



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE Abdelhamid Ibn Badis

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie

Spécialité : Bioressources Marine

Mémoire de fin d'études

Présentée par : **CHEBAHI ABDERRAHMANE**

Master en hydrobiologie marine et continentale

Thème

**Contribution à l'étude de la contamination
par les métaux lourds chez deux organismes
marins (*Ulva lactuca* et *Mullus barbatus*) au
niveau du littoral de Mostaganem**

Président : **Benzidane Dehiba** MCB Université Mostaganem

Examinatrice : **Billami Malika** MAA Université Mostaganem

Promoteur : **Borsali Sofia** MCA Université Mostaganem

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

*J'aimerais en premier lieu remercier **Mon dieu Allah** qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.*

Au terme de ce travail, je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont permis de finaliser mon mémoire et de mettre à jour, ainsi qu'à l'ensemble des professeurs spécialement :

*Mme **BORSALI Sofia**, mon encadreur qui m'a fait part de ses réflexions et ses conseils profitables, sa vision complémentaire surtout indispensable m'a permis de faire évoluer ce travail.*

*C'est un grand honneur que me fait Mme **BENZIDANE Dehiba** en acceptant la présidence du jury malgré ces préoccupations. Je tiens à lui exprimer mes vifs et respectueux remerciements*

*J'adresse mes remerciements à Mme **BILLAMI Malika** pour avoir bien voulu participer et examiner ce travail.*

Je remercie ma mère, mes frères, et mes sœurs pour leurs encouragements

Enfin, je remerciements s'adressent à toutes les personnes qui sont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

DÉDICACES

*Je dédie ce travail à ma mère, mon père et
tous mes frères*

*Je le dédie aussi à toute la famille CHEBAHI petits et grands. Un grand
merci à toutes mes amies -chacune avec son nom avec qui j'ai passé
d'inoubliables moments.*

Et à toute personne qui m'a encouragé durant mon parcours.

*A tous mes camarades de biologie et surtout de master 2 Bioressources
marines 2022*

Résumé

L'objectif de notre présente étude est une contribution à évaluer l'état de la pollution marine du littoral de Mostaganem par les métaux lourds en se basant sur trois éléments trace (Cu, Cd et Pb) tout en utilisant deux espèces bioindicatrice animale et végétale il s'agit d'un poisson osseux *Mullus barbatus* Et l'algue *Ulva lactuca* collecté en deux reprises au niveau de la Crique salamandre le 25/03/2022 et le 18/05/2022.

Ces deux espèces reflètent la qualité de leurs habitats en tant qu'espèce commune des eaux côtières algériennes et bien apprécié par une forte population ichtyophage d'où l'importance de situer la période de ponte et de déterminer la sex-ratio. L'échantillonnage mensuel s'est étalé sur une période de trois mois : mars, avril et mai 2022. Vu leur importance, le muscle et les glandes à savoir (le foie et les gonades) ont été ciblés. Les concentrations en métaux ont été déterminées après minéralisation par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique à flamme en fonction de deux paramètres (sexe, mois). Il ressort de cette étude, que le Rouget (*M. barbatus*) renferme les trois polluants métalliques recherchés. La plus forte valeur est celle du cuivre, le plomb suivi du cadmium, qui sont à des concentrations plus au moins importantes. Les glandes se présentent comme les organes préférentiels en raison de leurs rôle clef dans les différents processus métabolique.

Le suivi mensuel de l'évolution du rapport gonado-somatique (R.G.S), du rapport hépato-somatique (R.H.S) révèle que la période de ponte se situe au début d'avril. La sex-ratio totale est en faveur des femelles.

Concernant l'*Ulva lactuca*, elle présente des teneurs très élevée pour les deux métaux plomb et cuivre et une valeur très faible pour le cadmium. Ces teneurs différents selon la période d'échantillonnage et le cycle de vie de l'espèce.

