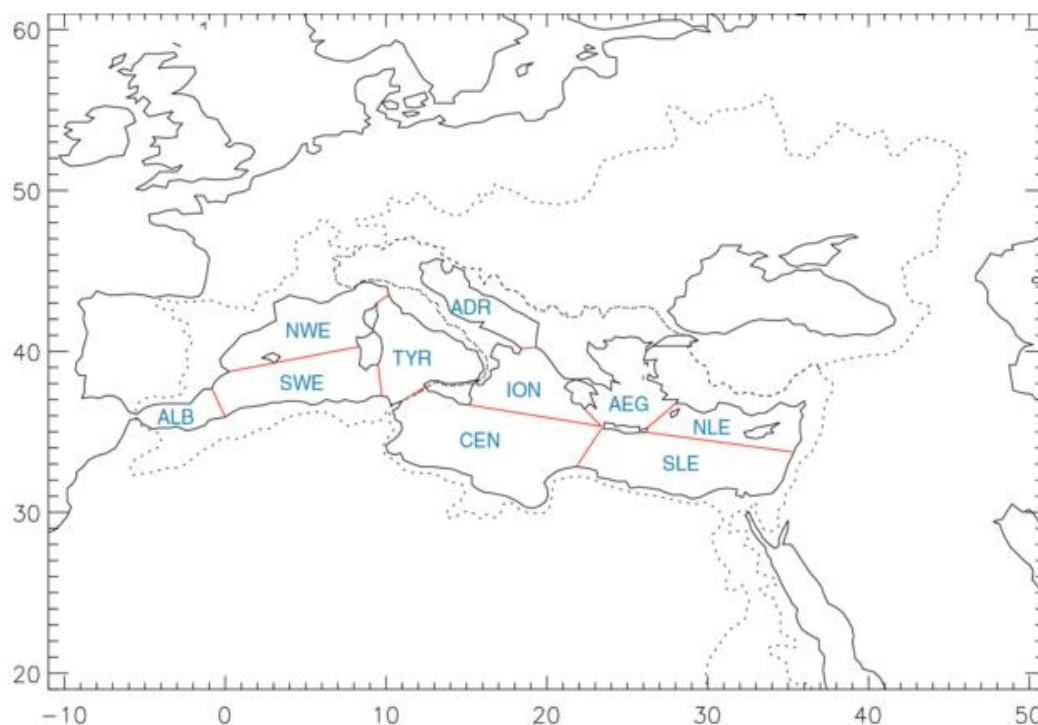


Figure 10: Subdivision des sous bassins de la Méditerranée selon UNEP, 2003. La ligne en pointillé délimite les bassins versants.

Tableau 10: Les pays qui bordent la Méditerranée et les abréviations des sous-bassins.

Alboran	ALB	Spain, Morocco, Algeria
North-Western	NWE	Spain, France, Monaco, Italy
South-Western	SWE	Spain, Italy, Algeria, Tunisia
Tyrrhenian	TYR	Italy, France, Tunisia
Adriatic	ADR	Italy, Croatia, Albanian
Ionian	ION	Italy, Albanian, Greece
Central	CEN	Italy, Tunisia, Libya, Malta
Aegean	AEG	Greece, Turkey
North-Levantine	NLE	Turkey, Cyprus, Syria, Lebanon
South-Levantine	SLE	Lebanon, Israel, Egypt, Libya

Climatiquement, la Méditerranée est caractérisée par généralement des températures chaudes, des précipitations hivernales, des étés secs et une profusion de microclimats dus aux conditions environnementales locales. La température moyenne annuelle suit un gradient marqué du nord au sud. Des températures de $<5^{\circ}\text{C}$ peuvent être trouvés dans la plus élevée parties des Alpes, tandis que des températures de $>20^{\circ}\text{C}$ sont typiques pour la Libye ou l'Égypte. Aussi les précipitations annuelles moyennes montrent un gradient du nord au sud, avec des valeurs décroissantes vers le sud, (UNEP, 2003). La mer Méditerranée est une mer oligotrophe, malgré cela, la productivité primaire du bassin méditerranée est comparable aux valeurs rapportées pour le reste du monde. Elle renferme 7% de la faune marine mondiale et 18 % de la flore marine mondiale avec un taux d'endémisme de 28%, (FAO, Fishstate, 2002).

I-1-Etat de la pollution en mer Méditerranée.

Victime de son histoire, sa civilisation et sa culture, la mer Méditerranée et actuellement la mer la plus polluée au monde. De plus elle est sillonnée par 50% de la circulation maritime mondiale, (Bousquet, 2003).

La population des villes méditerranéenne était estimée à environ 450 million en 1996, Une partie considérable d'entre eux vivent directement dans la zone côtière, elle devrait attendre entre 520 à 570 million d'habitant en 2030 (EEA, 1999). Cette pression due à l'augmentation de la population méditerranéenne et exacerbé par le tourisme, (EEA, 2006).

Par ailleurs et comme son nom l'indique, la Méditerranée est une mer semi-fermée, entourée de trois continents, les apports atmosphériques et telluriques sont donc importants. Sa superficie est de $2,5.10^{12}\text{ m}^2$, alors que son bassin versant représente $1,8.10^{12}\text{ m}^2$. Le rapport des surfaces bassin versant sur mer est donc de 0,7 alors qu'il est de 0,3 pour l'océan mondial.

En conséquence, au lessivage naturel des sols et à l'érosion éolienne, s'ajoutent les apports (ou rejets) liés aux activités industrielles, agricoles et urbaines du

bassin versant. De plus, les apports atmosphériques, inclus dans la circulation atmosphérique, peuvent venir de régions extérieures au bassin versant: Europe du Nord et régions sahariennes.

Le long des côtes méditerranéennes, 131 points chauds de pollution ont été identifiés par le SAP (strategic action programme) de l'UNEP, (cf Fig.11). Ces points chauds sont des points de sources de pollution ou des zones côtières polluées, 26% de ces sources de pollution sont des pollutions urbaine, 18% industrielle et 56% sont mixtes (urbaine et industrielle). De plus 59 zones sensibles ont été répertoriées, qui pourraient devenir des points chauds de pollution. Toute cette pression contribue à la dégradation de la qualité de certaines zones côtières. En effet, cela pourrait affecter la santé humaine, la pérennité des écosystèmes et de la biodiversité, ainsi que l'économie, (EEA, 2006).



Figure 11: Point chauds de la pollution le long des côtes de la Méditerranée, (UNEP/WHO, 2003).

Les sources de pollution d'origine tellurique sont:

- Les eaux usées et le ruissellement urbain.
- Les déchets solides urbains.
- Les polluants organiques persistants (POP).
- Les métaux lourds.
- Les composés organiques halogénés.
- Les substances radioactives.
- Les éléments nutritifs.
- Les matières en suspension.
- Les déchets dangereux.
- La destruction des habitats et l'altération physique.
- La construction de rivage.

L'altération des zones humides et des marais salants altération.

La pollution d'origine marine est représentée par :

- Les Hydrocarbures et pétrole provenant de la navigation ou des activités "off shore".
- Les déchets marins.

I-2-Cas de la pollution métallique en méditerranée.

Les premières mesures fiables d'éléments traces, réalisées en 1983, ont montré des profils verticaux très différents en Méditerranée de ceux mesurés dans les océans Atlantique et Pacifique (Ruiz-Pino *et al.*, 1990; Ruiz-Pino *et al.*, 1990; Ruiz-Pino *et al.*, 1991). Dans ces deux océans, pour le zinc et le cadmium, par exemple, les profils verticaux s'apparentaient à ceux des éléments nutritifs, à savoir de très faibles concentrations en surface et une augmentation progressive en profondeur. En Méditerranée, ces métaux traces sont plus concentrés dans les couches supérieures que dans les couches inférieures où ils restent en quantité relativement stable. Ces profils particuliers en Méditerranée ont été interprétés par un état non stationnaire, les apports superficiels étant plus forts que le transfert vertical par l'activité biologique et les mouvements hydrologiques. Cette caractéristique a permis aux chercheurs d'analyser avec plus de facilité l'évolution de la concentration des métaux traces (mercure, cadmium, plomb, cuivre et zinc) provenant de l'atmosphère et des rivières: dus pour l'essentiel aux activités humaines. (Ruiz-Pino *et al.*, 1990; Ruiz-Pino *et al.*, 1990; Ruiz-Pino *et al.*, 1991).

II-Caractéristiques générales du littoral algérien.

L'Algérie dispose d'un littoral qui s'étend de la frontière algéro- marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière algéro- tunisienne à l'est (cf fig.12); couvrant ainsi une distance d'environ 1622 Km. Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit, à l'exception de la zone de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen) à l'extrême ouest, et la zone d' El kala (wilaya de Taref) à l'extrême est, où il est plus large (Benzohra et Millot, 1995).

Le bassin algérien se situe au sud du bassin occidental méditerranéen à une latitude de 35° à 40° Nord, et à une longitude de 2°ouest à 7°45 est. Il est situé à l'est de la mer d'Alborant, entre l'Algérie au sud est les îles Baléares au nord ouest et la Sardaigne au nord est (Benzohra et Millot, 1995).



Figure 12: Littoral algérien (google map)

II-1- Circulation des eaux le long des côtes algériennes: Facteurs hydrodynamiques.

II-1-1-Le courant

La masse d'eau d'origine atlantique pénètrent en surface dans le bassin méditerranéen à travers le détroit de Gibraltar rejoint les côtes algériennes au environ d'Oran. Ce courant turbulent prend la dénomination de courant algérien à cause de son caractère spécifique d'écoulement tout au long des côtes algériennes (Millot, 1985). Il est défini comme une veine de 30 à 40 Km de largeur et de 150 à 200m d'épaisseur, c'est de l'eau océanique modifiée par l'atmosphère et le mélange avec l'eau méditerranéenne. Elles sont caractérisées par une température variable en surface (15 à 23°C) et une salinité inférieure à 37.10‰ (Millot, 1985). Ce courant de surface circule d'ouest en est à une vitesse de 80 à 100 cm/s. (Millot et Taupier, 2005) et génère des Upwellings plus ou moins intense qui favorisent la productivité au niveau des côtes (Millot, 1989).

Les eaux levantines intermédiaires se trouvent à une profondeur de 200 à 1000m. Elles sont caractérisées par une température de 13.2 à 14°C et une salinité de 38.5‰. Elles n'ont pas de circulation propre d'est en ouest mais elles circulent vers l'ouest le long des côtes algériennes et constituent une part importante du flux d'eau méditerranéenne sortante en profondeur par Gibraltar (Boutiba, 1992).

Cette masse d'eau l'levantine intermédiaire se présente sous forme de lentilles associées à un <<vieux>> tourbillon, (Taupier-Letage et Millot, 1988).

La masse d'eau profonde résulte de la plongé en profondeur d'eau superficielle et intermédiaire refroidies sous l'action de phénomènes atmosphérique, (Millot, 1987). Ce sont les vents froids et sec soufflant avec violence en hiver le long du rivage nord du bassin qui y sont à l'origine, (cf Fig.13).

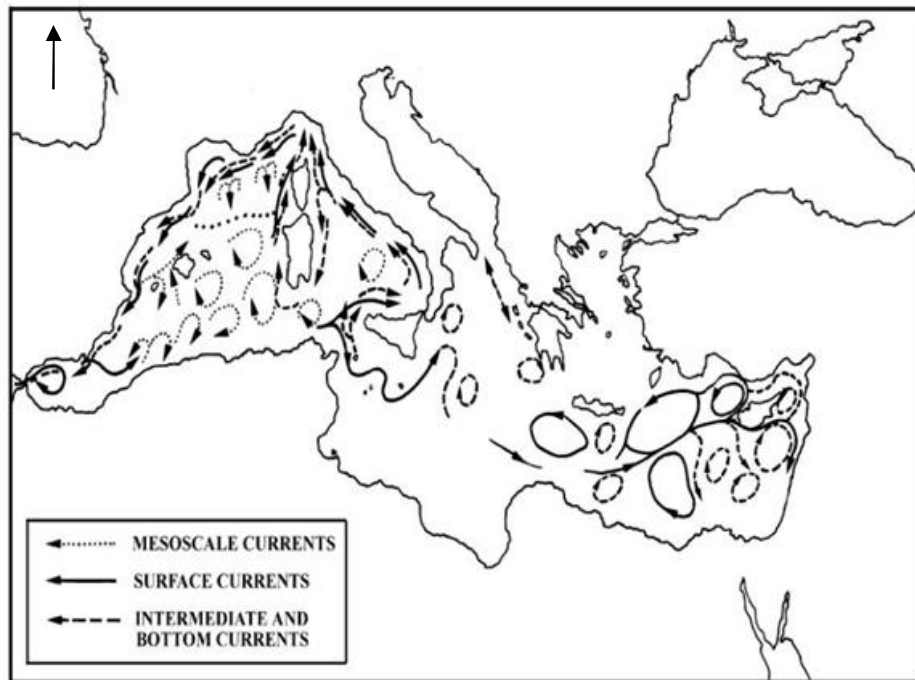


Figure 13: Les courants Méditerranéens le long des côtes algériennes, (Millot, 1987).

II-1-2-La houle

Sa direction de propagation est liée à celle du vent, et à la profondeur. Ainsi, au niveau de la côte algérienne, la houle suit le régime du vent, qui est un régime saisonnier (Leclaire, 1972). C'est le facteur le plus important dans la dynamique des sédiments des petits fonds. Au contact des irrégularités du fond, la houle donne lieu à des rouleaux qui participent à la mise en suspension des particules favorisant leur déplacement. Le sens et l'intensité du courant est en fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous marine et de la granulométrie des sédiments, (Millot, 1989).

En général, dans le cas de houle de petite à moyenne amplitude, les courants ne sont notables que dans les zones de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des graviers du littoral jusqu'à 10m. Elles assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion. Par contre les houles de forte amplitude pourraient agir jusqu'à des fonds de 40 à 60m.

II-2-Situation géographique et topographique du littoral algérien:

70% des 1550 Km de la côte algérienne sont des falaises de grès argileux ou calcaire jurassique, entrecoupées de promontoires rocheux. La hauteur de ces falaises varie de 8 à 100m à l'exception de celles de la wilaya de Aïn-témouchent qui atteignent 200m de hauteur et descendent à -50m en dessous du niveau de la mer. La partie restante de la côte est formée par des plages sableuses dont certaines sont encadrées par des affleurements de roches éruptives ou de cordons dunaires, (Boutiba, 1992).

Généralement, les fonds à proximité des caps sont accidentés, et présentent des éboulis importants. Alors que les plages se prolongent par des fonds sableux, (Leclaire, 1972).

Leclaire 1972 a remarqué une variabilité dans la largeur de la bordure côtière sous marine de l'ouest algérien car elle est de 10Km au large de cap falcon est près de 90Km dans le golf de Ghazaouet. Le plateau continental algérien est considéré comme le plus étroit de la méditerranée (largeur moyenne de 7 Km).

Le littoral algérien se caractérise donc par une côte basse correspondant à un plateau continental large à pente faible, et une côte élevée (massif montagneux, falaise côtière) correspondant à un plateau continental réduit voire inexistant et une marge continentale escarpée (Boutiba, 1992).

II-3-Sédimentologique:

Les différents domaines de la marge algérienne sont le siège d'une sédimentation plus ou moins différente tant dans l'espace que dans le temps. Elle dépend de l'apport sédimentaire d'origine marine (plancton, benthos, érosion côtière) et/ou terrigène (apport des oueds). Elle constitue un facteur déterminant dans l'installation de la flore et la faune benthique et de plus, des peuplements benthiques et ichtyologiques (Leclaire, 1972) ainsi qu'un réservoir de contaminants hydrophiles bioaccumulables par les organismes benthiques qui peuvent constituer une incontournable source de contamination, (Fowler, 1982 in Kerfouf, 2007).

Le long de la côte ouest algériennes, le fond marin compris entre oued Isser et cap Noé est constitué de boues argilo calcaire. Alors que ceux situés entre cap Noé et les îles Habibas sont de nature argilo siliceuse. De Ghazaouet à Rachgoune les fonds entre 250 et 350m sont de formations volcaniques sous forme de chandeliers dont leurs sommets sont recouverts de touffes de coraux à dendrophyllum. En général, le substrat des fonds marins est caractérisé par une granulométrie variable. Graveleux, sable et vase qui constituent les fonds meubles, qui alternent très étroitement avec des substrats rocheux, (Maurin, 1962 in Boutiba, 1992).

II-4-Biodiversité marine:

Le bioclimat et l'étendu de l'aire géographique algérienne sont à l'origine d'une diversité écosystémique et spécifique importante.

Le littoral ouest algérien se caractérise par une importante biomasse phytoplactonique, sous l'influence du courant atlantique la biomasse zooplanctonique et micronectonique est très importante en saison hivernale, (Boutiba, 1992).

La faune benthique est très abondante et variée. On note la présence de bryozoaires, de spongiaires, d'annélides polychètes de crustacés, ainsi que huit espèces de cnidaires, huit espèces de mollusques et six espèces échinodermes. Du point de vue ichtyologique, on note la présence de 300 espèces de poisson. 13 espèces de mammifères marins fréquentent les côtes algériennes, (Boutiba, 1992).

La flore est majoritairement représentée par les herbiers à posidonie, peuplant les fonds marins du sud de la Méditerranée et ayant un rôle important dans l'oxygénation, la nurserie de plusieurs espèces de poisson de mollusque et de crustacés et de stabilisation du littoral. Ainsi que plusieurs espèces d'algues, (Boutiba, 1992).

II-5- situation de la pollution au niveau des côtes algériennes:

L'Algérie, à l'instar des pays méditerranéen est touchée par le problème de pollution marine. En effet, 43% de la population algérienne vit dans les 1.9% de la superficie du territoire littoral de ce pays. Cet espace est le support de nombreuses activités humaines : industrie, touristique, ménagères, agricole. Ce qui génère une pollution qui prend différentes formes : chimique, organique, physique et bactérienne..(Lieutaud, 2003).

L'urbanisation galopante des zones côtières algériennes et la <<touristisation>> entraînent une artificialisation des paysages. Et plus encore, les eaux usées qu'engendre toute cette population sont la source majeure de la dégradation de l'écosystème marin algérien. Ces eaux sont chargées pour l'essentiel de matière en suspension, de matière organique, de détergeant d'huile lubrifiante et de bactéries...., et ne sont pas traitées pour la quasi-totalité des rejets.

Le littoral algérien est ceinturé par un ensemble de complexe industriels de taille et de production variable, peu d'entre eux sont dotés de station d'épuration, (Boutiba 2003).

Lors des grandes crues des oueds, qui se jettent directement dans le bassin algérien, plusieurs millions de tonnes de métaux lourds, de pesticides et de désherbant sont introduits dans le milieu marin ou ils s'accumulent dans les sédiments ou à travers la chaîne trophique, (Boutiba *et al*, 1996).

De plus, le littoral ouest algérien regroupe 4 grands ports: Oran, Ghazaouet, Arzew et Mostaganem. Ce qui le soumet à un trafic maritime intense (58000 navires/an passent le long de la frange transportant 50000 tonnes d'hydrocarbure et 400000 tonne de produit chimiques.) (Taleb et Boutiba 1996), (cf Fig.14).



Figure 14: Le littoral ouest algérien. Echelle 1/20Km (google map, 2014)

III-caractéristiques des zones d'échantillonnage.

III-1- Oran

III-1-1- Situation géographique :

La baie d'Oran est située au nord ouest de l'Algérie, et au sud ouest de la Méditerranée. Elle est bordée sur 30Km de terre élevée, et dessine une demi circonférence à peu près régulière de cap Falcon jusqu'au cap de l'aiguille. Elle est comprise entre la baie des andalouses et le golf d'Arzew, (cf Fig.15).