Mots clés : pollution marine, baie de Mostaganem, métaux lourds (Cd, Cu, Pb), *Mullus barbatus*, *Ulva lactuca*, RGS, RHS, sex-ratio.

Abstract

This study aims to contribute to the assessment of the marine pollution situation in the coast of Wilaya of Mostaganem with heavy metals based on three scarce elements: copper, cadmium and lead using two types of animal and plant biomarkers, the first type of great fish "*Mullus barbatus*" and the second type of marine algae "*Ulva lactuca*" collected in two stages from Salamander Bay in Mostaganem : the first stage on 25/05/2022 and the second stage on 18/05/2022

These two species reflect the quality of their habitats as a common species in the Algerian coastal waters and preferred by a large percentage of fish-feeding organisms, hence the importance of determining their breeding season and sex ratio. The monthly sampling period extends about three months: March, April, and May 2022, and due to their importance, we focused on the muscle and glands specifically (liver and gonads), and the mineral concentrates were determined after metallization with atomic absorption spectroscopy according to two criteria: sex and month. This study shows that the *Mullus barbatus* fish contains the three studied metals, copper occupies the highest percentage, followed by lead and finally cadmium in fairly significant concentrations. Glands are considered preferential organs due to their key role in various metabolic processes.

Monthly monitoring of the somatic gonadal index RGS and average body weight RHS reveals that the breeding season of fish falls on the beginning of April, and the overall sex ratio is in favor of female fish.

With regard to *Ulva lactuca*, very high levels for the two metals represent lead and copper, and another very low for cadmium. These equalizations are different relative to the duration of the sample and the life cycle of the variety.

Keywords: marine pollution, Mostaganem aquarium, heavy metals (copper, cadmium, lead), *Mullus barbatus*, *Ulva lactuca*, RGS, RHS, sex ratio.

الملخص

تهدف دراستنا هذه إلى المساهمة في تقييم وضعية التلوث البحري في ساحل ولاية مستغانم بالمعادن الثقيلة استنادا إلى ثلاثة عناصر شحيحة وهي: النحاس، والكاديوم، والرصاص باستخدام صنفين من المؤشرات الحيوية الحيوانية والنباتية، الصنف الأول من الأسماك العظيمة " Mullus barbatus" والصنف الثاني من الطحالب البحرية "Ulva lactuca" وقد جُمعت على مرحلتين من خليج "صالامندر" بمستغانم : المرحلة الأولى بتاريخ 25/03/2022 و المرحلة الثانية بتاريخ 18/05/2022.

يعكس هذين الصنفين جودة موائها كصنف شائع في المياه الساحلية الجزائرية والمفضلة لدى نسبة كبيرة من الكائنات التي تتغذى على الأسماك، ومن هنا تظهر أهمية تحديد موسم تكاثرهم ونسبة الجنس. تمتد فترة أخذ العينات الشهرية حوالي ثلاثة أشهر: مارس، وأفريل، وماي سنة 2022م، ونظراً لأهميتهم ركزنا على العضلة والغدد على وجه التحديد (الكبد والغدد التناسلية)، وقد حُددت المركبات المعدنية بعد التعدن بلهب مطيافية الامتصاص الذري وفقاً لمعيارين هما: الجنس والشهر. وتبين هذه الدراسة أن Mullus barbatus يحتوي على المعادن الثلاث المدروسة، فيحتل النحاس النسبة الأعلى، ثم يأتي بعده الرصاص وأخيرا الكاديوم بتركيزات مهمة إلى حد ما. تعتبر الغدد الأعضاء التفضيلية بسبب دورهم المفتاحي في مختلف العمليات الاستقلابية.

تكشف المتابعة الشهرية لمؤشر الغدد التناسلية الجسدية RGS و متوسط وزن الجسم RHS أن موسم تكاثر الأسماك يقع في بداية أفريل، ونسبة الجنس الكلية لصالح الإناث من الأسماك. فيما يتعلق بUlva lactuca، تمثل مستويات عالية للغاية بالنسبة للمعدنين الرصاص والنحاس، وآخر منخفض للغاية بالنسبة إلى الكاديوم. هذه المتسويات مختلفة بالنسبة إلى مدة العينة ودورة حياة الصنف.

الكلمات المفتاحية: التلوث البحري، حوض مستغانم، معادن ثقيلة (نحاس، كاديوم، رصاص)،
RHS، RGS، Ulva lactuca، Mullus barbatus، نسبة الجنس.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Caractéristiques physicochimiques des principaux métaux lourds	6
Tableau 02 : Caractéristiques du cadmium	9
Tableau 03 : Caractéristiques du cuivre	10
Tableau 04 : Caractéristiques du plomb	10
Tableau 05 : La classification du rouget barbet de vase (<i>Mullus barbatus</i>).	17
Tableau 06 : Différences biologiques et écologiques entre <i>Mullus barbatus</i> et <i>M.surmuletus</i>	20
Tableau 07 : Classification de l'algue verte <i>Ulva lactuca</i>	25
Tableau 08 : sex-ratio mensuelle de <i>Mullus barbatus</i>	46
Tableau 09 : sex-ratio globale du <i>Mullus barbatus</i>	46
Tableau 10 : teneurs moyens de RGS et RHS du <i>Mullus barbatus</i>	47
Tableau 11 : Les teneurs moyennes de Plomb en $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i> .	49
Tableau 12 : les teneurs moyennes de Cuivre en $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i>	50
Tableau 13 : les teneurs moyennes de Cadmium en $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i> .	51
Tableau 14 : les teneurs des 3 métaux étudiées en $\mu\text{g/g}$ chez <i>Ulva lactuca</i>	52

Liste des figures

Figure 01 : Interactions subies par les métaux au cours de leur transport en milieu aquatique	7
Figure 02 : Image satellite de la côte Mostaganem Google Earth.	12
Figure 03 : Le Rouget de vase <i>Mullus barbatus</i> (photo personnelle).	15
Figure 04 : Rouget de vase <i>Mullus barbatus</i> (photo personnelle).	16
Figure 05 : La morphologie de <i>Mullus barbatus</i> L, 1758	18
Figure 06 : Différences morphologiques entre le rouget de roche et le rouget de vase	19
Figure 07 : Répartition géographique de <i>Mullus barbatus</i>	21
Figure 08 : l'algue <i>Ulva lactuca</i> (photo personnelle)	25
Figure 9 : Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte <i>Ulva lactuca</i>	26
Figure 10 : vue satellitaire de la baie d'Arzew (Google Maps)	30
Figure 11 : a et b mensuration et pesées de l'espèce <i>Mullus barbatus</i> (photo personnelle)	36
Figure 12 : Synoptique du protocole d'échantillonnage de <i>Mullus barbatus</i> .	38
Figure 13 : Synoptique du protocole de minéralisation	41
Figure 14 : Minéralisats (Univ.Aboubakr belkaid.Tlem)	41
Figure 15 : image satellite par Google Earth de la crique Mostaganem	43
Figure 16 : l'algue <i>Ulva lactuca</i> état vivante (photo personnelle)	44
Figure 17 : l'algue <i>Ulva lactuca</i> après la collecte (photo personnelle)	44
Figure 18 : l'algue <i>Ulva lactuca</i> après le séchage (photo personnelle)	45
Figure 19 : variation de la sex-ratio mensuelle	46
Figure 20 : Variation globale de la sex-ratio	47

Figure 21 : A. évolution mensuelle du RGS et RHS chez les <i>Mullus barbatus</i> mâles.	48
- B. Évolution mensuelle du RGS et RHS chez les <i>Mullus barbatus</i> femelles.	
Figure 22 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Plomb $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i>	49
Figure 23 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Cuivre $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i> .	50
Figure 24 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Cadmium $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de <i>Mullus barbatus</i> .	51
Figure 25 : Teneurs des métaux lourds en $\mu\text{g/g}$ chez <i>Ulva lactuca</i>	52