La willaya maritime d'Oran possède deux ports ; le port d'Oran et celui d'Arzew. Le port d'Oran de latitude 35°56' nord et longitude 00°04' 30'', est un port mixte, commercial (transport de marchandise, de voyageur) de pêche et de plaisance.

Le port d'Arzew est un port de pêche dont la structure lui permet d'accepter une flottille maritime importante. Il s'incère au niveau du golf d'Arzew qui s'étend de Cap Ivi (36°37'N-0°13'W) au Cap Carbon (35°54'N-0°20'W).

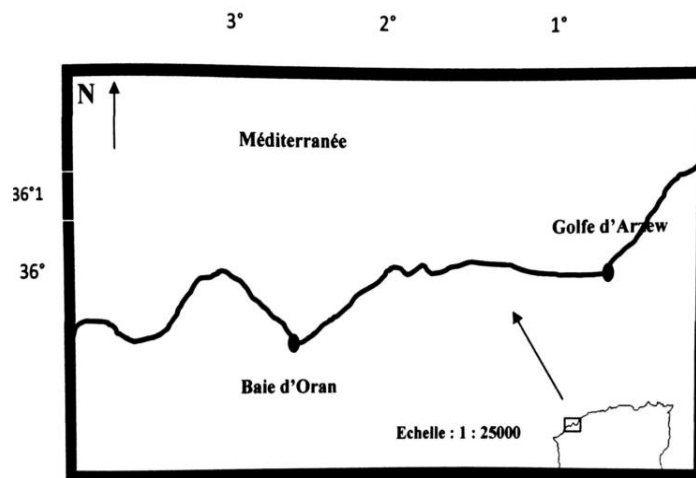


Figure 15: Situation des ports de la Wilaya d'Oran

III-1-2- Zones de pêche du rouget au niveau d'Oran

Au Niveau de la wilaya d'Oran le rouget est pêché dans différents secteurs et à différentes profondeurs. Selon Bekada, 2014, les zones réservées à cela sont représentées sur le tableau suivant. (cf Tab.10)

Tableau 11: Les zones de pêche du rouget au niveau de la wilaya d'Oran.

Latitude	Longitude	Profondeur(m)
35°40.174N	01°10.180	267/291
35°45.495N	01°08.763W	211/250
35°57.506N	00°18.525W	93/96
36°00.694N	00°12.477W	215/184

III-1-3- Pressions anthropique sur la côte oranaise :

Oran est considérée comme la 2ème ville d'Algérie, la pression humaine près du littoral est très importante, on estime que 50% de la population oranaise vit à proximité de la mer, ce qui équivaut à près de 1.5 million de personnes. Et plus de 10 fois plus avec l'arrivée des vacanciers en été, (Boutiba, 2003).

Cependant, Oran est citée parmi les 120 principales villes méditerranéennes dépourvues de système d'épuration efficace. En effet, Les eaux usées sont l'une des causes majeures si ce n'est la plus importante source de dégradation de l'écosystème marin côtier algérien. Ces eaux usées chargées pour l'essentiel de matières organiques, de matières en suspension, de détergents et des huiles

lubrifiantes génèrent des pollutions organiques et chimiques. Cette situation est aggravée par le déficit en traitement des eaux avant leur rejet en mer dans la plupart des cas, (Grimes, 2010).

En résumé, les principaux rejets de la ville d'Oran qui déversent dans la mer sont :

➤ Baie d'Oran

- Les rejets des 3 ports (Mers-El Kebir, d'Oran et de Kristel),
- Les rejets domestiques de la ville d'Oran essentiellement chargées en matière organique et en détergents (METAP, 1993),
- Les rejets industriels des 375 unités industrielles de la ville d'Oran, des 108 unités de la zone industrielle d'Es Senia et des 29 unités de la zone industrielle de Hassi Ameur, (METAP, 1993).

➤ Port d'Oran

- Rejets R1 et R2 à l'extérieur Ouest du port d'Oran (d'origine domestique),
- Rejets R3, R4 et R5 au bassin de Ghazaouet (d'origine domestique et industrielle),
- Rejet R6 au bassin de Mostaganem (d'origine industrielle),
- Rejet R7 au bassin de Ténés,
- Rejets R8 et R9 au bassin de Béjaïa,
- Rejet R9 bis au bassin de Skikda,
- Rejets R10 et R11, 400 m à l'Est du port d'Oran.

III-2- Beni Saf

III-2-1- Situation géographique :

Béni Saf fait partie de la wilaya maritime d'Ain Témochent. Cette dernière est pourvue d'une façade maritime d'environ 80Km, elle s'étend depuis l'île ronde (Cap falcon) l'est jusqu'à Ras Hounain (Cap Noé) à l'ouest. Elle est comprise entre les latitudes 35 °20'N et 35°40'N et longitude 2° 00' ouest à 2°30' est, (cf fig.16).

La baie de Béni Saf est pourvue d'un plateau continental des plus importants de toute la côte algérienne.

Le port de Béni Saf est situé au milieu de la baie de Béni Saf qui s'étend sur 14Km environ. L'espace littoral est jalonné par des plages qui drainent un flux considérable d'estivants.

Le port de Béni-Saf est l'un des premiers ports de pêche avec une production moyenne de 5000 tonnes/an (P.D.A.U, 1996). De coordonnées géographiques : latitude 35°13 '26 '' nord et longitude 01°23'16'' ouest.

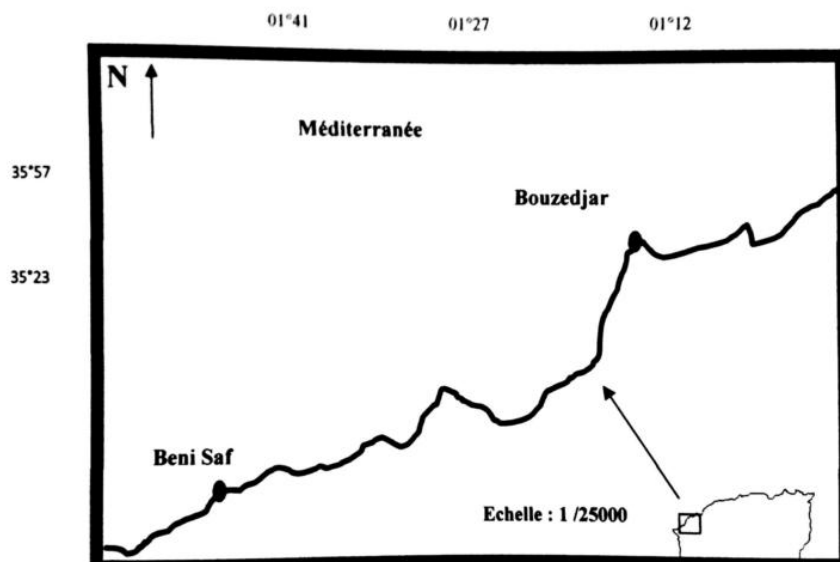


Figure 16: Situation des ports de la willaya d'Aïn Témouchent.

III-2-2- Zones de pêche du rouget au niveau d'Aïn Temouchent

Les zones de pêche du rouget au niveau de la willaya d Aïn Témouchent sont représentées sur le tableau 11.

Tableau 12: Les zones de pêche du rouget au niveau de la willaya d Aïn Témouchent (Bekada, 2014).

Latitude	Longitude	Profondeur (m)
35°31.800N	01°20.689W	120/112
35°21.585N	01°24.211W	70/73
35°24.392N	01°19.672W	77/83
35°22.906N	01°25.182W	90/92

III-2-3- Pressions anthropiques sur la côte de Béni Saf :

Au niveau de la région de Béni Saf il est a notée que plusieurs oueds déversent dans cette région ramenant leur lot de matière en suspension et de polluants.

Les différents oueds déversant dans le secteur sont, (Grimes, 2010) Oued la Tafna; Oued de Sidi Djilloul; Oued el Hallouf, (cf Fig.17).

Les sources de pollution industrielle se résument à la cimenterie qui surplombe la baie de Béni Saf, la carrière de targua et l'ancienne mine de fer de Béni Saf fermée depuis 1985 et remplacée par l'exploitation de la pouzzolane sur le même site.

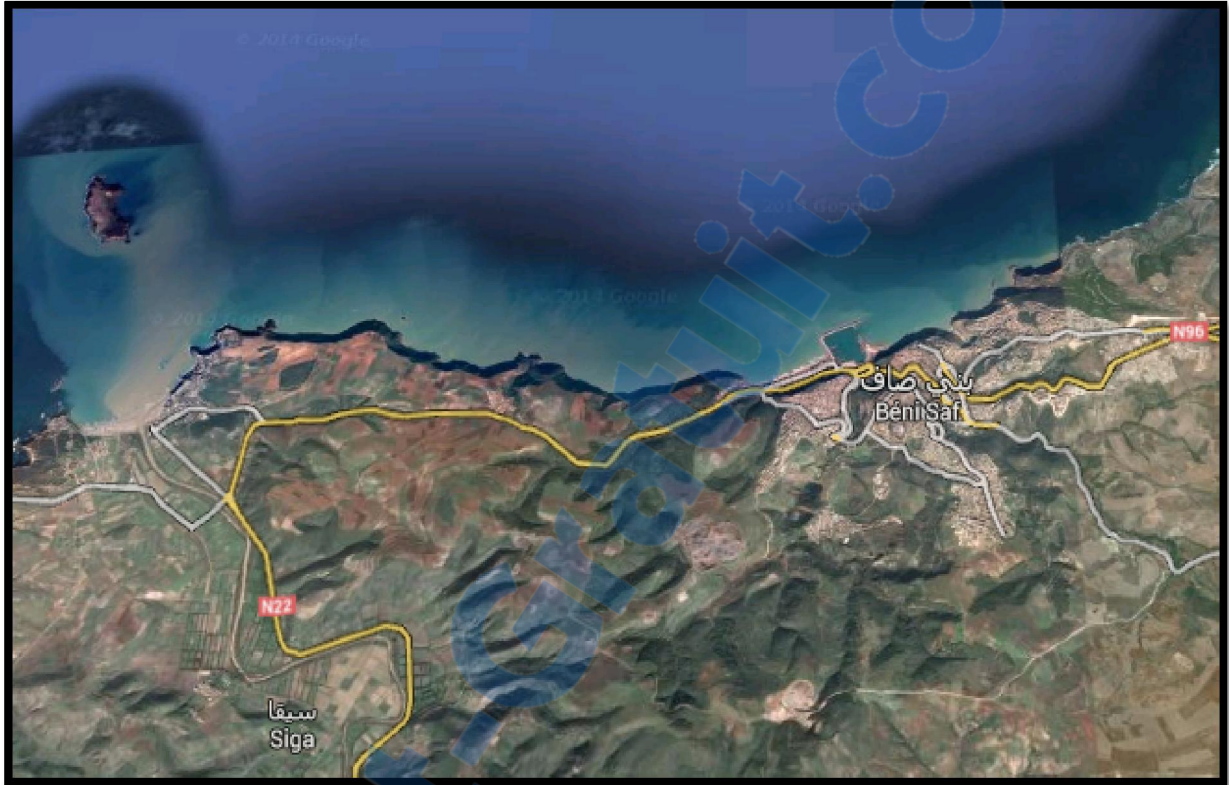


Figure 17: Embouchure des Oueds à proximité de Béni saf (Google Map, 2014).

I- Méthode d'échantillonnage.

Lors de ce travail, nous avons choisi *Mullus barbatus*, pour la surveillance de la contamination métallique, comme espèce bioindicatrice suivant les recommandations de la FAO-UNEP (FAO-UNEP, 1993).

Nous avons adopté une stratégie d'échantillonnage destinée à minimiser la variabilité naturelle, pour la surveillance des tendances chronologiques et de la distribution spatiale des contaminants, (OSPAR, 1999).

L'approvisionnement en échantillon de *Mullus barbatus* a été effectué par le biais de pêcheur professionnel. Ce qui nous a permis d'être sûr de l'état de fraîcheur, du site et de la date de capture des échantillons.

De l'automne 2013 au printemps 2014, nous avons effectué un échantillonnage saisonnier qui a couvert l'automne 2013, l'hiver 2014 et le printemps 2014, au niveau de deux sites : Le port d'Oran et celui de Béni Saf (cf Tab.13).

Tableau 13: Caractéristiques générales du matériel biologique.

sites	SAISONNE	DATE DE L'ECHANTILLONNAGE	N MALE	N FEMELLE	N Total /SITE
beni saf	Automne	04/11/2013	3	12	
		04/12/2013	4	16	
			7	28	35
	Hiver	08/01/2014	4	14	
		16/02/2014	3	16	
			7	30	37
	printemps	13/04/2014	4	23	27
	TOTAL				99
	ORAN				
ORAN	Automne	12/11/2013	10	10	
		12/12/2013	5	14	
			15	24	39
	Hiver	20/01/2014	5	12	
		24/02/2014	1	18	
			6	30	36
	Printemps	10/04/2014	3	19	22
	TOTAL				97

Les échantillons qui provenaient du port d'Oran (n=97) étaient traités le jour même. Et ceux qui provenaient du port de Béni saf (n=99) étaient conservés au réfrigérateur pour la nuit et traités le lendemain.

II-Préparation des échantillons.

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, les poissons sont disposés sur une plaque en verre nettoyé à l'eau bidistillée. Une identification de l'espèce est réalisée (en s'appuyant sur les clés d'identification), car il y a toujours des individus de *Mullus surmuletus* qui se confondent dans l'échantillonnage et qui doivent être éliminés du lot (cf Fig.18).



Figure 18: Répartition des individus de *Mullus barbatus* pour les mesures biométriques.

Une série de mesure biométrique est réalisée sur chaque individu et reportée sur la fiche d'échantillonnage (annexe N1). Ce qui permet de prime abord de séparer l'échantillon en deux sous groupes en fonction de la longueur totale. Le **groupe 1** dont la $L_t < 19\text{cm}$, et le **groupe 2** dont la $L_t \geq 19\text{cm}$. Les premiers paramètres relevés sont :

- La longueur totale (L_t) est mesurée à l'aide d'un ichtyomètre du bout du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale intacte (cf fig.19).
- Le poids total (P_t) est relevé grâce à une balance à précision aux 1/10 près.



Figure 19 : Mesure de la longueur totale de *Mullus barbatus*.

- La dissection :

A l'aide de matériel en inox neuf et nettoyé à l'eau bidistillée, la cavité abdominale est ouverte pour le prélèvement du foie et des gonades (cf Fig. 20, 21, 22, 23). Il faut veiller à ce que ces organes ne soient pas souillés par le contenu du tube digestif. Nous relèverons le poids du foie (Pf) et le poids des gonades (Pg) qui sont pesés aux 1/10 près. Ainsi que le poids de l'individu éviscéré (Pe).

Le sexe est déterminé par observation macroscopique des gonades (cf Fig. 22) ainsi il est possible de séparer entre les individus males et femelles. Les organes de ces dernières seront retenus pour des analyses futures.



Figure 20: Dissection de *Mullus barbatus*.

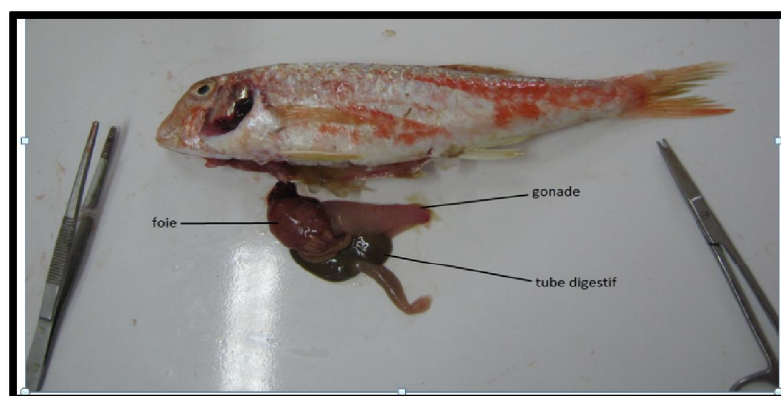


Figure 21: Organes internes de *Mullus barbatus*.

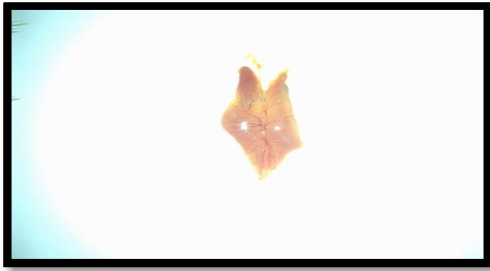


Figure 22: gonades femelles

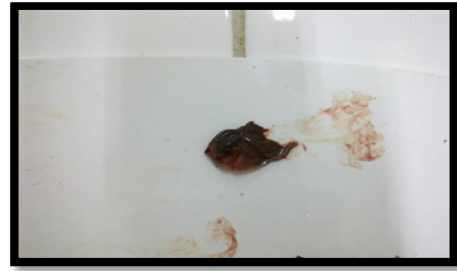


Figure 23: Foie

Le muscle dorso-latéral droit, sans la peau, est prélevé pour l'analyse des métaux (cf Fig. 24).



Figure 24: Prélèvement du muscle dorso-latéral droit.

L'échantillonnage est divisé en deux sous groupes en fonction de la longueur (donc de l'âge). Les individus femelles de moins de 19 cm de longueur totale, donc de Deux ans et moins et les individus femelles de plus e 19 cm donc dont l'âge est supérieur à deux ans (cf fig. 25).

Les sous échantillons de chaque organe sont mis dans des piluliers en verre ou en plastique préalablement rincés à l'eau bidistillée et séchés puis étiquetés et codés. Ils sont conservés à -20°C en vue de leur minéralisation.

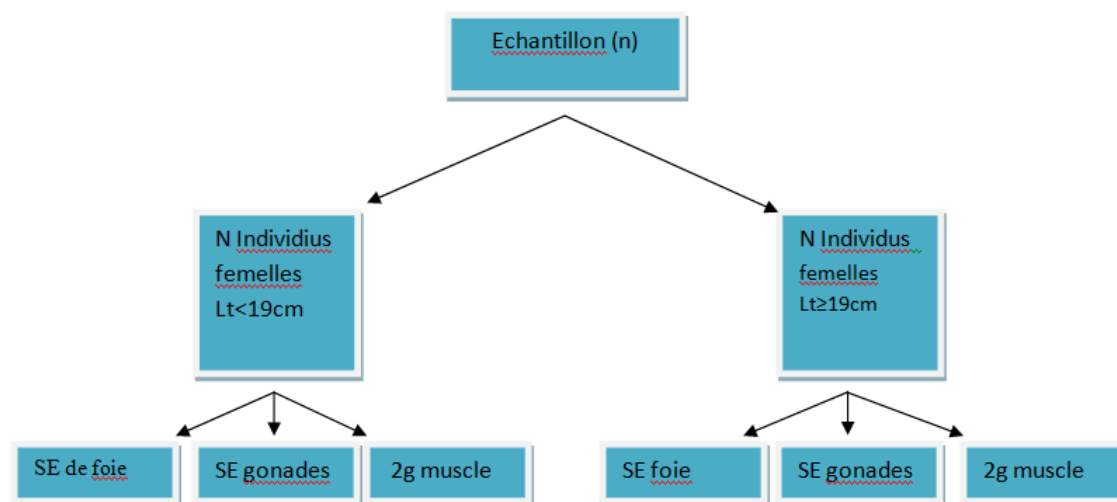


Figure 25: Synoptique du protocole d'échantillonnage.

Tableau 14: Nombre d'individu analysé par sous échantillon et par saison

	Béni saf			Oran		
	automne	hiver	printemps	automne	hiver	printemps
N sous échantillon < 19cm	13	15	12	17	16	13
N sous échantillon ≥ 19cm	14	15	11	8	14	6

• La minéralisation

La minéralisation d'un échantillon consiste à éliminer toute matière organique dans le but de rechercher un toxique minéral, (Amiard, 1991). Ce processus vise à :

- Éliminer toute action perturbatrice de substrat protéique ;
- Ioniser les métaux ;
- Assurer leur concentration (puisque le métal n'existe qu'à l'état de trace)

La méthode que nous avons adoptée est celle de Amiard *et al* 1987 (cf fig. 26). Elle consiste en une minéralisation par voie humide qui permet de minimiser les déperditions des composés volatiles au cours du séchage, (FAO, 1977).

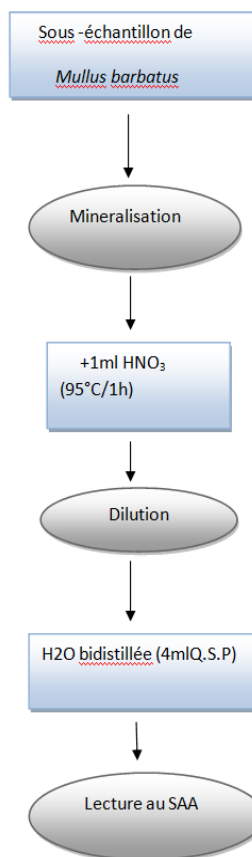


Figure 26: Synoptique du protocole de minéralisation et de dosage des ETM dans les tissus de *Mullus barbatus* Linée 1785 (Amiard et al 1987).

La minéralisation a été faite au niveau du laboratoire réseau de surveillance environnementale L.R.S.E à l'aide d'un minéralisateur de type VELP (cf fig. 27).

Le protocole de minéralisation est le suivant :

- 1 g de tissu humide d'un sous-échantillon homogénéisé est déposé au fond d'un matras.
- On y ajoute 1ml d'acide nitrique HNO₃.
- Le matras est mis dans un nid chauffant à 95°C pendant 1h.
- Le refroidissement de l'installation est assuré par un ballon réfrigérant posé au dessus du matras qui possède une entrée et une sortie d'eau courante
- Le minéralisat est récupéré puis complété jusqu'à 4ml avec de l'eau bidistillée, et mis dans un tube étiqueté, codé et fermé hermétiquement pour éviter l'évaporation.
- Les tubes sont conservés à basse température en attendant l'analyse au SAA.

Chaque série de minéralisation est accompagnée d'une part par la minéralisation d'un blanc, constitué de 1ml de HNO_3 . Et d'autre part, par la minéralisation d'un standard d'intercalibration (A.I.E.A, codé 140/TM) fourni par l'agence nationale d'énergie atomique Monaco. (A.I.E.A 1995), qui subissent les mêmes conditions expérimentales.

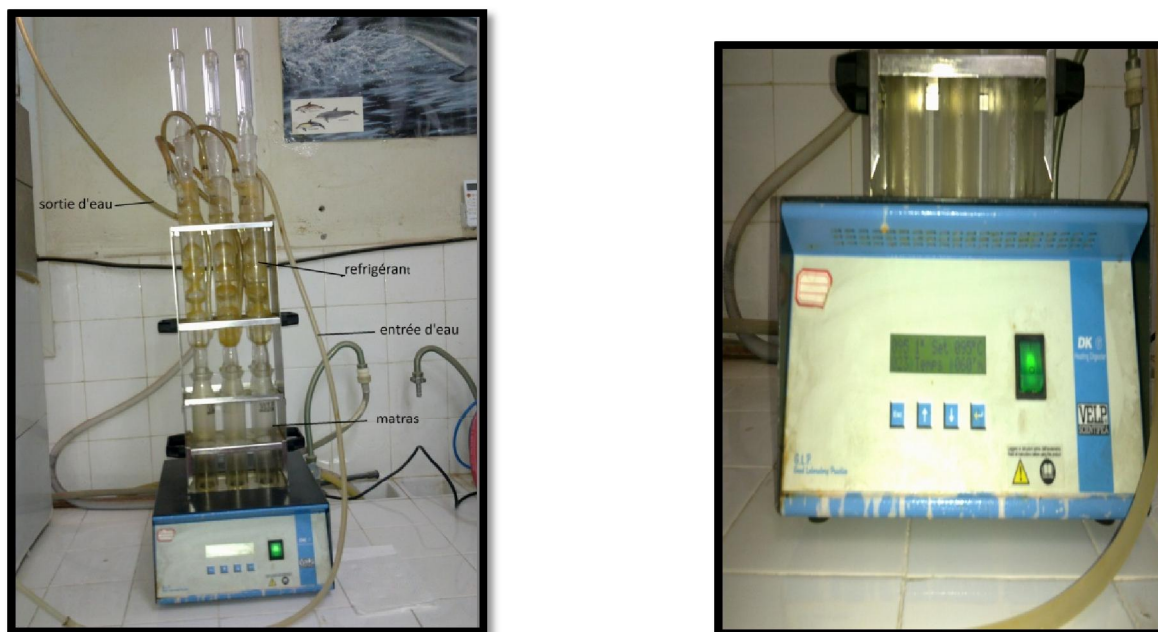


Figure 27: appareil de minéralisation de type VELP.

L'ensemble des minéralisats sont analysés pour la recherche et la quantification des métaux traces au SAA.

III- dosages des éléments en traces métalliques.

- **Lecture au spectrophotomètre à absorption atomique (SAA).**

Le dosage des métaux traces dans les minéralisats des tissus de *Mullus barbatus* échantillonnés ont été réalisés au niveau du laboratoire GI2/Z de SONATRACH (cf fig. 28) à l'aide d'un Spectrophotomètre à Absorption Atomique (SAA) à flamme munis d'un four à graffite de type varian. L'étalonnage a été réalisé avec une gamme de concentration relative à celle des échantillons.



Figure 28: Lecture des échantillons au SAA.

IV- Analyses biométriques et calcul des indices biologiques.

a-Coefficient de condition (Kc)

Il renseigne sur la condition physique du poisson. Il traduit les variations de l'état générale des poissons en fonction des saisons, et surtout durant la période de ponte.

$$Kc = (Pt / Lt^3) * 100$$

Pt (g)

Lt (mm)

b- Le rapport Gonado-somatique RGS:

C'est un indice pondéral dont les variations sont en fonction du sexe, du poids et de l'état de maturité du poisson. Sa représentation graphique traduit exactement les différentes étapes de maturité des gonades.

$$\text{RGS} = 100 * (\text{Pg} / \text{Pev})$$

Pg : poids des gonades

Pev : poids éviscéré

c- Le rapport hépato-somatique.

Il traduit l'activité hépatique du poisson et permet de suivre l'évolution du cycle de reproduction.

$$\text{RHS} = 100 * (\text{Pf} / \text{Pev})$$

Pf : Poids du foie

Pev : Poids éviscéré.

d- Détermination de la teneur en eau :

Dans un souci de comparais les résultats obtenus avec la littérature qui exprime les concentrations des éléments en trace métallique par rapport au poids sec de l'échantillon, il est nécessaire de déterminer la teneur en eau de nos échantillons afin de convertir les concentrations obtenus par rapport au poids humide en concertation par rapport au poids sec de la prise d'essai.

Les échantillons très riches en lipides telle que le foie, et les gonades sont très difficile à sécher, voir impossible par des techniques classiques. De ce fait le séchage des échantillons n'est envisagé que pour le muscle. Nous ne convertirons donc que les concentrations en éléments en trace métallique du muscle en concentration par rapport à son poids sec.

La détermination du taux d'humidité des échantillons de muscle sera évaluée par le calcul suivant :

$$\text{Humidité \%} = (\text{P}_H - \text{P}_s) * 100 / \text{P}_H$$

P_H : poids de l'échantillon humide

P_s : Poids de l'échantillon après séchage.

La conversion de la concentration en éléments en trace métallique du poids humide vers le poids sec se fait par le calcul suivant, (Chiffolleau *et al.* 2003):

$$\text{C}_{\text{poids sec}} (\mu\text{g/g}) = \text{C}_{\text{poids humide}} (\mu\text{g/g}) * 100 / (100 - \text{humidité}\%)$$

C_{poids sec} : concentration de l'élément mesuré / poids sec.

C_{poids humide} : concentration de l'élément mesuré / poids frais.

A cet effet, nous avons procédé, au cours de la période de notre échantillonnage, au séchage complet de 2g de muscle de chaque poisson. En les mettant à l'étuve à une température de 65°C pendant 48h.

V- Analyses statistiques des résultats.

Lors de ce travail, nous avons effectué l'analyse statistique des résultats à l'aide du logiciel STATISTICA V6.1.478.0FR.

Pour comparer les concentrations en métaux traces entre deux groupes indépendants issus d'une même population, le test non paramétrique U de Mann-Withney a été utilisé pour estimer statistiquement les différences entre les concentrations. Ainsi, la différence est considérée significative à un seuil de probabilité P inférieur à 5% ($P < 0.05$).

Afin de tester les différences de concentration en métaux traces entre plusieurs groupes, le test de variance non paramétrique ANOVA de Kruskal-Wallis a été utilisé. Ce test fourni la preuve que les séries expérimentales testées (saisons organes..) conduisent à des concentrations significativement différentes à un seuil de probabilité de 5% ($p < 0.05$).

I-Résultats et discussion:

I-1-Indices biologiques :

a- Sex-ratio :

Sur les deux sites, nous remarquons une prédominance des femelles par rapport aux mâles, Le sex ratio est en faveur des femelle pour les trois saisons, automne hiver et printemps. La composition de la population de *Mullus barbatus* échantillonnée au niveau du port d'Oran et celui de Béni Saf est répartie comme suite, (cf fig. 29, 30):

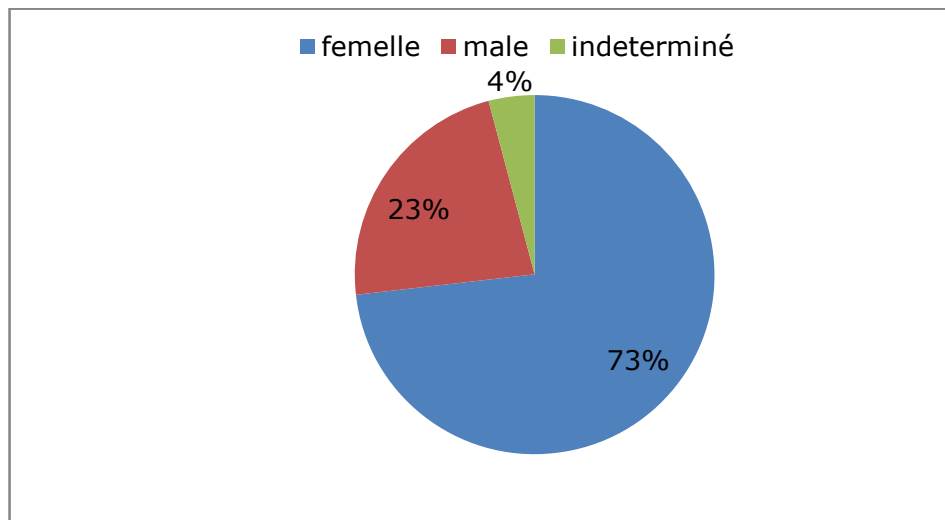


Figure 29: Structure de la population de *Mullus barbatus* de la baie d'Oran.

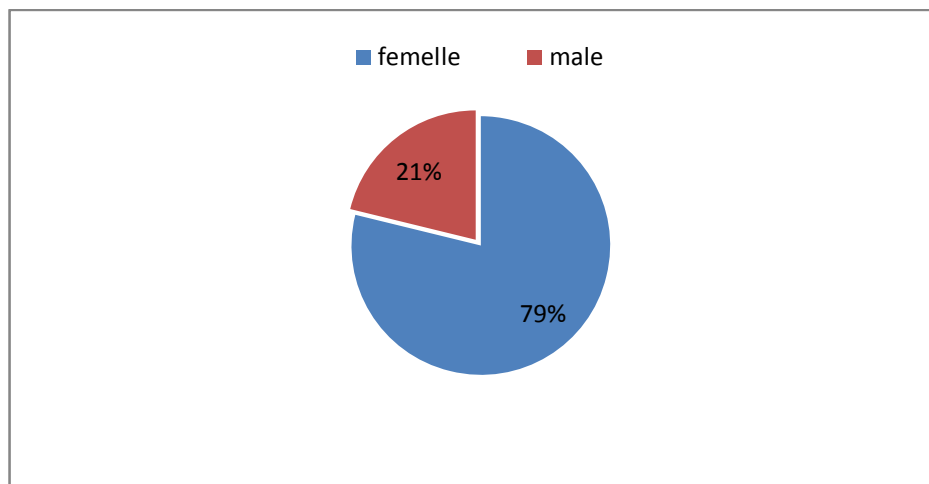


Figure 30: Structure de la population de *Mullus barbatus* de la baie de Béni Saf.

b- Relation Taille- poids:

La relation taille poids est caractéristique d'une espèce, et dépend d'un ensemble de facteurs tels que la nourriture, la maturité sexuelle ...etc.

La relation entre le poids total des individus de *Mullus barbatus* échantillonnés au niveau du port d'Oran et celui de Béni saf, est représentée sur les figures ci-dessous (cf fig.31, 32)

Sur les deux sites de prélèvement, la relation entre le poids des individus et leur taille est fortement corrélée, ce qui est en accord avec les différents résultats des études faites dans ce sens en Méditerranée, (Hebbar, 2013, Cherif, 2010).

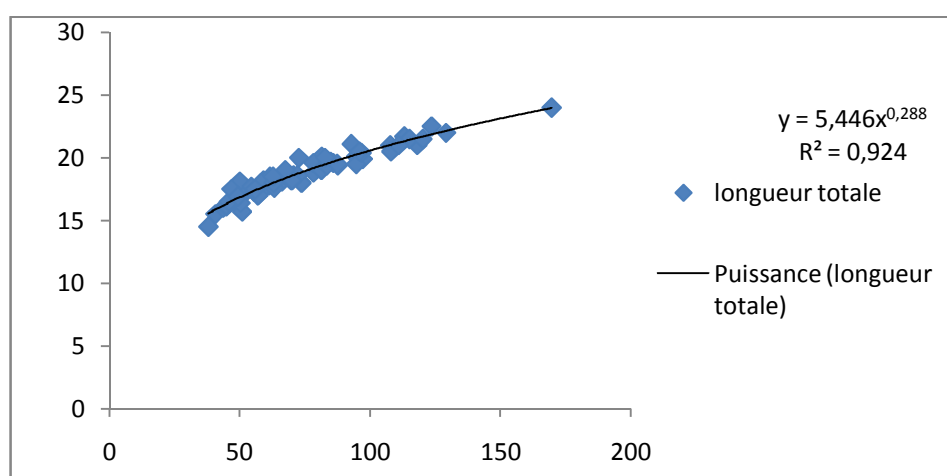


Figure 31: Corrélation entre le poids total et la taille totale des individus de *Mullus barbatus* de la baie d'Oran.

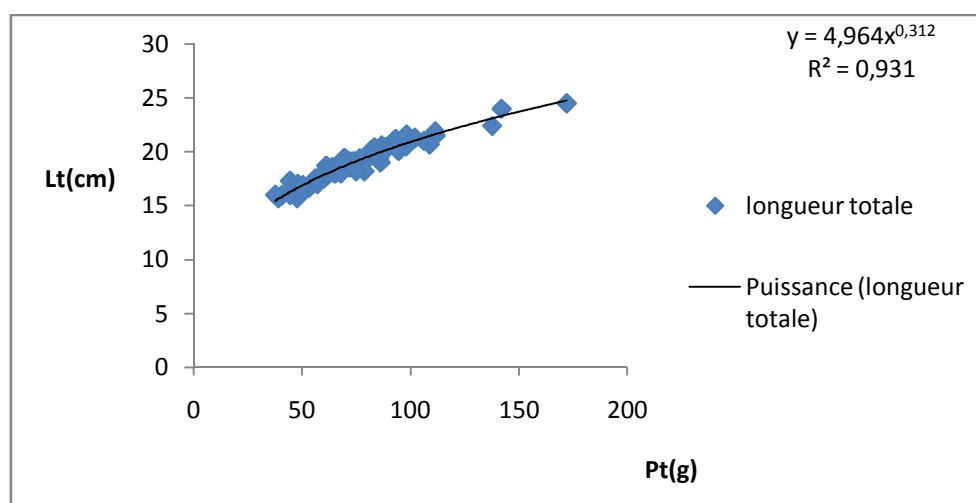


Figure 32: Corrélation entre le poids total et la longueur totale des individus de *Mullus barbatus* de la baie de Béni saf.

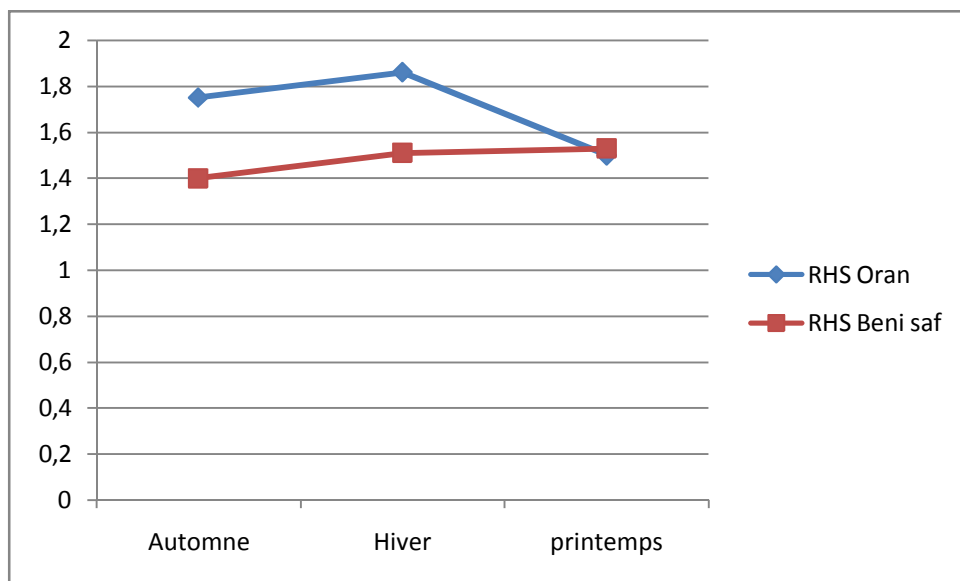
c- Evolution du rapport gonado-somatique, du rapport hépatosomatique et le facteur de condition:

Figure 33 : Variations saisonnières du rapport hépatosomatique (RHS) de *M. barbatus* de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.