Liste des abréviations

Cu	: Le cuivre
Pb	: Le plomb
Cd	: Le cadmium
Zn	: Zinc
Hg	: Mercure
Ca	: Calcium
Fe	: Le fer
Ni	: Nickel
Co	: Cobalt
Mo	: Molybdène
Mn	: Manganèse
Cr	: Chrome
Ti	: Titane
Sb	: Antimoine
Km	: Kilomètre
M³	: Mètre cube
Cm	: Centimètre
Mm	: Millimètre
G	: Gramme
Na	: Sodium
Mg	: Magnésium
Nacl	: Le chlorure de sodium
Ar	: Masse atomique
DCB	: Les polychlorobiphényles
ZET	: Zone d'expansion touristique
FAO	: L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
POP	: Polluants organiques persistants
SAAAF	: La spectrométrie d'absorption atomique a flamme
M/S	: Mètre par seconde
Ppm/Ps	: Partie par million / poids sec
µg/g	: Microgramme par grammes
Lt	: Longueur totale
Lf	: Longueur a la fourche
RGS	: Rapport Gonado-somatique
RHS	: Rapport Hepato-somatique

Résumé	
Listes des tableaux	
Listes des abréviations	
Listes des figures	

SOMMAIRE

Introduction générale	1
-----------------------	---

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

1. Introduction	3
2. Définition	4
3. Classification des métaux lourds	4
3.1. Les métaux essentiels	4
3.2. Les métaux toxiques	5
4. Origine des métaux lourds	5
4.1. Les sources naturelles	5
4.2. Les sources anthropiques	5
5. Caractéristiques physico-chimiques des métaux lourds	5
6. Les métaux lourds dans le milieu marin	6
7. La toxicité des métaux lourds	8
8. Présentation des métaux étudiés	8
8.1. Le cadmium	8
8.1.1. Présentation	8
8.1.2. Utilisations	9
8.2. Le Cuivre	9
8.2.1. Présentation	9
8.2.2. Utilisations	9
8.3. Le Plomb	10
8.3.1. Présentation	10
8.3.2. Utilisations	10
9. Pollution marine en Méditerranée	11
9.1. La pollution marine en Algérie	11
9.2. La wilaya de Mostaganem	11
9.2.1. Présentation (Direction des Systèmes d'Information 2020)	11
9.2.2. La pollution côtière à Mostaganem	12
9.2.2.1. Pollutions marine d'origine tellurique	13
9.2.2.2. Pollution marine d'origine pélagique	13
9.3. Pollution chimique	14
9.4. Pollution par les rejets industriels	14
9.5. Pollution thermique	14

Chapitre 2 : Généralités sur le *Mullus barbatus*

1. Présentation de l'espèce	15
2. Description de l'espèce	15
3. Position systématique du rouget barbet de vase	16
4. Caractéristiques de l'espèce	18
5. Espèces ressemblantes	19
6. Répartition géographique, habitat et migration	20
6.1. Répartition	20
6.2. Habitat	20
6.3. Migration	21
7. Biologie du rouget de vase <i>Mullus barbatus</i>	21
7.1. Croissance	21
7.2. Reproduction	22
7.3. Régime alimentaire	22

Chapitre 3 : généralités sur les algues

1. Les algues marines	23
2. Les macro-algues	23
2.1. Les algues vertes	24
2.2. La macro algue verte <i>Ulva lactuca</i>	24
2.2.1. Généralités	24
2.2.2. Description de <i>Ulva lactuca</i>	25
2.2.3. Habitat et Distribution	26
2.2.4. Reproduction	27
3. Les algues comme bio indicateurs	28
4. Les algues source de biomarqueurs écologiques	29

Chapitre 4 : Zone d'étude la baie de Mostaganem

1. Présentation du littoral de Mostaganem : situation et limites	30
2. Climatologie de la région de Mostaganem	31
2.1. Température	31
2.2. Hydrodynamisme	31
2.3. Précipitation	32
2.4. La salinité	32
2.5. Les vents	32
3. Richesses de la côte maritime	32
4. Les cours d'eau	33

Partie II : Synthèse pratique

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Introduction	34
-----------------	----

2. Le choix des polluants	34
3. Protocole de collecte du matériel biologique	35
4. Technique d'étude	36
4.1. Mensuration et pesées du matériel biologique	36
4.2. Choix et nettoyage des instruments	36
4.3. Etude de la sex-ratio	37
4.4. Etude de la période de reproduction chez le <i>Mullus barbatus</i>	38
4.4.1. Le rapport Gonado-Somatique (RGS)	38
4.4.2. Le rapport Hépat-Somatique (RHS)	39
5. Analyse Chimique	39
5.1. Minéralisation de la matière organique	39
5.2. Le Principe	40
6. Dosage des métaux lourds par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique avec flamme	42
7. Valorisation <i>Ulva lactuca</i>	43
7.1. Cadre physique	43
7.2. Echantillonnage des algues	43
7.3. Le séchage et brouillage	44
7.4. Extraction des métaux lourds dans les plantes marines	45

Chapitre 02 : Résultats et discussion

1. Sex-ratio	46
1.1. Variation mensuelle de la Sex-ratio	46
1.2. Sex-ratio globale	46
2. Variations mensuelles du rapport Gonado et Hépat Somatique (RGS et RHS)	47
3. Dosage des métaux lourds chez <i>Mullus barbatus</i>	49
3.1. Plomb	49
3.2. Cuivre	50
3.3. Cadmium	51
4. Dosage des métaux lourds chez <i>Ulva lactuca</i>	52
5. Comparaison des teneurs	53
6. Discussion	53
Conclusion	56
Références bibliographiques	58

Introduction

Générale

Introduction générale

Les mers et les océans présentent des habitats qui sont, du point de vue biologique, riches et extrêmement variés, allant des eaux côtières peu profondes aux fosses abyssales, représentant ainsi un important réservoir de biodiversité indispensable au bien-être des humains, soit directement comme ressources renouvelables à valeur marchande, soit indirectement pour maintenir le fonctionnement et la viabilité des écosystèmes marins. La zone méditerranéenne a été classée par le **PNUE (1990)** comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves, alors que la mer méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées par la pollution marine.

La contamination des écosystèmes aquatiques par des substances étrangères et en particulier par les métaux lourds demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant. Utilisés dans la plupart des procédés industriels, ces substances toxiques sont ensuite rejetées via les effluents dans le milieu récepteur souvent sans traitement préalable. En effet, les activités anthropiques sont les principales responsables de la dégradation de la qualité des écosystèmes. Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. (**Journal.Malika Kacemi, Dec, 2011**).

Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en général, nous signalons des métaux lourds comme le plomb et le cadmium qui sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels, et d'autres non toxiques (Cu, Zn, ...) le deviennent vu leur pouvoir bio-accumulateur et leur rémanence dans le milieu aquatique et notamment dans les sédiments compte tenu de leur non dégradation biologique.

La plupart des grands groupes biologiques ont été utilisés pour caractériser et surveiller le milieu marin comme les algues et les poissons. Ainsi les poissons sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques. Des analyses toxicologiques sont faites sur des organes accumulateurs potentiels (branchies, foie, muscles...) des métaux lourds en vue de déterminer les

concentrations des contaminants présumés, lesquelles rapportées à des valeurs de référence indiquent le risque sanitaire pour l'homme (**Adams, 2002**).

Notre étude sur la baie de Mostaganem, nous oriente vers une pollution permanente dont l'origine est connue.

L'objectif de notre étude est visé principalement à l'évaluation de la pollution métallique au niveau de la baie de Mostaganem spécifiquement pour trois métaux : Cadmium, Plomb et le Cuivre par l'utilisation de deux espèces sentinelle animale et végétale, il s'agit du poisson rouget de vase *Mullus barbatus* et l'algue verte *Ulva lactuca*.