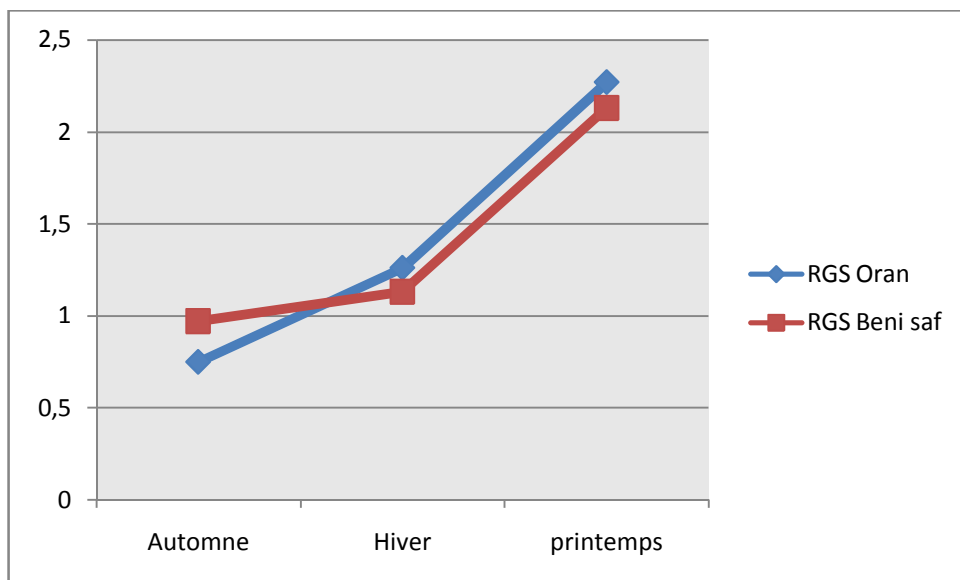


Figure 34 : Variations saisonnières du rapport gonado-somatique (RGS) de *M. barbatus* de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.

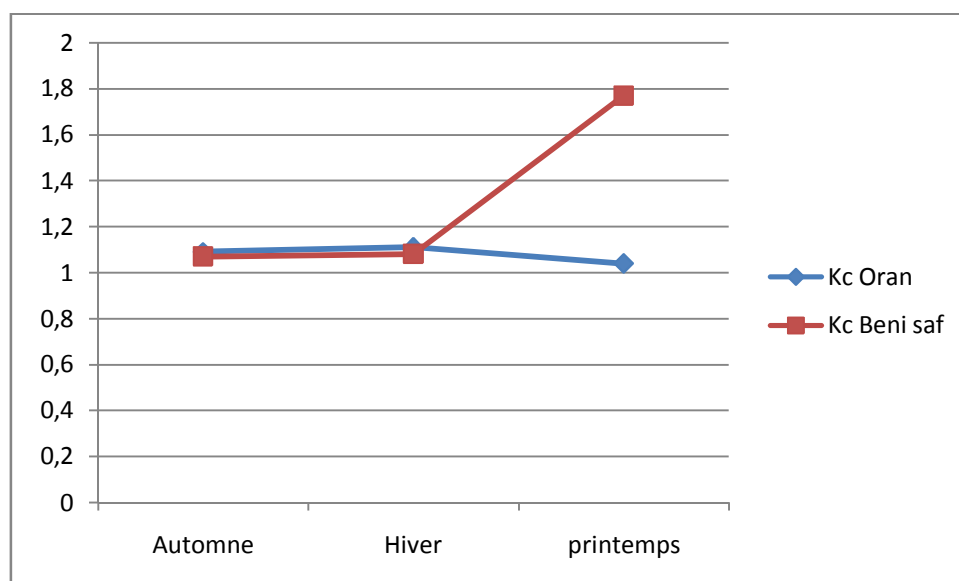


Figure 35 : Variations saisonnières du facteur de condition (Kc) de *M. barbatus* de la baie d'Oran et de celle de Béni Saf.

Les valeurs du rapport RHS du rouget de la baie de Béni Saf augmente sensiblement de l'automne au printemps (cf fig.33). Celui du rouget de d'Oran baisse sensiblement au printemps.

Le RGS du rouget de vase d'Oran et de Béni saf augmente sensiblement de l'automne à l'hiver. De l'hiver au printemps, il affiche une forte augmentation au niveau des deux sites (cf fig. 34).

Le facteur de condition aussi affiche une stabilité de l'automne à l'hiver sur les deux sites de prélèvement (cf fig.35). Sur la baie de Béni Saf, ce facteur continue à augmenter d'une manière importante, alors que pour le poisson d'Oran il est relativement stable avec une légère baisse à cette période qui coïncide avec la baisse du RHS dans le même temps.

Toute l'énergie nécessaire à la maturation des gonades provient des réserves lipidiques du foie. En effet, L'automne et l'hiver correspondent à une période de maturation sexuelle lente (Hebbar, 2013), de ce fait nous assistons à une sensible augmentation du RGS et du RHS en cette période. A partir du début du printemps, la maturation sexuelle du rouget de vase s'accélère, on assiste donc à une forte augmentation des deux rapports.

Le facteur de condition est révélateur de l'embonpoint du poisson, ce dernier est conditionné par les facteurs environnementaux tels que la température de l'eau ainsi que la qualité et la quantité de nourriture disponible (Hebbar, 2013).

Le rouget provenant de Béni saf a plus de réserve que celui d'Oran, nous pouvons conclure que l'état du benthos de la zone de pêche de Béni saf est en meilleure santé que celui d'Oran et ainsi les apports nutritionnels des deux

régions sont différents. En effet, le littoral oranais est soumis au déversement de plusieurs exutoires rendant les fonds marins à ce niveau là très pauvre.

En effet, le RHS, le RGS et le Kc renseignent sur l'état physiologique et nutritionnel du poisson. L'augmentation du RGS est proportionnelle à celle de l'activité reproductive. Et le RHS représente le statu nutritionnel du poisson, ainsi son augmentation implique l'augmentation de l'activité hépatique et par conséquent est en relation avec l'exposition aux polluants (Martinez-Gomez *et al.* 2012).

d- Structure de la population utilisée pour l'analyse des éléments en traces métalliques.

Tableau 15: Caractéristiques de la population de *Mullus barbatus* utilisée pour l'analyse des éléments en trace métallique.

	<i>Classe de taille</i>	<i>n</i>	<i>moyenne Lt+ ET</i>	<i>Moyenne Pt+ET</i>
<i>Oran</i>	<19	44	17.32 ± 0.98	55.9 ± 10.12
	≥19	27	20.5 ± 1.14	99.21 ± 20.78
<i>Béni Saf</i>	<19	38	17.64 ± 0.93	60.09 ± 10.66
	≥19	40	20.57 ± 1.21	94.3 ± 20.18

n: nombre d'individu, Lt : longueur totale, Pt : poids total. ET : écart type.

Le tableau 15 résume les caractéristiques biométriques des spécimens de rouget de vases utilisés afin de doser les éléments en trace métallique (Cd, Zn, Ni).

Il y a une homogénéité de la longueur et du poids au sein des deux classes de taille et sur les deux sites de prélèvement.

I-2-dosage des éléments traces (Cd, Zn, Ni).

Les tableaux 15, 16 et 17, montrent les résultats des analyses des éléments en trace métallique (Cd, Ni, Zn) obtenus à partir d'échantillon d'organe de *Mullus barbatus* (muscle, foie, gonades), analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) sur une durée de trois saisons consécutives (automne, hiver, printemps), hors période de frais, sur deux sites de pêche de rouget de vase (Oran et Béni Saf).

Ces résultats révèlent des différences en fonction de plusieurs paramètres. Il est prouvé que l'accumulation des métaux dans les organes des poissons dépend de divers facteurs tels que le niveau de polluants dans l'eau et les sédiments, l'alimentation, la taille, le sexe, le comportement et les habitudes alimentaires, le cycle de reproduction, etc... (Al-Yousuf *et al.* 2000, Canli *et al.* 2003).

De ce fait, nous comparerons en premier la bioaccumulation des trois métaux, puis les variations de concentration métallique moyennes entre les classes de

taille, ainsi qu'entre les organes et les saisons indépendamment au niveau des deux sites de prélèvement. La comparaison entre le comportement de bioaccumulation des polluants au niveau du rouget des deux sites nous permettra de corrélérer l'accumulation des éléments en trace métallique à des facteurs intrinsèques ou extrinsèques.

En fin nous comparerons les moyennes de concentrations entre les sites et nous ferons un état de la situation de la contamination du rouget de vase par rapport aux concentrations métalliques maximale acceptable fixées par les instances internationales.

Tableau 16: Concentrations (moyennes + écart type) en Cd des organes de *Mullus barbatus* exprimées en µg/g de poids frais.

	<i>sites</i>	<i>Oran</i>	<i>Beni Saf</i>
<i>Organes</i>	<i>saisons</i>		
<i>Tous</i>	Automne*	0.024 ± 0.013	0.037 ± 0.015
	Hiver	0.05 ± 0.013	0.052 ± 0.038
	Printemps	0.092 ± 0.003	0.096 ± 0.006
<i>Muscle</i>	Automne	0.034 ± 0.002	0.043 ± 0.007
	Hiver	0.025 ± 0.002	0.045 ± 0.05
	Printemps	0.09 ± 0.002	0.098 ± 0.004
<i>Foie</i>	Automne	0.029 ± 0.007	0.023 ± 0.021
	Hiver	0.061 ± 0.013	0.026 ± 0.034
	Printemps	0.097 ± 0.001	0.089 ± 0.002
<i>Gonades</i>	Automne	0.0085 ± 0.006	0.045 ± 0.002
	Hiver	0.061 ± 0.009	0.084 ± 0.0007
	Printemps	0.09 ± 0.0007	0.1 ± 0.002

* : Différence significative entre les sites.

Le tableau 16 laisse apparaître des concentrations moyennes en cadmium dans tous les organes confondus de *M. barbatus* qui se situent entre 0.024 et 0.092 µg/g de poids frais pour le site d'Oran et entre 0.037 et 0.096 µg/g de poids frais pour le site de Béni Saf.

Pour le muscle, les concentrations moyennes sont situées entre 0.025 et 0.09 µg/g pour les échantillons provenant de la baie d'Oran et 0.043 et 0.098 µg/g pour les échantillons provenant de Béni Saf.

Au niveau du foie, les concentrations moyennes en Cd se situent entre 0.029 et 0.097 µg/g pour le poisson d'Oran et entre 0.023 et 0.089 µg/g pour le poisson de Béni saf.

Pour les gonades, les concentrations moyennes sont comprises entre 0.0085 et 0.09 µg/g pour le poisson d'Oran et 0.045 et 0.1 µg/g pour le poisson de Béni saf.

Tableau 17: Concentrations (moyennes + écart type) en Ni des organes de *Mullus barbatus* exprimées en µg/g de poids frais.

	<i>sites</i>	<i>Oran</i>	<i>Beni Saf</i>
<i>Organes</i>	<i>saisons</i>		
Tous	Automne*	0.041 ± 0.013	0.073 ± 0.018
	Hiver*	0.081 ± 0.01	0.033 ± 0.025
	Printemps	0.085 ± 0.015	0.077 ± 0.038
Muscle	Automne	0.033 ± 0.003	0.061 ± 0.019
	Hiver	0.083 ± 0.011	0.009 ± 0.0007
	Printemps	0.11 ± 0.018	0.103 ± 0.021
Foie	Automne	0.04 ± 0.004	0.091 ± 0.007
	Hiver	0.077 ± 0.014	0.024 ± 0.025
	Printemps	0.08 ± 0.007	0.081 ± 0.03
Gonades	Automne	0.051 ± 0.02	0.068 ± 0.015
	Hiver	0.084 ± 0.012	0.067 ± 0.002
	Printemps	0.075 ± 0.002	0.048 ± 0.05

* : Différence significative entre les sites.

Le tableau 17 regroupe les concentrations moyennes de nickel chez *M. barbatus*.

Au niveau de tous les organes confondu, les concentrations en cet élément sont comprises entre 0.041 et 0.085 µg/g pour le poisson d'Oran et 0.033 et 0.077 µg/g pour le poisson de Béni Saf.

Au niveau du muscle, les concentrations moyennes de Ni sont entre 0.033 et 0.11 µg/g à Oran et 0.009 et 0.103 µg/g à Béni saf.

Les concentrations moyennes en Ni au niveau du foie vont de 0.04 à 0.08 µg/g pour le poisson d'Oran et de 0.024 à 0.091 µg/g pour le poisson de Béni saf.

Les gonades présentent des concentrations moyennes en Ni entre 0.051 et 0.084 µg/g pour les échantillons provenant d'Oran et entre 0.048 et 0.068 µg/g pour les échantillons de Béni saf.

Tableau 18: Concentrations (moyennes + écart type) en Zn des organes de *Mullus barbatus* exprimées en µg/g de poids frais.

	<i>sites</i>	<i>Oran</i>	<i>Beni Saf</i>
<i>Organes</i>	<i>saisons</i>		
Tous	Automne	9.75±6.34	20.36±22.14
	Hiver	16.85±18.20	22.31±24.12
	Printemps	12.84±10.8	23.3±20.43
Muscle	Automne	4.12±0.22	2.66±2.34
	Hiver	2.48±0.39	2.5±0.14
	Printemps	1.7±0.25	2.36±0.45
Foie*	Automne	8±0.9	13.04±1.41
	Hiver	10.32±0.16	12.98±4.72
	Printemps	2.78±13.09	31.8±10.35
Gonades*	Automne	17.14±4.66	45.38±21.41
	Hiver	37.76±16.85	51.46±15.13
	Printemps	16.04±4.18	35.74±25.48

* : Différence significative entre les sites.

Le tableau 18 montre que les concentrations moyennes en zinc de tous les organes confondus sont comprises entre 16.85 et 9.75 µg/g pour les échantillons provenant d'Oran et entre 20.36 et 23.3 µg/g pour les échantillons provenant de Béni saf.

Au niveau du muscle les concentrations moyennes en Zn sont comprises entre 4.12 et 1.7 µg/g pour le poisson d'Oran et 2.36 et 2.66 µg/g pour le poisson de Béni saf.

Le foie a des concentrations moyennes en Zn de 2.78 à 10.32 µg/g pour le poisson d'Oran et de 12.98 à 31.8 µg/g pour le poisson de Béni saf.

Au niveau des gonades, les concentrations moyennes en Zn sont entre 16.04 et 37.76 µg/g pour le poisson d'Oran et entre 35.74 et 51.46 µg/g pour le poisson de Béni saf.

a-Bioaccumulation du Cd, Ni et Zn.

Les trois ETM (Cd, Ni, Zn) dosées dans les organes de *Mullus barbatus* pêché au niveau de la baie d'Oran et celle de Béni Saf sont retrouvés. Cependant, leurs concentrations sont très Hétérogènes.

Au niveau des deux sites le Zn est retrouvé à des concentrations largement supérieurs à celles du Cd et du Ni ($P < 0.01$), avec respectivement une

concentration moyenne de 13.14 et 21.99 $\mu\text{g/g}$ P.F. au niveau des spécimens pêchés au niveau d'Oran et de Béni Saf. Alors que nous n'observons aucune différence entre la bioaccumulation du Ni et du Cd chez *Mullus barbatus*.

Ce sont des résultats qui concordent avec toutes les études de bioaccumulation, faites au niveau du laboratoire L.R.S.E. sur la même espèce (Bensahla 2001) et sur d'autres organismes marins (Benguedda-Rahal 1993, Bouderbala 1997, Dermeche 1998, Merbouh 1998, Haddou 2004, Belhoucine 2005, Benamar 2006, Borsali-Mrabet 2007, Benadda 2009, Ayad, 2011, Bouhadiba 2011). Ainsi que celle faite au niveau international sur *Mullus barbatus* (Tepe, 2008, Findik *et al* 2011, Giannakopoulou 2014). En effet, Le Zn, étant un élément essentiel aux réactions enzymatiques des organismes vivant, il est retrouvé plus abondamment dans leur tissu que les éléments toxiques tel que le Cd et le Ni qui n'ont aucun rôle physiologique.

C'est le muscle (partie comestible) et le foie (lieu de stockage et de détoxification) qui sont visés par la plupart des études de bioaccumulation sur le rouget de vase en méditerranée. Ainsi les concentrations en Cd de nos échantillons varient dans le muscle entre 0.034 et 0.098 $\mu\text{g/g}$ P.F. et dans le foie entre 0.023 et 0.097 $\mu\text{g/g}$ P.F. ; les concentration en Ni varient dans le muscle entre 0.009 et 0.11 $\mu\text{g/g}$ P.F. et dans le foie entre 0.024 et 0.091 $\mu\text{g/g}$ P.F. quand au Zn, ses concentrations au niveau du muscle varient entre 1.7 et 4.12 $\mu\text{g/g}$ P.F. et dans le foie entre 2.78 et 31.8 $\mu\text{g/g}$ P.F.

Les concentration de Cd et de Ni de la présente étude sont dans les intervalles de concentrations observés en Turquie sur la même espèce (Tepe *et al* ,2008) mais dépassent largement les concentrations retrouvées au niveau du muscle du rouget dans les études Italiennes avec une concentration moyenne en Cd de 0.0004 ± 0.0002 $\mu\text{g/g}$ P.F. et en Ni de 0.016 ± 0.012 pour Copat, 2012 et une concentration moyenne en Cd de 0.001 ± 0.001 et en Ni de 0.042 ± 0.037 $\mu\text{g/g}$ P.F. pour Conti, 2012.

b-Variation des concentrations en éléments en trace métallique en fonction de la taille.

La comparaison entre les concentrations moyennes des différents dosés au niveau des deux classes de tailles ou âge retenus lors ce présent travail (les poissons dont la taille est inférieure à 19 cm et dont l'âge se situ entre 1 et 2 ans, et les spécimens de taille égale ou supérieur à 19 cm dont l'âge est de 3 ans et plus) (Hebbar, 2013) (cf tab. 4), montre que la taille des poissons ne semble pas affecter la bioaccumulation des éléments en trace métallique sur les deux sites de prélèvement.

La concentration moyenne de tous les organes du rouget par site, ne laisse apparaître aucune différence statistiquement significative dans la

bioaccumulation des éléments en trace métallique (Cd, Zn et Ni) entre les deux classes de taille.

Néanmoins, Nous remarquons une bioaccumulation plus élevée de Ni et de Zn chez les poissons de moins de 2 ans par rapport aux plus âgés (cf. fig. 36, 37).

Cependant, Si nous comparons les concentrations de chaque Organe séparément entre les deux classes de tailles, il en ressort une différence significative entre la concentration en Zn du muscle et des gonades entre les deux classes de taille au niveau de Béni Saf (Mann-whitney $P < 0.05$). Ce résultat n'a pas pu être vérifié sur le poisson d'Oran.

En effet, selon Kontas, 2012 les concentrations de métaux dans le tissu musculaire de poisson ne montrent aucun rapport avec le poids corporel sachant que le poids de nos spécimens est corrélé positivement avec la taille (cf. fig. 32, 33) ce qui est en accord partiellement avec nos résultats.

Selon Perugini *et al* 2014, il y aurait même une corrélation négative entre l'accumulation des métaux au niveau du muscle (exception faite pour le mercure) et la taille des poissons.

Widianarko *et al.* 2000, ont étudié la relation entre les concentrations en Zn et Cu et le poids du poisson et ont constaté que les concentrations de cuivre et de zinc ne dépendent pas du poids du corps. Ces derniers sont régulés afin de maintenir constant le rapport entre eux.

Bensahla, 2001 a observé une augmentation de la bioaccumulation du Zn et du Cd au niveau du foie des femelles, corrélé positivement à la taille de *Mullus barbatus*, seulement entre la classe de taille 15-18cm et 21-24cm.

Mais c'est surtout la maturité sexuelle qui a conditionné la bioaccumulation du Zn dans cette étude, celle-ci se situant entre 10 et 14.5 cm pour le rouget de vase femelle, selon les régions (Suqut *et al* 2001, Hebbar, 2013).