Notre document est structuré en deux grandes parties :

Partie 01 : présente une synthèse bibliographique, se dévise en quatre chapitres :

- Chapitre 01 : généralités sur la pollution par les métaux lourds.
- Chapitre 02 : sera spécifique à la présentation de notre matériel biologique le rouget de vase *Mullus barbatus*.
- Chapitre 03 : généralité sur les algues et l'algue *Ulva lactuca*.
- Chapitre 04 : présentation des caractéristiques de la zone d'étude.

Partie 02 : synthèse pratique, deux chapitres :

- Chapitre 01 : est consacré à la partie pratique de notre travail
- Chapitre 02 : présentera l'ensemble des résultats obtenus et leurs interprétations.

Notre travail sera achevé par une conclusion générale qui rassemblera l'essentiel de nos résultats.

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

1. Introduction :

Le milieu aquatique représente un enjeu considérable, en termes de développement socio-économique, il correspond à un espace d'activités intenses (industrielles, agricoles, domestiques etc...) et constitue de ce fait, le réceptacle de quantités importantes de substances d'origine naturelles ou anthropiques dont un grand nombre possède des propriétés toxiques (**Marchand, 1989 ; Benguedda-rahhal, 2012**). Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en générale, nous signalons les métaux lourds comme le plomb, le cadmium, le mercure, l'arsenic, et l'argent qui sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans le secteur industriel (**Hlavay et al.2001**). Leur nocivité est liée à leur rémanence et à leur spéciation.

Les métaux lourds sont peu métabolisés à l'inverse des polluants organiques (**Duquesne, 1992**). Les métaux lourds présents dans l'eau et les sédiments sont absorbés par les plantes et les animaux aquatiques, le dépassement d'une quantité donnée dans ces organismes provoque leur accumulation et passent à travers la chaîne trophique. Ils peuvent atteindre des concentrations qui altèrent la survie de certaines populations naturelles (**Benguedda-rahhal, 2012**). Au cours de leur métabolisme, ces éléments peuvent se transformer, et devenir dangereux pour la santé humaine en provoquant des effets perturbateurs sur le système nerveux, la circulation sanguine, le système immunitaire et la reproduction (**Loez et al., 1998 ; Kalia et Flora,2005**).

Les métaux lourds sont naturellement présents mais en quantités très faibles dans les sols, l'eau et l'air et ne sont pas biodégradables. Ils s'introduisent dans l'environnement de diverses façons : extraction minière, utilisation de combustibles fossiles, comme le charbon, combustion de déchets, feux de forêt, fumée de cigarette. Certains métaux sont indispensables aux organismes vivants, d'autres, par contre, ne sont pas essentiels. La toxicité de certains de ces métaux non essentiels, dont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), et le mercure (Hg), est reconnue, même à de très faibles concentrations. Cette toxicité est renforcée par un phénomène de concentration dans l'organisme qu'on appelle bioaccumulation. Dans plusieurs études menées sur des

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

Travailleurs, l'exposition aux métaux lourds dans l'air a été associée à une augmentation de la mortalité causée par le cancer du poumon (**CIRC, 2006**).

2. Définition :

Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm³ et qui possèdent un numéro atomique élevé. Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles et ne sont pas biodégradables. On dit que les métaux sont présents en « quantités traces » car ils représentent 0,6 % (en masse) du total des constituants de la croûte terrestre (**Blum, 1990**) et représentent aussi « la trace » du passé géologique et de l'activité anthropique.

Le terme de métal lourd est souvent appliqué à tort à des éléments en raison de leur toxicité. En effet, certains métaux toxiques sont déclarés métaux lourds alors qu'ils sont des métalloïdes (arsenic). De plus, il existe des métaux lourds qui sont indispensables aux organismes vivants ; d'autres, par contre, ne sont pas essentiels. La toxicité de certains des métaux non essentiels est reconnue, même à de très faibles concentrations (Cd, Pb, Hg) (**Blum, 1990**), alors que les métaux essentiels (calcium (Ca), zinc (Zn), cuivre (Cu)) peuvent également devenir dangereux dès que leur concentration dans l'organisme dépasse un certain seuil (**Baize, 1997**).