Dans le même sens d'idée, Giannakopoulou, 2014 en Grèce, ne note aucune différence entre la classe de taille inclus entre 16.3 -23.0 et celle entre 23.1-28.1. La différence a été retrouvée entre les petits individus dont la longueur est inférieure à 16 cm et les moyens (longueur de 16.3-23 cm) pour la concentration en Zn. Or cette classe de taille n'a pas été prise en compte dans notre étude du fait de sa non disponibilité et tout les individus étaient mûres (cf tab.15). En effet, les poissons juvéniles accumuleraient le plus de polluant, cela est en rapport avec la forte activité métabolique de ces derniers par rapport aux poissons plus âgés (plus long) et aussi à leurs habitats se situant plus près de la côte, à de plus faibles profondeurs que celui des plus âgés (Gaspic *et al.* 2002). Enfin selon Giannakopoulou 2014 et Çağrı Tas 2011, la taille n'est pas un paramètre statistiquement significatif qui conditionne l'accumulation métallique chez *Mullus barbatus*.

De ce fait, et pour la présentation de la suite des résultats, nous considérerons dans notre interprétation des résultats la moyenne entre les deux classes de taille.

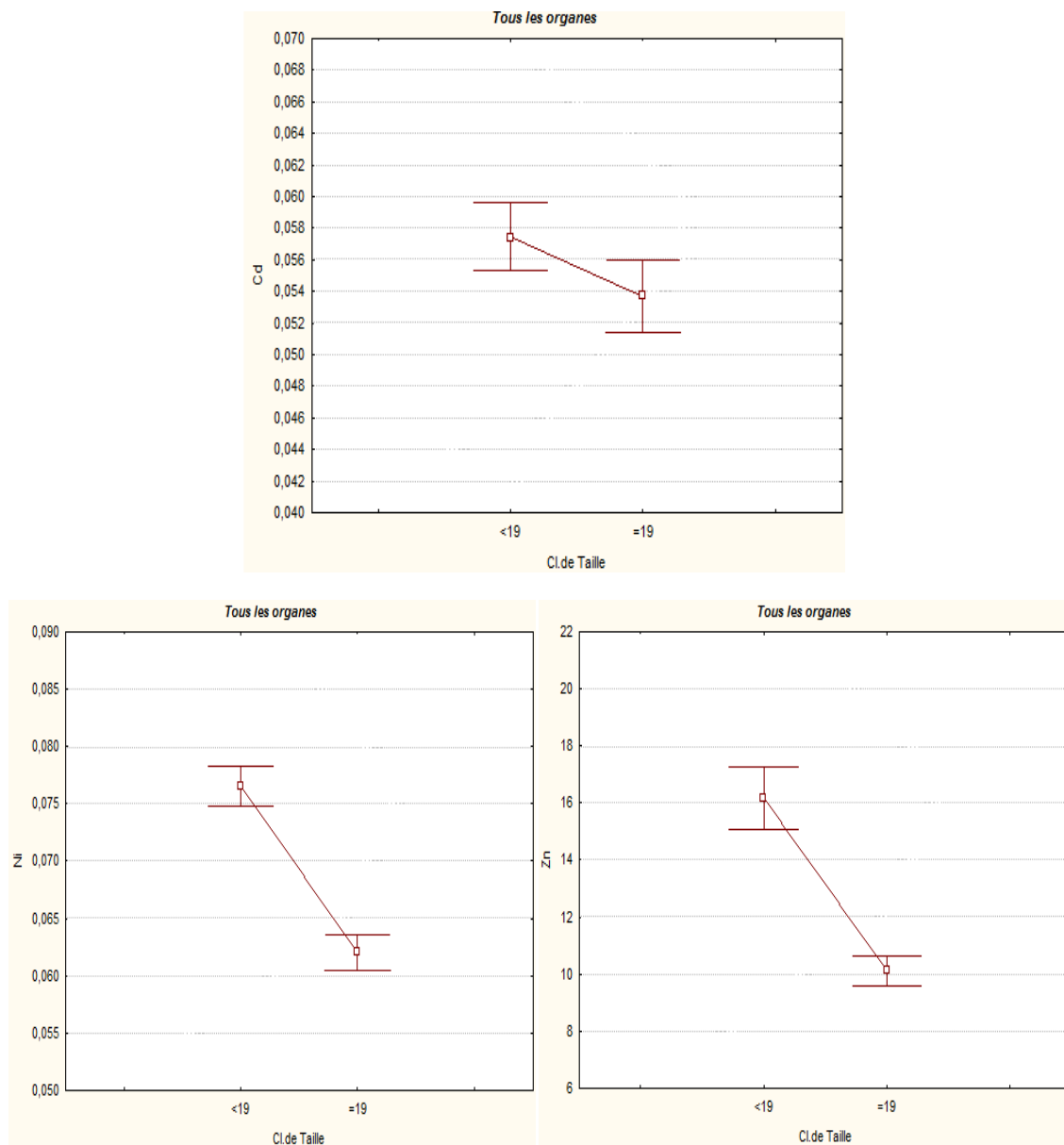


Figure 36: Variation des concentrations moyennes en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des classes de taille, de la baie d'Oran, exprimées en µg/g de poids frais.

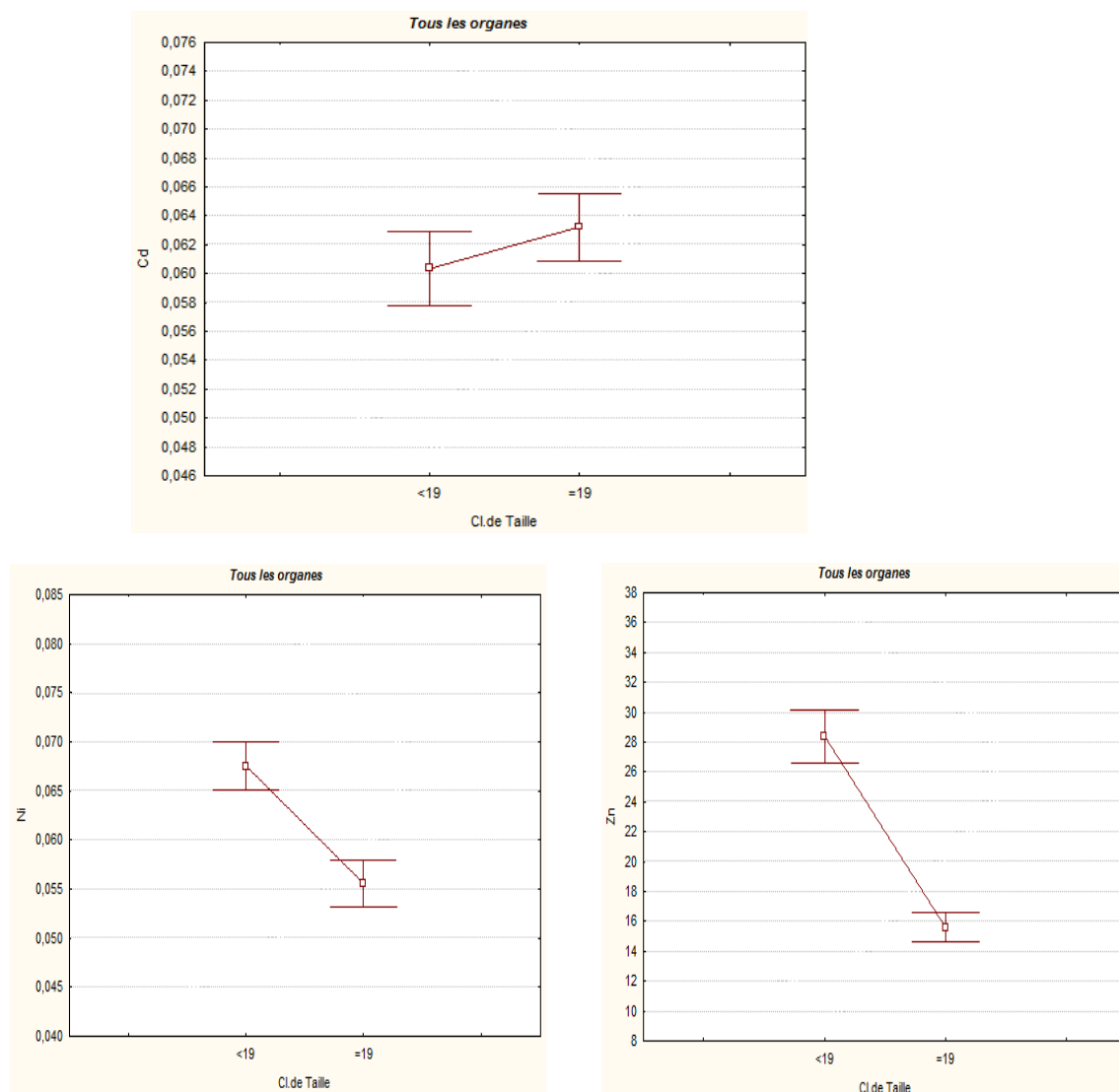


Figure 37: Variation des concentrations moyennes en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des classes de taille, de la baie de Béni saf, exprimées en µg/g de poids frais.

c-Variation des concentrations en éléments en trace métallique en fonction des organes.

Les résultats obtenus révèlent la présence de l'ensemble des éléments en traces métallique dosés (Cd, Zn, Ni) au niveau des trois organes : muscle, foie et gonades, sur les deux sites de prélèvement: Oran et Béni saf et pendant les trois saisons: automne, hiver et printemps.

Le suivi des concentrations moyennes des trois éléments en traces métallique au niveau de chaque organe de *Mullus barbatus* (muscle, foie et gonades) pêché au niveau de la baie d'Oran (cf fig. 38) et celle de Béni Saf (cf fig. 39), montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les concentrations du Cd et du Ni au niveau des trois organes.

Tandis que pour le Zn, il y a une différence significative entre sa concentration au niveau des trois organes (Anova, Kruskal-Wallis, $P < 0.05$). Ainsi la plus grande concentration est retrouvée au niveau des gonades avec une moyenne de 23.64 ± 13.58 à Oran et 44.19 ± 17.82 $\mu\text{g/g}$ P.F. à Béni Saf; Suivi par la concentration au niveau du foie, avec 13.08 ± 8.45 à Oran et 19.27 ± 10.96 $\mu\text{g/g}$ P.F. à Béni Saf. Enfin, le muscle enregistre la concentration la plus faible en Zn avec 2.76 ± 1.12 à Oran et 2.5 ± 1.07 $\mu\text{g/g}$ P.F. à Béni saf (cf tab. 18 fig. 37, 38).

De ce fait, nous pouvons classer les organes en fonction de la concentration en Zn comme suite : Gonades > Foie > muscle.

Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par Borsali-Mrabet, 2007 au niveau du rouget de roche.

Plusieurs études ont mis en évidence l'existence d'un brassage spectaculaire de Zn dans le poisson pendant la période de vitellogénèse, soit une mobilisation de ce métal induite par les œstrogènes à partir d'autres tissus vers le foie qui augmenterait simultanément avec RGS, (Olsson, 1996).

Les concentrations métalliques dans le muscle reflètent celles existantes dans les eaux, où les poissons vivent, alors que les concentrations dans le foie représentent le stockage des métaux (Tepe *et al.* 2008).

De plus, les concentrations de métaux du foie peuvent être le reflet de l'accumulation récente et peut être un indicateur utile de l'exposition récente. (Romeo *et al.*, 1999; Çogun *et al* 2006). Il a été admis que les concentrations en métaux du muscle sont inférieures à celle du foie (Tepe *et al.* 2008). Or, nous n'avons pu vérifier ces résultats que pour le Zn, pour le Cd et le Ni les résultats sont hétérogènes peut être à cause de biais lors de l'analyse.

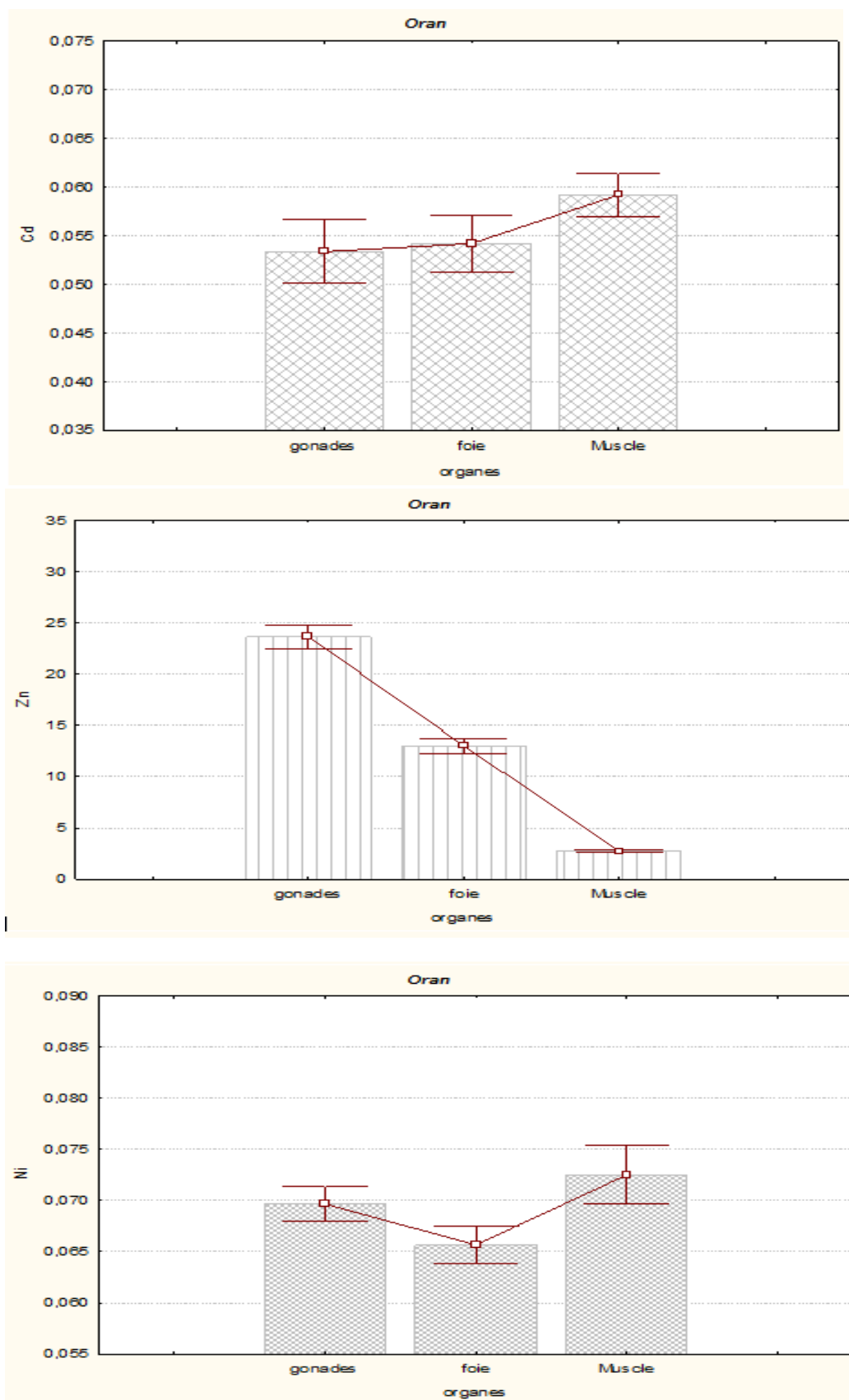


Figure 38: Variation des concentrations en éléments en traces métallique des organes de *Mullus barbatus* de la baie d'Oran, exprimées en $\mu\text{g/g}$ de poids frais.

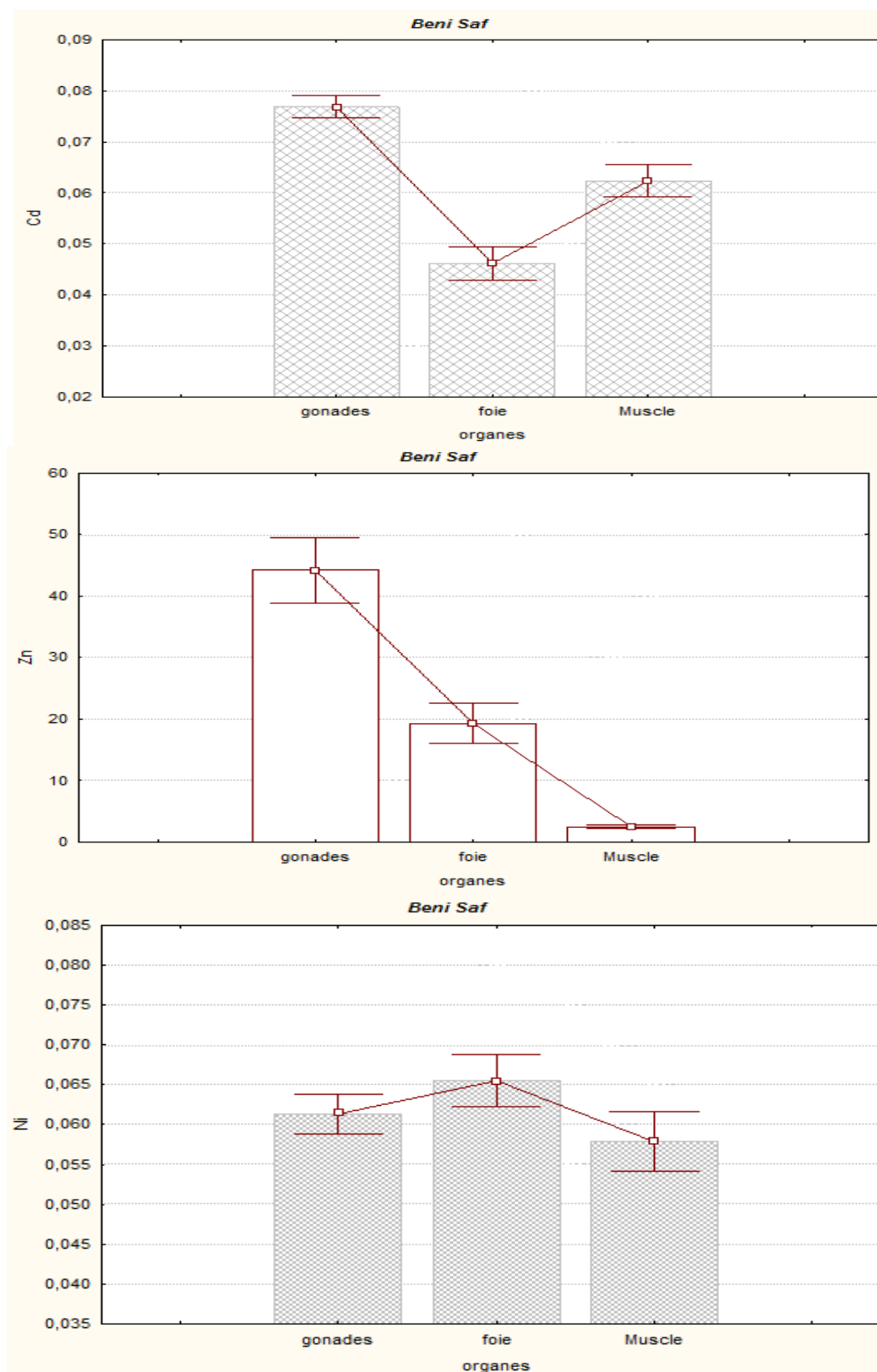


Figure 39: Variation des concentrations en éléments en traces métallique des organes de *Mullus barbatus* de la baie de Béni Saf, exprimées en $\mu\text{g/g}$ de poids frais.

d-Variations saisonnières des concentrations en éléments en traces métallique.

Durant cette présente étude, nous avons effectué un échantillonnage saisonnier représentant l'automne, l'hiver et le printemps dans le but de faire un suivi temporel des concentrations en éléments en traces métallique au niveau des organes du rouget de vase. Les résultats révèlent des variations de concentrations saisonnières hétérogènes en fonction de l'élément en traces métallique considéré.

La comparaison entre la moyenne de concentration en Cd de *Mullus barbatus* de chaque saison révèle une différence significative entre les concentrations des trois saisons (Anova, Kruskal-Wallis, $P < 0.05$), et cela est vérifié sur les deux sites d'échantillonnage, Oran (cf fig. 40) et Béni Saf (cf fig. 41).

Ainsi la concentration la plus faible en Cd est notée en Automne avec respectivement 0.024 ± 0.013 et 0.037 ± 0.015 $\mu\text{g/g}$ de P.F. à Oran et Béni Saf, et une concentration intermédiaire en hiver. La concentration la plus importante est enregistrée au printemps avec respectivement 0.092 ± 0.035 et 0.096 ± 0.038 $\mu\text{g/g}$ de P.F. à Oran et Béni Saf.

Néanmoins, chez le rouget de la baie de Béni Saf, l'augmentation de la concentration en Cd de l'automne à l'hiver n'est pas significative, alors qu'entre la concentration en Cd de l'hiver et du printemps la différence est significative sur les deux sites (Mann-Whitney, $P < 0.05$), ce qui permet de dire que c'est le printemps qui fait la différence en terme d'accumulation de Cd cela serait dû soit à la biodisponibilité de celui-ci lié à l'augmentation des températures et aux changements des conditions physico-chimiques du milieu (Phillips, 1980), soit à l'évolution de l'état physiologique du poisson en cette saison lié à la reproduction (Martinez-Gomez et al. 2012).

Nos résultats sont en accord avec les résultats de Bensahla 2001, qui a trouvé une bioaccumulation de contaminants, chez *Mullus barbatus*, élevé en été par rapport aux autres saisons.

En effet les valeurs de RGS et RHS les plus élevées sont enregistrées au printemps (cf fig. 33, 34). La bioaccumulation du Cd serait corrélée positivement à la variation saisonnière du RGS et du RHS chez le rouget de vase.

Les concentrations du rouget en Ni enregistre au niveau d'Oran des différences significatives entre les saisons. Sa concentration est de 0.041 ± 0.013 $\mu\text{g/g}$ de P.F. en automne, elle augmente à 0.081 ± 0.01 $\mu\text{g/g}$ de P.F. en hiver pour atteindre au printemps 0.085 ± 0.015 $\mu\text{g/g}$ de P.F. Au niveau de Béni Saf, la variation des concentrations en Ni du rouget à travers les saisons enregistre une concentration moyenne de 0.073 ± 0.018 $\mu\text{g/g}$ de P.F. En automne, pour baisser à 0.033 ± 0.029 $\mu\text{g/g}$ de P.F. en hiver, avec une différence significative entre ces deux dernières saisons (Mann-Whitney, $P < 0.05$). Puis elle augmente au

printemps à 0.077 ± 0.038 $\mu\text{g/g}$ de P.F. Le comportement de bioaccumulation de ce contaminant n'est pas le même sur les deux sites à travers les saisons, cela pourrait s'expliquer par une différence des sources de pollutions entre les deux sites.

Les concentrations du rouget de vase en Zn n'enregistrent aucune différence entre les trois saisons et cela est noté au niveau des deux sites d'échantillonnage. Néanmoins, il y a une augmentation des concentrations en Zn de l'automne à l'hiver au niveau des deux sites. Ce qui prouve que l'accumulation du Zn ne dépend pas seulement des changements saisonniers de l'état physiologique du poisson mais aussi de l'apport anthropique.

Kargin 1996, note une différence des concentrations en contaminant dans les tissus du rouget liée au changement saisonnier, ainsi la saison chaude enregistre les concentrations les plus importantes et cela coïncide avec l'épandage de fertilisant, et une augmentation de l'activité métabolique des poissons liée à la température.

Lalamy 1979, et Merbouh, 1997, trouve chez le rouget et la sardine une activité hépatique accrue survenant avant et après la ponte, ce qui explique l'accumulation élevée des polluants.

e-Variations des concentrations en ETM entre les deux sites d'échantillonnage.

Le suivi des variations des concentrations moyennes en éléments en trace métallique des tissus de *Mullus barbatus* durant toute la période d'échantillonnage (cf Fig. 42) montre que ces dernières ne présentent pas de différence entre les deux sites que ce soit pour le Cd, le Ni ou le Zn.

Néanmoins, le suivi des variations des concentrations moyennes des métaux traces par saison entre les deux sites révèle que pour la concentration moyenne de Cd des tissus du rouget, il y a une différence significative entre le poisson d'Oran et celui de Béni Saf en automne (Anova, Kruskal-Wallis, $P < 0.05$) (cf tab. 15).

Les concentrations moyennes en Ni des tissus du rouget sont significativement différentes entre les deux sites en automne et en hiver (Anova, Kruskal-Wallis, $P < 0.05$) (cf tab. 16).

En automne les valeurs les plus importantes en Cd et en Ni sont relevées au niveau du poisson de Béni saf, avec respectivement 0.037 ± 0.015 et 0.073 ± 0.018 $\mu\text{g/g}$ de P.F. puis la concentration en Ni s'effondre en hiver à Béni Saf, ce qui pourrait s'expliquer par un apport ponctuelle important en automne sur cette région qui proviendrait des oueds chargés en matière en suspension qui se jettent au niveau de cette région, la source pourrait être bien en amont,

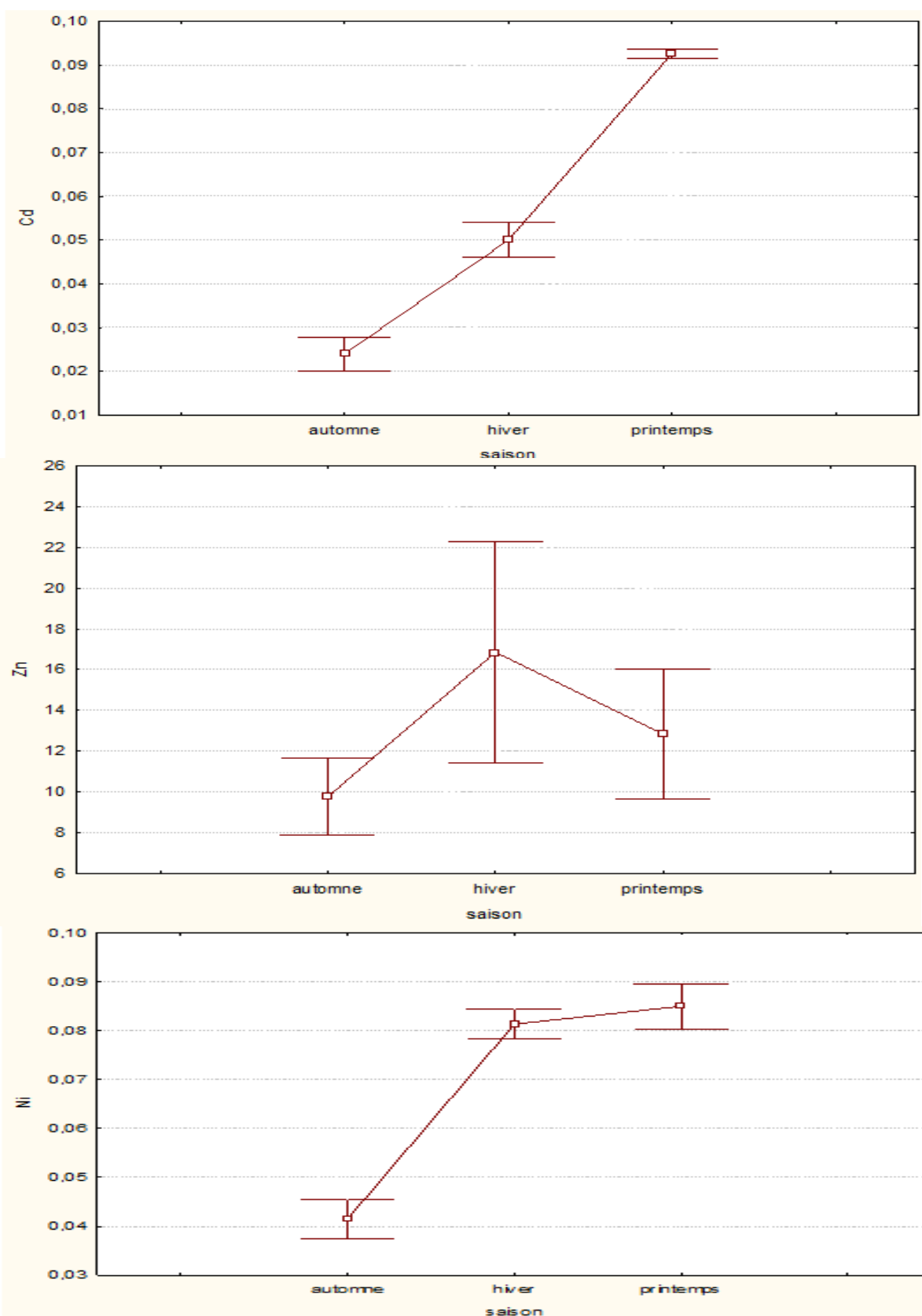


Figure 40: Variation des concentrations en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des saisons au niveau d'Oran, exprimées en µg/g de poids frais.

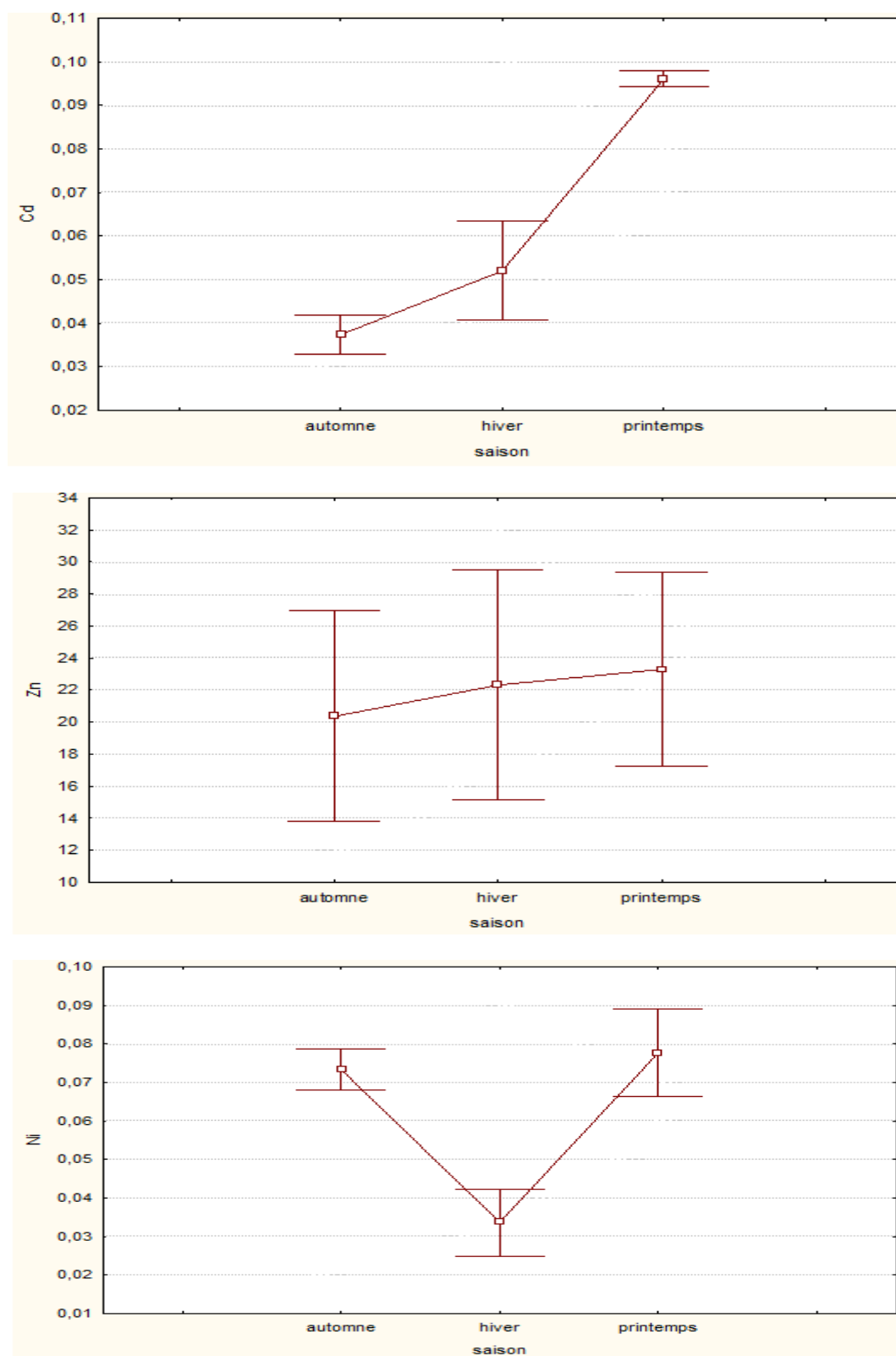


Figure 41: Variation des concentrations en éléments en trace métallique de *Mullus barbatus* en fonction des saisons au niveau de Béni Saf exprimées en µg/g de poids frais.

et serait d'origine agricole ou encore le fait de l'hydrodynamisme vu que la région de Ghazaouet (rejet de l'usine d'électrolyse de Zn) est proche.

Les concentrations en Zn ne sont pas significativement différentes entre les deux sites si nous considérons la concentration moyenne de tous les tissus. Alors que si nous analysons la différence par organe, nous relevons une différence significative entre la concentration des gonades et du foie en Zn entre les poissons de Béni Saf et celui d'Oran (cf tab. 17) (Anova, Kruskal-Wallis, $P < 0.05$). Les concentrations moyennes les plus élevées en Zn sont enregistrées au niveau du poisson de Béni Saf avec respectivement $44.19 \pm 17.82 \mu\text{g/g P.F.}$ au niveau des gonades et $19.27 \pm 10.97 \mu\text{g/g P.F.}$ au niveau du foie.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Ayad, 2010 et Bouhadiba, 2011, qui avancent une contamination plus importante de Zn au niveau de Béni Saf par rapport à Oran et une bioaccumulation surtout au niveau des organes mous.

Cependant, selon Bryan 1971, les concentrations des organismes marins en Cu et Zn, qui sont des éléments essentiels, sont régulées afin de maintenir un rapport constant, malgré les changements dans la disponibilité de ces métaux dans l'environnement.

En effet, Les concentrations de contaminants dans le rouget de vase sont représentatives des conditions partiellement locales (Martínez-Gómez *et al* 2012). L'existence d'une migration saisonnière liée à la profondeur, a été bien décrite (Machias *et al.* 2002). Le rouget de vase pond à une strate de profondeur (strate1) allant de 71-150 m, le recrutement se fait dans la strate 2 de 20-70m, puis les jeunes mâtures reviennent à la strate 1 pour se reproduire. Au sein de la même strate de profondeur, le déplacement du rouget se situerait entre 20-40 Km (Carlucci *et al.* 2009).

Ainsi le rouget de vase fait un déplacement vertical, du moins profond au plus profond en fonction de sa taille. Et un déplacement horizontal, qui au sein de la même classe de taille, les individus se déplaceraient dans des régions avoisinantes et seraient en contact avec des contaminants se situant à plusieurs kilomètres de la zone de pêche.

Les concentrations en contaminants des tissus du rouget pourraient refléter partiellement les concentrations des sédiments par les mêmes contaminants dans la même région, ainsi que le degré de leurs biodisponibilités et la capacité du poisson à les biotransformer (Martínez-Gómez *et al* 2012). Sachant que la capacité de biomagnification du Cd, du Zn et du Ni est faible, (IPCS a, b, c, 2014) l'essentiel de ces éléments provient de l'eau.

La concentration en Ni augmente de l'automne à l'hiver et cela serait due à un changement des conditions physico-chimiques du milieu qui entraînent une plus grande biodisponibilité ainsi que les rejets qui sont surtout industriels et domestiques au niveau d'Oran.

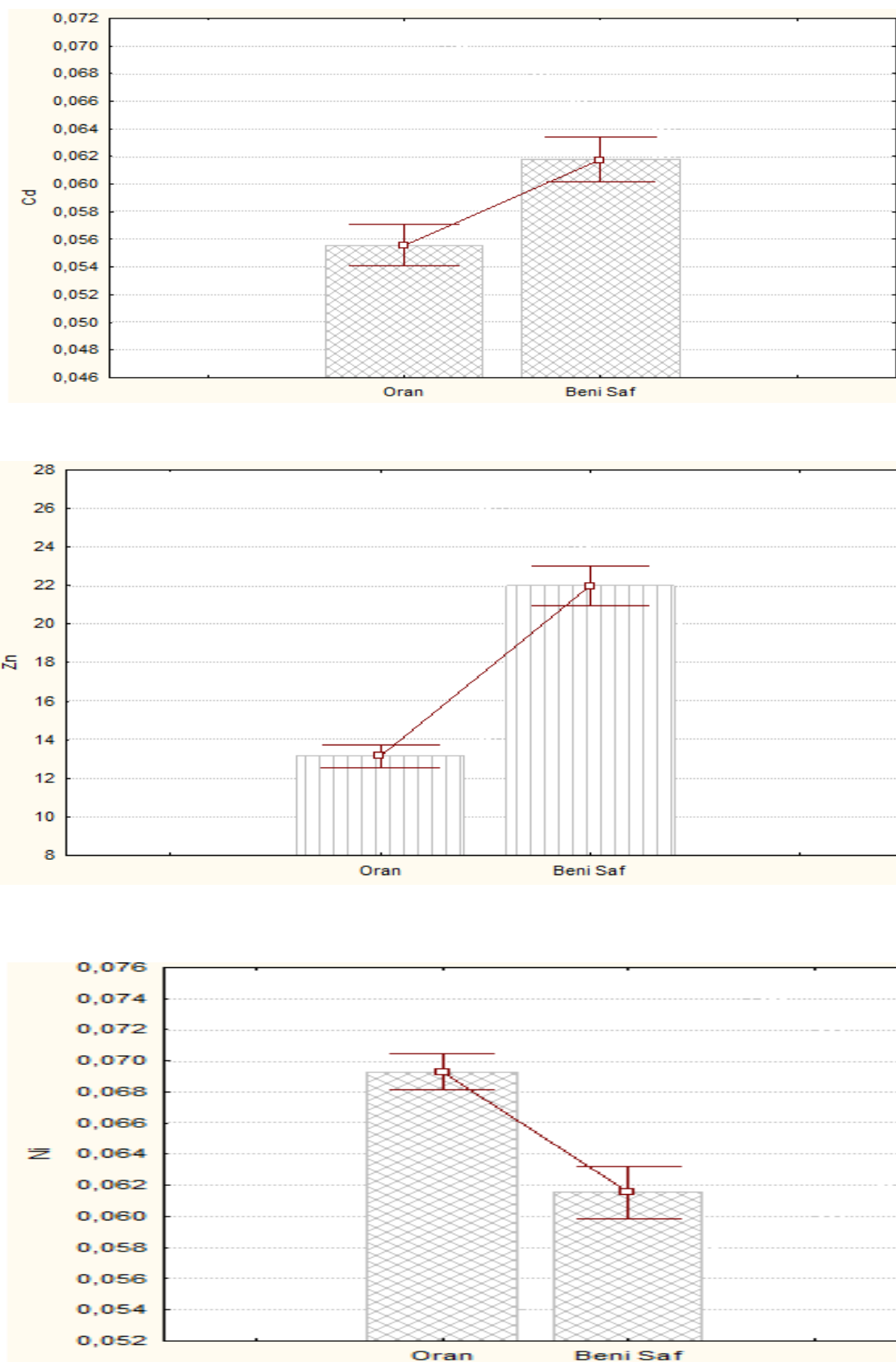


Figure 42: Variation des concentrations en éléments en trace métallique entre *Mullus barbatus* d'Oran et de Béni Saf.

La concentration en Cd est influencée par la saisonnalité, en effet d'un coté il y a tous les changements physiologiques liés à la reproduction du rouget qui sont influencés par les saisons, il faut ajouter à cela les variations des conditions physico-chimiques du milieu qui conditionnent la biodisponibilité de ce contaminant ainsi que sa bioaccumulation. (Phillips 1980, Dural *et al.* 2010).

La bioaccumulation du Zn ne serait pas influencer par les saisons, mais plutôt par l'organotropisme et la biodisponibilité de cet élément dans la région considérée.

f-Comparaison avec les doses recommandées.

Le poisson est une source de protéine animale importante, cependant leur contamination par les différents toxiques expose l'homme à ces derniers et limite sa consommation, ainsi les instances internationales ont mis des réglementations qui limite les valeurs des produit de la mer en contaminants, pour qu'il soit propre à la consommation. En comparant entre les concentrations et éléments en trace métallique du muscle du rouget de vase, qui est la partie comestible du poisson et les normes internationales, il en ressort les résultats suivant (cf tab. 19).

Pour le Cd, les résultats obtenus sont inférieurs aux recommandations de la FAO mais ils sont supérieurs à celle de la CE

Concernant le Zn, les concentrations obtenues sont supérieures aux recommandations de la CNRMS, mais inférieures à celles de la FAO. Le Zn étant un élément essentiel, il est toxique à des concentrations largement supérieures aux normes car il existe des processus physiologiques efficace pour le réguler.

Quand au Ni sa concentration au niveau du muscle est inférieure à la concentration maximale recommandée.

Tableau 19: Comparaison entre les concentrations en éléments en trace métallique du muscle de *Mullus barbatus* et les doses maximales admissibles (D.M.A).

ETM		Cd	Zn	Ni
Poissons		0.05 mg/Kg P.F.(CEE) 0.5 mg/Kg P.F.(FAO)	30 mg/Kg P.F. (FAO) 5 mg/Kg P.S. (CNMRS)	0.5 mg/Kg (WHO, 2003)
Présent travail	Oran	0.08 ± 0.045 mg/Kg P.S. 0.059 ± 0.025 mg/Kg P.F.	9.53 ± 3.89 mg/Kg P.S. 2.76 ± 1.12 mg/Kg P.F.	0.09 ± 0.045 mg/Kg P.S. 0.072 ± 0.032 mg/Kg P.F.
	Béni Saf	0.1 ± 0.03 mg/Kg P.S. 0.062 ± 0.036 mg/Kg P.F.	8.63 ± 3.72 mg/Kg P.S. 2.5 ± 1.07 mg/Kg P.F.	0.11 ± 0.03 mg/Kg P.S. 0.057 ± 0.043 mg/Kg P.F.

Un autre exercice s'impose donc, pour estimer le risque par rapport à la consommation hebdomadaire ou quotidienne du poisson, est de calculer le PTWI

(provisional tolerability weekly intake), ainsi pour un homme pesant 80 Kg sur la base d'une dose hebdomadaire tolérable de Zn de 7 mg/Kg et de Cd de 0.007 mg/Kg de poids corporel (JECFA/WHO, 2003), la concentration de Zn et de Cd contenu dans le muscle du rouget ne constitue aucun danger pour une consommation hebdomadaire de rouget.

g- Etats de la contamination du muscle du rouget par rapport à d'autres poissons pêchés au niveau du littoral occidental algérien.

Le rouget n'est qu'une partie des produits de la mer, le tableau 20 montre les concentrations de muscle de différent poisson pêché au niveau du littoral occidental algérien.

Il est à noter que les concentrations de Cd les plus importantes sont retrouvées au niveau de la chair du mulot et du merlu. Les rougets présentent des concentrations intermédiaires en Cd, et enfin les petits poissons pélagiques ont les concentrations les plus faibles en Cd au niveau de leurs chairs.

Concernant le Zn, les concentrations les plus importantes sont retrouvées au niveau du muscle du rouget de roche, du merlu, du mulot et de la sardine. Le rouget de vase ne renferme pas des concentrations en Zn importantes par rapport à d'autres espèces de poisson au niveau de sa chair.

Ainsi, bien que le rouget de vase soit une espèce de poisson démersale vivant à proximité du sédiment, nous pouvons considérer que ce n'est pas un poisson qui accumule le plus de contaminant, ceci serait en rapport avec la distribution des métaux traces en Méditerranée.

Si nous comparons entre les concentrations métalliques du muscle du rouget de vase, il n'y a pas une grande différence entre les concentrations en Cd obtenues par Bensahla en 2001 et le présent travail. Par contre, en ce qui concerne les concentrations du muscle de *M. barbatus* en Zn, il y a une grande différence entre les deux travaux. Vu que c'est la même espèce, les facteurs intrinsèques sont identiques, nous pouvons incriminer dans ce cas là les changements des facteurs extrinsèques.

Nous remarquons qu'au niveau des mêmes pêcheries, il y a des différences importantes entre les concentrations du muscle des poissons en contaminants, sachant que certains sont pélagiques et les autres benthiques, cela est dû d'un côté aux différences physiologiques entre les différentes espèces, à l'habitat et la nutrition et d'un autre côté à la répartition spatio-temporelle des contaminants. De ce fait il est important de varier sa consommation de poisson pour ne pas être exposé aux mêmes contaminants.

Tableau 20: Les concentrations moyennes en éléments en trace métallique (moyenne + écart type ppm P.F.) du muscle de poisson pêché le long du littoral occidental algérien.

ETM Poisson	site	Cd	Zn	Ni	Auteurs
<i>Mullus surmuletus</i> Rouget de roche	Arzew	0.08 ± 0.02	13.25 ± 0.08	-	Benguedda (1993)
<i>Sardina pilcardus</i> Sardine	Oran	0.02 ± 0.01	10.99 ± 3.93	-	Merbouh (1998)
<i>Mullus barbatus</i> Rouget de vase	Arzew	0,078 ± 0,021	0,49 ± 0,14	-	Bensahla (2001)
<i>Merluccius merluccius</i> Merlu	Oran	0.198±0.059	8.09 ± 1.63	-	Belhoucine (2012)
<i>Mullus surmuletus</i> Rouget de roche	Oran	0,024 ± 0,003	17,07 ± 2,87	-	Borsali (2006)
<i>Sardinella aurita</i> Allache	Oran	0.024	3.193	-	Benamar (2006)
<i>Trachurus trachurus</i> Saurelle	Oran	0,02 ± 0,002	1,85 ± 0,76	-	Benadda (2009)
<i>Diplodus sargus</i> Sar	Oran	0,038 ± 0,044	2,22 ± 0,83	-	Ayad (2010)
	Béni saf	0,039 ± 0,046	2,315 ± 0,49		
<i>Mulgil cephalus</i> Mulet	Oran	0.149 ± 0.21	7.85 ± 4.06	-	Bouhadiba (2011)
	Béni saf	0.115 ± 0.178	9.76 ± 5.22	-	
<i>Mullus barbatus</i> Rouget de vase	Oran	0.059 ± 0.025	2.76±1.12	0.072 ± 0.032	Présent travail
	Béni saf	0.062 ± 0.036	2.5 ± 1.07	0.057 ± 0.043	

Conclusion.

L'objectif de ce travail a été d'évaluer la contamination ou l'éventuelle pollution du littoral occidental algérien en choisissant deux zones d'échantillonnage ; La baie d'Oran et la baie de Beni Saf. Ces deux régions sont soumises à des sources de pollution différentes. Dans le même temps, elles sont dotées d'importants ports de pêche.

Mullus barbatus communément appelé rouget de vase est un poisson à forte valeur commercial, il fait partie des espèces de poissons fouisseuse vivant à proximité des sédiments marins. Sachant que le sédiment est le principale intégrateur de polluant métallique, Il est de ce fait, recommandé comme bioindicateur de la qualité du milieu marin.

L'évaluation de la contamination de la baie d'Oran et la baie de Beni Saf dans notre travail s'est faite à traves le dosage de certain éléments traces métallique (ETM) Cd, le Ni, et le Zn, au niveau des organes de *Mullus barbatus*. Le Cd et le Ni sont des xénobiotique purement toxique, le Zn est un élément essentiel des réactions enzymatique mais à forte concentration, il devient toxique.

Ces polluants ont des origines anthropiques certaines aux allants tours des zones étudiées.

Notre travail d'échantillonnage s'est étalé de novembre 2013 à avril 2014 couvrant ainsi une période de trois saisons. La recherche des contaminants a été faite au niveau du muscle du foie et des gonades. Après minéralisation humides des sous échantillons nous avons effectué une quantification du Cd, du Ni et du Zn au spectrophotomètre à absorption atomique (SAA). Nous avons aussi voulu procéder à la quantification d'autre ETM, cependant la disponibilité du (SAA) nous a fait défaut.

Les résultats de notre étude révèlent une contamination certaine des deux sites avec la présence des trois ETM dosés, le Cd, Ni et Zn au niveau de tout les organes et au niveau des deux sites.

Ainsi, les concentrations les plus importantes en Cd et en Zn sont retrouvées au niveau de Beni saf.

Les résultats retrouvés ne font que confirmés l'existence d'une relation entre la pollution de nos côtes et les nombreuses sources d'ETM énumérées précédemment. Cette pollution laisse sont empreinte sur les produits de la mer.

L'homme étant le dernier maillon de la chaine alimentaire, il est, même à terre exposé à cette pollution qu'il a lui-même engendré. Et de ce fait, se retrouve contaminé à son tour. Bien que les concentrations en Métaux traces ne soit pas crique, une consommation régulière pourrait être préjudiciable.

Références bibliographiques

A

Adami, G., P. Barbieri, M. Fabiani, S. Piselli, S. Predonzani et E. Reisenhofer, 2002. "Levels of cadmium and zinc in hepatopancreas of reared *Mytilus galloprovincialis* from the Gulf of Trieste (Italy)." *Chemosphere* 48: 671-677.

Al-Yousuf M.H., El-Shahawi M.S., Al-Ghais S.M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sci Total Environ* 256:87-94

Amiard-Triquet C., Metayer C., 1982. "Distribution de quelques métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez les organismes vivants de l'estuaire de la Loire et des zones côtières adjacentes." *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France* 4: 153-168.

Amiard J.C., Pinneau A., Boiteau H.L., Metayer C., Amiard-Triquet C., 1987. Application de la spectrophotométrie d'absorption atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Ni, Mn, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. *Water* 21(6) : 693-697.

Amiard-Triquet C., Jeantet A. Y., Berthet B., 1993. "Metal transfer in marine food chains: bioaccumulation and toxicity." *Acta. Biologica Hungarica* 44(4): 387-409.

Amiard-Triquet C., Burgeot T., Claisse D., 1999. La surveillance de la qualité du milieu marin: l'expérience du Réseau national d'observation (RNO) et le développement de biomarqueurs. *Océanis*, vol. 25 n° 4 .p. 651-684.

Amiard J.C., Amiard Triquet C., 2008. Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. *Tec et doc- Lavoisier*, 17-41.

Amiard J.C., 2011. Les risques chimiques environnementaux, méthodes d'évaluations et impacts sur les organismes. *Lavoisier*.

Aguirre H., 1997. Presence of dentition in the premaxilla of juvenile *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Journal of Fish Biology*, 51: 1186-1191.

Aguirre H., 2000. Aspectos biológicos y ecológicos del salmonete de fango *Mullus barbatus* L. 1758 y el salmonete de roca *Mullus surmuletus* L., 1758 en Mediterraneo occidental. *Tesis de doctorado. CSIC. Ciencias del mar. Universidad politécnica de cataluna*. 213p.

Ayad F., 2011. Etude de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (Foie, muscle, gonades) chez le sar *Diplodus sargus* (L. 1758) pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran. 136p.

B

Belhoucine F., 2005. Contamination du merlu *Merluccius merluccius* (L. 1758) par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) pêché dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 110p+annexes.

Belhoucine F., 2012. Etude de la biologie, de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L. 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zn, Pb, Cd) dans la baie d'Oran, Algérie. Thèse de doctorat, université d'Oran, 275p+ annexes.

Benadda H., 2009. Evaluation de la pollution marine par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn), sur un poisson pélagique, la saurel (*Trachurus trachurus* L. 1758): pêché dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister*, Université d'Oran. 76p

Benamar N., 2006. Evaluation de la pollution marine par trois éléments en trace métallique (Cd, Pb, Zn) sur un poisson pélagique, l'allache *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847) pêchée dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 197p.

Benguedda-Rahal W., 1993. Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule *Perna perna* et le rouget *Mullus surmuletus* dans la partie occidentale du golf d'Arzew. *Mémoire de magister en océanographie biologique*, 108p.

Bensahla talet L., 2001. Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L. 1758) par quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) pêché dans la baie d'Arzew. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 105p

Bethoux J.P., Gentili B., Morin P., Nicolas E., Ruiz-Pino D., 1999. The Mediterranean sea: a miniature ocean for climatic and environment studies and the key for climatic functioning of the north Atlantic. *Prog. Oceanogr.*, 44: 131-146.

Borsali-Mrabet S., 2007. Contamination du rouget de roche (*Mullus surmuletus* L. 1758) dans les organes (foie, muscle et gonades), par trois métaux lourds pêché dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 197p.

Bouderbala M., 1997. Etat actuel de la pollution par les métaux lourds et son impact sur les cétacés dans le bassin algérien. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 138p.

Bouhadiba S. 2011. Evaluation de la concentration des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mulot (*Mugil cephalus* L. 1758) pêché dans la baie d'Oran et de Béni Saf. *Mémoire de Magister*, université d'Oran, 125p.

Boutiba Z., 1992. Les mammifères marins d'Algérie. Statut, répartition, biologie et écologie. *Thèse de doctorat d'état. Université d'Oran. 575p.*

Boutiba Z., Taleb Z., Bouderbala M., Abdelghani F., 1996. La pollution menace sur le peuplement marin en Méditerranée. Actes du 3ème *colloque national climat environnement. Complexe les Andalouses, Oran, 16-17 dec 1996. 1-13p.*

Bougis P., 1952. Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L, *Mullus surmuletus*, L. 1758) Arch. Zool. Exp. Gen. Notes Rev., 89 :57-174.

Bekada D.E., 2014. La pêche et ses statistiques cas des ports de Beni saf, Boudjezar, Oran, Arzew et Mostaganem. *Mémoire de magister, Université d'Oran, Algérie. 61p.*

Benzohra M., Millot C., 1995. Characteristics and circulation of surface and intermediate masses of Algerian. *Deep-sea research I.Vol 42, 10, 1803-1830.*

Bellan, G., 1993. Les indicateurs biologiques du milieu marin – Remarques introductives. In : Boudouresque, C.F., Avon, M., Pergent-Martini, C. Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physico-chimiques. Rencontres scientifiques de la Côte Bleue. edit., *GIS Posidonie pub.*

Blandin, P., 1986. Bioindicateurs et diagnostic des Systems écologiques. *Bulletin d'Ecologie 17, 211-307.*

Bliefert, perraud, 2009. Chimie de l'environnement. Air, eau, sols, déchets. 2^{ème} édition. De Boeck.

Borchardt, T., 1985. "Relationship between carbon and cadmium uptake in *Mytilus edulis*." *Mar. Biol 85: 233-244.*

Bryan, G. W. (1971). The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Philosophical Transactions the Royal Society Biological Sciences, 177, 389-410.*

Buffle F. J. (1988). Complexation reactions in aquatic systems: An analytical approach. *New York, Ellis Horwood, John Wiley and Sons. 692 pp. rance, 3, 35-42.*

C

Çağrı Taş E., Filipoçi I., Türker Çakır D., Beyaztaş S., Sunlu U., Toğulga M., Özaydın O. and Oktay Arslan, 2011. Heavy metal concentrations in tissues of edible fish (*Mullus barbatus* L., 1758) from the çandarli bay (TURKEY) *Fresenius Environmental Bulletin Volume 20 – No 11.*

Canlı M., Atlı G. , 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ Pollut.* 121:129–136

Carlucci, R., Lembo, G., Maiorano, P. ., Capezzuto, F. ., Marano, C.A. , Sion, L., Spedicato, M.T. ., Ungaro, N., Turisi, A. ., Gianfranco, D., 2009. Nursery areas of red mullet (*Mullus Barbatus*), Hake (*Merluccius Merluccius*) And deep-water rose shrimp (*Par Apenaeus longirostris*) In the Eastern-Central Mediterranean Sea. *Estuarine. Coastal And Shelf Science* 83, 529 E 538.

Castro, H., Aguilera, P.A., Martinez, J.L., Carrique, E.L., 1999. Differentiation of clams from fishing areas an approximation to coastal quality assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 54, 229-237.

Chiffolleau, J.-F., Claisse, D., Cossa, D., Ficht, A., Gonzalez, J.-L., Guyot, T., Michel, P., Miramand, P., Oger C., Petit, F., 2001. La contamination métallique. Programme scientifique Seine-Aval, IFREMER edit, 8, 1-39.

Chiffolleau, J.-F., Augier D., Chartier E., Grouhel A., 2003. Dosage de certains métaux traces. (Ag, Cd, Cr, Ni, Pb, V, Zn) dans les organismes marins par absorption atomique. *IFREMER edit* :1-35.

Cherif M., Benamor M. M., Selmi S., Gharbi H., Missaoui H., Capapé C., 2011. Food and feeding habits of red mullet, *Mullus barbatus* (actinopterygii: Mullidae), of the northern Tunisian coast (central Mediterranean). *Acta. Ichtyol. Piscat.* 41 (2):109-116.

Cherif, M., Zarrad, R., Gharbi, H., Missaoui, H., & Jarboui, O., 2007. Some biological parameters of the red mullet, *Mullus barbatus* (L., 1758) from the Gulf of Tunis, *Acta Adriatica*, 48(2), 131-144.

Cherian, M. G. et Goyer R. A. 1978. "Metallothioneins and their role in the metabolism and toxicity of metals." *Life. Sci.* 23: 1-10.

Clark R.B., 2001. Marine pollution, Fifth ed.(Oxford OUP 2001)p 5 et seq GESEMP Protecting the Oceans from Land-Based Activities, Report and studies No 71 Nairobi UNEP publication 2001 p 17n GESAMP, *supra*, note 110, p. 17.

Çogun H.Y., Yuzeroglu T.A., Firat O., Gok G., Kargin F., 2006. metal concentrations in fishes species from the northeast Mediterranean sea. *Environmental monitoring and assessment.* 121: 431–438

Computer Generated Native Distribution Map for *Mullus barbatus barbatus* (Red mullet). www.aquamaps.org, version of Aug. 2013. Web. Accessed 23 Sep. 2013. www.fao.org/fi/oldsite/FCP/fr/dza/body.htm

Conti O.G., Copat C., Ledda C., Fiore M., Fallico R., Sciacca S., Ferrante M., 2012. Evaluation of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons

(PAHs) in *Mullus barbatus* from Sicily channel and risk-based consumption limits. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88; 946-950.

Copat C., Arena G., Fiore M., Ledda C., Fallico R., Sciacca S., 2013. Heavy metal concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean sea: consumption advisories. *Food and chemical toxicology.* 53; 33-37.

Cossa, D. et P. Lassus (1989). Le cadmium en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie, *Editions Ifremer, Plouzané, France.* 16: 111.

D

Darly B, 1992. Poissons des côtes algériennes. INES Agronomie de Tizi ouzou. *Office des publications universitaires Alger.* P56.

DCE 2001 : EC, 2001. Decision N° 2455/2001/EC of the European Parliament and of the Council, of 20 November 2001, establishing the list of priority substances in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC. Official Journal of the European Communities L 331.

Demeche S., 1998. Teneur en métaux lourds Cd, Pb, Cu, Zn et Ni chez l'Oursin commun *paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) pêché dans le golf d'Arzew. *Mémoire de magister, université d'Oran,* 125p.

Didier Laurent S., Lamare V., Pastor J., in *DORIS*, 25/6/2012 : *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758)
http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=579

Dieuzeide R., Novella M., Roland J., 1959. Catalogue des Poissons des Côtes algériennes. Imprimerie officielle de la délégation générale du gouvernement en Algérie. Vol II, P :294-297.

D.P.R.H 2014: Direction de la pêche et des ressources halieutiques.

Dural M., Genc E., Yemenicioglu S., Sangun M.K. 2010. Accumulation of some heavy metals seasonally in *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda) and its host Red Sea Bream, *Pagellus erythrinus* (Sparidae) from Gulf of Iskenderun (North-Eastern Mediterranean). *Bull Environ Contam Toxicol* 84(1):125-131.

E

EEA. 2006. European Environment Agency. Priority issues in the Mediterranean environment, Copenhagen, EEA Report No 4, 88 p.

European Commission, 2006. Commission regulation (EC) no.1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union L364-5-L364-24*

F

Flemming C., Trevors T., 1989. Copper toxicity and chemistry in the Environment: A review. *Water Air and Soil Pollution* 44:143-158.

FAO, 1977. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. 3ème partie : Echantillonnage et analyse du matériel biologique. *Doc. Tech. Peche*. RIRI/T 158 ; 113p.

FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products food and agriculture organization fishery circular no. 464.

FAO/UNEP., 1993. Report of the FAO/UNEP/IAEA training workshop on the design of monitoring programmes and management of data concerning chemical contaminants in marine organisms, Athens, 247pp.

FAO, 2002. Fishstate, Problématique de la pêche en Méditerranée. www.fao.org/fishery/species/3208/

Ferdj. Menadi M., 2001. Manuel de description des données MEDIFAUNE.

Findik O., Çiçek E., 2011. Metal Concentrations in Two Bioindicator Fish Species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, Captured from the West Black Sea Coasts (Bartın) of Turkey. *Bull Environ Contam Toxicol* 87:399–403

Fischer, W., Bauchot M.-L., Schneider M., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. *Rome, FAO, Vo1.2: 761-1530*

Fowler S.W., Kullenberg G., 1982. Biological transfer and transport processes. Pollutant transfer and transport in the sea. *CRC press. Boca Raton: 2-65.*

G

Gaspic ZK, Zvonaric T, Vrgoc N, Odzak N, Baric A., 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. *Water Res* 36(20):5023–5028

GESAMP 1990. United national group of expert of the scientific aspects of marin pollution. *Article Premier paragraphe 1(4)*

GESAMP (IMO/FAO/Unesco/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), 1991. Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. *Rep. Stud. GESAMP*, (47):35p.

Giannakopoulou L., Neofitou C., 2014. Heavy metal concentrations in *Mullus barbatus* and *Pagellus erythrinus* in relation to body size, gender, and seasonality. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 14p.

Gonzalez, J. L., Chiffoleau J.F., P. Miramand et Thouvenin B., 1999. Le cadmium: comportement d'un contaminant métallique en estuaire, Programme scientifique Seine Aval, Editions Ifremer, Plouzané, France:31.

Grimes S., 2010. Peuplement benthique des substrats meubles de la côte algérienne. Taxonomie structure et statut écologique. *Thèse doctorat, Université d'Oran*. 260p.

H

Haddou A., 2004. Impact de la contamination marine par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) sur un mollusque la seiche (*Sepia officinalis* L. 1758) peche dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister, université d'Oran*, 109p.

Hashem M.T., 1973. Age growth and maturity of goath fish (*Mullus barbatus*) in Abukir- Rosetta region during 1969-1970. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo*, 3 :163-182.

Hebbar C, Kerfouf A & Boutiba Z, 2012. Contribution à l'étude de la reproduction du rouget barbet de vase *Mullus Barbatulus Barbatulus* (Linné, 1758) de la baie d'Oran (Algérie) *J. Sci. Halieut. Aquat.*, 5:144-151

Hebbar C., 2013:Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans la côte oranaise. *Thèse de doctorat. Université d'Oran*. 258p

Hureau, J.-C., 1986. In Whitehead P.J.P., Bauchot M.-L., Hureau J.-C., Nielsen J., Tortonese E. (eds.). Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. *UNESCO, Paris. Vol. 2*

I

IPCS/INCHEM. 2014a. International Programme on Chemical Safety, World Health Organisation. Environmental Health Criteria 108 Nickel.
<http://incchem.org/documents/ehc/ehc/ehc108.htm#SectionNumber:1.2>

IPCS/INCHEM. 2014b. International Programme on Chemical Safety, World Health Organisation. Environmental Health Criteria 134 cadmium.
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc134.htm>

IPCS/INCHEM. 2014c. International Programme on Chemical Safety, International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 221 ZINC. www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc221.htm#1.1

J

Jukic S., & Piccinentti C., 1981. Quantitative and qualitative characteristics of demersal resources in the Adriatic Sea with some population dynamics estimates. General Fisheries council for the Mediterranean. Report of the second Technical Consultation on Stock Assessment in the Adriatic, Ancona, 18-22. May. FAO Fisheries Report, 253, 73-91.

K

Kargin F., 1996. Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun gulf (turkey) kluwer academic publishers. *water, air, and soil pollution* 90:557-562.

Kontas A. 1012. A case study of trace metals in suspended particulate Matter and biota before waste water treatment Plant from the Izmir Bay,Turkey. *Environ Monit Assess* (2012) 184:2605–2616

L

Labropoulou, M., Machias A., Tsimenides, N., & Eleftheriou, A., 1997. Feeding habits and ontogenetic shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758). *Fishery Research*, 31, 257-267.

Labropoulou, M., Eleftheriou, A. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: Importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*, 50(2), 324-340.

Lalami, T.R., 1971. Contribution à l'étude systématique, biologique, écologique et statistique des poissons de la pêche d'Alger. Pelagos, *Bulletin Institut Océanographique Alger*, 3(4), 1-150.

Layachi M., Melhaoui M., Ramdani M., Srour A. 2007. Etude préliminaire du régime alimentaire du Rouget-barbat (*Mullus barbatus*) de la côte nord-est méditerranéenne du Maroc (Nador) au cours de l'année 2001 (poisson Mullidea). *Bulletin. Institut Sciences, Rabat, section Sciences de la Vie*, 29, 43-51.

Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien). *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, C*, 24, 391p.

Lieuthaud J., 2003. Une mer entre trois continents. La Mediterranean. *Ellips edition Marketing S.A.* 272p.

Lombarte A., Aguirre H., 1997. Quantitative differences in the chemoreceptor systems in the barbels of two species of mullidae (*mullus surmuletus* and *M. barbatus*) with different bottom habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 150(1-3), 57-64.

Lombarte A, Recasens L, González M, Gil de Sola L, 2000. Spatial segregation of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. *Mar Ecol Prog Ser Vol. 206*: 239–249.

Luoma, S. N. 1983. "Bioavailability of trace metals to aquatic organisms – a review." *Sci. Total. Environ.* 28: 1-22.

M

Machias A., Labropoulou M., 2002. Intra-specific variation in resource use by red mullet, *Mullus barbatus*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55,565e578.

Mahé K., Destombes A., Coppin, P., Koubbi F., Vaz S., Le Roy D., Carpentier A., 2005. Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. Rapport de Contrat *IFREMER/CRPME Nord-Pas-de-Calais*, 187p.

Marchand, M. Kantin R., 1997. "Les métaux traces en milieu aquatique." *Océanis* 23(4): 595-629.

Martínez-Gómez C., Fernández B., Benedicto J., Valdés J. , Campillo J.A. León V.M., Vethaak A.D., 2012. Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast ,with special reference to Portmán (SE Spain) *Marine Environmental Research* 77 (2012) 50e59

Maury, R. Engrand P., 1986. Recherches en écotoxicologie expérimentale sur la bioaccumulation et les transferts de mercure dans un système "sédiment-eau-macrophytes". *Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1*: 320.

METAP, 1994. Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algérien. Rapport final, Banque Européenne d'Investissement - Ministère du transport - Direction des Ports ; Algérie : 170 p.

Merbouh N., 1998. Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds (Cd, Cr Cu, Fe, Ni, Zn, Pb) d'un poisson pélagique, la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) pêché dans la baie d'Oran. *Mémoire de Magister, I.S.M.A.L. Alger*, 139p.

Millot C., 1987. Some feature of Algerian curen. Foue. Geophy. Ref. Vol 90,54, 7169-7176p.

Millot C., 1989. La circulation générale en Méditerranée occidentale : Aperçu de nos connaissances et projets d'étude. *Annales de géographie N 459, XXXVIII^e*.

Millot C., Taupier Letage I., 2005. Circulation in the Mediterranean sea. The handbook of environmental chemistry. Vol 1, (The natural environment of biological cycles), *Springer-Verlag editor*.

Montalenti, G. 1937. Maenidae, Mullidae, Sciaenidae, Cepolidae in Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. *Fauna Flora Golfo Napoli*, 38: 383-412.

Mytilineou, C., Politou C.Y., Papaconstantinou C., Kavadas S., D'Onghia G. and Sion L., 2005. Deep-water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. *Belg. J. Zool.*, 135(2):229-233.

O

Olsson,P.E., 1996. Metallothionein in fish: induction and use in environmental monitoring. In: Martínez-Gómez C., Fernández B., Benedicto J., Valdés J. , Campillo J.A. León V.M., Vethaak A.D., 2012. Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast ,with special reference to Portmán (SE Spain) *Marine Environmental Research* 77 (2012) 50e59

OSPAR, 1999. Lignes directrices JAMP de la surveillance continue des contaminants dans le milieu vivant. Commission OSPAR, lignes directrices de la surveillance n° 1999-2, Londres, UK, 54p.

P

Perugini M., Visciano P., Manera M., Zaccaroni A., Olivieri V., Amorena M., 2014. Heavy metal (As, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Se) concentrations in muscle and bone of four commercial fish caught in the central Adriatic Sea, Italy. *Environ. Monit. Assess.* 186:2205–2213.

Perez T., Sartoretto S., Soltan D., Capo S., Fourt M., Dutrieux E.,Vacelet J., Harmelin J.G., Rebouillon P. 2000. Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – *Volet biologique. Rapport Agences de l'Eau, fascicules 1.*

Phillips, D. J. H. et Rainbow P. S. 1994. Biomonitoring of trace aquatic contaminants, *Aldenn Press Ltd, Oxford*.

Phillips D.J.H. 1980. Quantitative aquatic biological indicators. *Applied Science Publishers, London*

PNUE/OMS, 1996. Lignes directrices pour le traitement des effluents avant leur rejet en mer Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 111 UNEP, Athens.

In Environnement littoral et marin Commissariat général au développement durable, mai 2011 • Service de l'observation et des statistiques

PNUE-DEWA/GRID-Europe, 2006. « Dégazages illégaux dans les mers d'Europe. Bulletin d'alerte environnementale », *Bulletin d'alerte environnementale*, n° 7. 4p.

R

Rainbow, P.S., 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 31, 183-192.

Ramade, F., 1993. Discours d'ouverture. In : Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physico-chimiques. 3èmes Rencontres scientifiques de la Côte Bleue. In Boudouresque, C.F., Avon, M., Pergent-Martini, C., *edit.*, *GIS Posidonie, pub.*, 19-30

Ramade F., 2007. Introduction à l'écotoxicologue. *édition LAVOISIER. P 309-317.*

Ramade F. 2011. Introduction à l'écochimie, les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. *Lavoisier. <Tec et Doc>*, 828p.

RFEAS 1990. Réseau francophone sur l'eau et l'assainissement. Les types de polluant : fiche d'information

Roméo M., Gnassia-Barelli M., Juhel T., Meinesz A., 1995. Memorization of heavy metals by scales of the seagrass *Posidonia oceanica*, collected in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 120(1-3), 211-218.

Roméo M., Gnassia-Barelli M., 1995. Metal distribution in different tissues and in subcellular fractions of the Mediterranean clam *Ruditapes decussatus* treated with cadmium, copper or zinc. *Comparative Biochemistry and Physiology* 111C (3), 457-463.

Rouane-Hacen O., 2013. Biosurveillance de la qualité des cotières du littoral occidental algérien par le suivi des indices, de la biodisponibilité et de la bioaccumulation des métaux lourds (Z, Cu, Pb, Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Thèse de doctorat. Université d'Oran*. 249p+annexes

Ruiz-Pino, D. P., Jeandel C., Berthoux J. P. et Minster J. F., 1990. "Are the trace metal cycles balanced in the Mediterranean Sea" *Global and Planetary Change* 2(3-4): 369-388.1991)

Ruiz-Pino, D. P., Lambert C. E., Jeandel C. et Buat-Menard P., 1990. "Modelling the biogenic transport of atmospheric particles in the Mediterranean Sea." *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 89(1-2): 47-64.

Ruiz-Pino, D. P., Nicolas E., Bethoux J. P. et Lambert C. E., 1991. "Zinc budget in the Mediterranean Sea: A hypothesis for non steady-state behavior." *Mar. Chem.* 33(1-2): 145-169.

S

Simkiss, K., Taylor M., Mason A. Z. 1982. "Metal detoxification and bioaccumulation in molluscs." *Mar. Biol. Letters* 3: 197-201.

Suau P., Larranetta M.G., 1964. El salmonete de fango del levante espanol. publ. Tec. Dir. Gen. pesca. marit. madri., (3) 175-84. In Père O., 1983. Etudes et revues N 59, les ressources halieutiques de méditerranée. Première partie : méditerranée occidentale. Conseil général des pêches pour la méditerranée.

Sunda, W. G. et Huntsman S. A. 1998. "Processes regulating cellular metal accumulation and physiological effects: Phytoplankton as model systems." *The Science of the Total Environment* 219: 165-181.

Suquet, M., Person Le ruyet, J., 2001. Les rougets barbets (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Ifremer éditions, 4p.

T

Taupier-Letage I., Millot C., 1988. Surface circulation of Algerian Basin during 1984. *Oceanologica acta* N°5 P:79-85.

Templeton D., Ariese F., Cornelis R., 2000. IUPAC guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements: Definitions, structural aspects and methodological approaches. *Pure and Applied Chemistry* 72(1453-1470).

Tepe Y., Türkmen M. Türkmen A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environ Monit. Assess.* 146:277-284

Tran, D., A. Boudou et J. C. Massabuau ,2002. "Relationship between feeding-induced ventilatory activity and bioaccumulation of dissolved and algal-bound cadmium in the asiatic clam *Corbicula fluminea*." *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 327-333.

Town R. , Filella M., 2000. A comprehensive systematic compilation of complexation parameters reported for trace metals in natural waters. *Aquatic Sciences* 62(3):252-295.

TINTHOIN R., 1945, Les aspects physiques du tell Oranie, *Thèse doct.* L.Fouque, p.437-447.

U

UNEP/WHO, 2003. Second Report on the pollution hot spots in the Mediterranean-Part II-Revised Country Reports. Meeting of the MED POL National Coordinators, Sangemini Italy, 27-30 May 2003. *UNEP (DEC) MED WG.231/5b*.

UNEP/MAP/MED POL: Riverine Transport of Water, Sediments and Pollutants to the Mediterranean Sea. *MAP Technical Reports Series No. 141, UNEP/MAP, Athens, 2003*.

UNEP/MAP/WHO, 1999. Identification of priority pollution hot spots and sensitive areas in the Mediterranean. *MAP Technical Report Series No 124, pp. 86*.

UNEP, 2010. United nations environment programme. Chemicals Branch, DTIE. *Final review of scientific information on lead*

Usero, J., Morillo, J., Gracia, I., 2005. Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere 59, 1175-1181*.

US Environmental Protection Agency, 1999. 33/50 Program – The final Record. EPA-745-R99-004, *Office of Pollution Prevention and Toxics, Agency (7408), 1-38*.

V

Viarengo 1994 in Lagadic L. CAQUET T., AMIARD J.C., RAMADE F. 1998. Utilisation des bio marqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. *TEC DOC. Ed : Lavoisier. Paris, p. 299-307*

Voliani, A., Abella, A., & Auteri, R., 1998. Some considerations on the growth performance of *Mullus barbatus*. ARPAT. GEA Gestione della fauna ittica, ecosistemi marini. E acquacoltura, via dell'ambrogiana 2, 57127 Livorno, Italy. *Cahiers Option Méditerranéenne, 35, 98-106*.

Voliani A., 1999. *Mullus barbatus*. In : Relini G., Bertrand J.A., Zamboni A., eds Synthesis of knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biopl. Mar. Medit. 6(1) 276-291*.

Vassilopoulou, V., & Papaconstantinou, C., 1992. Aspects of the biology and dynamics of red mullet (*Mullus barbatus*) in the Aegean Sea. *National Center for Marine Research, Athens, Greece, 115-126*.

Vrantzas, N., Kalagia, M., & Karlou, C., 1992. Age, growth and state of stock of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) in the Saronikos gulf of Greece. Annex

4 to: Fourth session of the technical consultation on stock assessment in the Eastern Mediterranean. Thessaloniki, Greece, 7-10 October 1991. *FAO Fisheries Report*, 477, 51-67.

W

Wang, W.-X. et Fisher N. S. 1997. "Modeling the influence of body size on trace element accumulation in the mussel *Mytilus edulis*." *Mar. Ecol. Prog. Ser* 161: 103-115.

Wang, W.-X. et Fisher N. S. 1998. "Excretion of trace elements by marine copepods and their bioavailability to diatoms." *Journal of Marine Research* 56: 713-729.

Wang, W.-X., Fisher N. S. et Luoma S. N. 1995. "Assimilation of trace elements ingested by the mussel *Mytilus edulis*: Effects of algal food abundance." *Mar. Ecol. Prog. Ser* 129: 165-176.

WHO (2003) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants, Sixty-First Meeting. Summary and Conclusions. Available from: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa61sc.pdf>

Widianarko, B., Van Gestel C. A. M., Verweij R. A., Van Straalen, N. M., 2000. Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 101-107.

[illegible]

Résumé

Notre travail a porté sur l'évaluation de la contamination métallique par le Cd, Ni et le Zn, du rouget de vase *Mullus barbatus* (L. 1758), pêché au niveau de la baie d'Oran et celle des Béni saf. Ce poisson benthique est recommandé par la FAO-UNEP comme bioindicateur de la contamination marine. L'échantillonnage s'est étalé sur trois saisons. L'analyse des métaux lourds a porté sur les femelles réparties en deux classes de taille. Trois organes ont été prélevés, Le muscle (partie comestible), le foie (organe de détoxification et de stockage) et les gonades (organe de reproduction). De cette étude il en ressort que tous les organes de *Mullus barbatus* bio accumulent tout les contaminants métalliques recherchés à des degrés différents. Les concentrations les plus élevées sont celles du Zn suivi par celles du Cd et du Ni. Les concentrations les plus élevées en Zn sont retrouvées au niveau des gonades, suivies par celles du foie, puis celles du muscle. Les concentrations en Cd des organes du rouget varient en fonction des saisons, ainsi le printemps enregistre les concentrations les plus importantes. Les deux régions d'échantillonnage sont soumises à des sources de pollutions différentes, la contamination métallique est un fait, néanmoins les résultats obtenus n'ont pas permis de juger entre le niveau de la contamination du poisson des deux zones.

Mots clés :

Mullus Barbatus; Rouget de vase; Métaux Lourds; Contamination; Pollution; Baie d'Oran, Baie De Béni Saf; Cadmium, Nickel, Zinc.