3. Classification des métaux lourds :

3.1. Les métaux essentiels :

Sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les Tissus biologiques (LOUE, 1993). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la Concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), Du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. (**KABATAPENDIAS A., et PENDIAS H., 2001**).

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

3.2. Les métaux toxiques :

Ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**BEHANZIN G.J., et al 2014**).

4. Origine des métaux lourds :

4.1. Les sources naturelles :

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (**BOURRELIER et BERTHELIN, 1998**).

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (**AFNOR ,1988**).

4.2. Les sources anthropiques :

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (**WEISS, D. et al 1999**).

5. Caractéristiques physico-chimiques des métaux lourds :

Les métaux lourds possèdent les propriétés physiques générales des métaux (bonne conductivité thermique et électrique). Ils sont fortement électropositifs et donnent par perte d'électrons des cations métalliques de charge variable. Ces cations métalliques, qui présentent à la fois des densités de charge élevées et un caractère électrophile, peuvent former avec des ligands des liaisons ioniques, covalentes ou intermédiaires. Le tableau 1 donne les caractéristiques physicochimiques des principaux métaux lourds (**Belabed, 2010**).

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

Tableau 1 : Caractéristiques physicochimiques des principaux métaux lourds.

Métaux lourds	Caractéristiques physicochimiques	Références
Cadmium	Elément chimique qui appartenant à la famille des métaux lourds. Il est un métal bleuté, mou et malléable, il présente une grande résistance à L'oxydation et une bonne ductibilité électrique.	(Bauda, 1986).
Plomb	Elément métallique de couleur gris bleuâtre, de numéro atomique 82, peu ou rarement disponible à l'état natif, il est présent dans de nombreux minerais, Il existe sous trois formes essentielles : le plomb dissous (PbCO ₃ , PbCl ₂ ou PbCl ⁺), le plomb colloïdal et le plomb particulaire avec deux états D'oxydation 2+ et 4+.	(Belabed, 2010 ; Adli, 2016).
Cuivre	Elément chimique de numéro atomique Z = 29. C'est un métal rougeâtre, malléable et ductile, de conductivités thermique et électrique élevée. Il résiste à l'air et à l'eau mais se patine lentement en présence de carbonate. Il est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais Oxydés ou sulfurés.	(Serpaud et al., 1994 ; Chebira, 2008).

6. Les métaux lourds dans le milieu marin :

Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm³, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité. Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. (Belanger, David, 2007)

Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : Mercure, Plomb, Cadmium, Cuivre, Arsenic, Nickel, Zinc, Cobalt, Manganèse. Les

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

plus toxiques d'entre eux sont le Plomb, le Cadmium et le Mercure. L'origine des métaux présents dans le milieu marin est double. Naturellement présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols (**Lacoue-Labarthe,2009**). D'autre part, la contribution d'origine anthropique issue des rejets industriels et domestiques, l'activité minière et les eaux d'écoulement contaminées par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture sont autant de sources ayant contribué à l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans le milieu marin et surtout en zone côtière (**Belanger, David2007**).

Les métaux lourds présents dans l'eau et dans les sédiments sont absorbés par les plantes et les animaux marins, le dépassement d'une quantité donnée dans ces espèces provoque leur accumulation dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire. Ils peuvent atteindre des concentrations menaçant la survie de certaines populations naturelles et présenter des dangers pour le consommateur de produits marins du fait de leur possibilité de concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique. Déjà dans les années 50, leurs effets hautement nocifs ont été mis en évidence suite à l'intoxication mortelle survenue à Minamata au Japon. Les habitants avaient mangé du poisson contaminé par des rejets Mercuriels d'une usine située à proximité. Cette maladie s'est ensuite propagée à toute la jeune génération par le lait maternel. (**Jica, Matet, Onned.2008**).

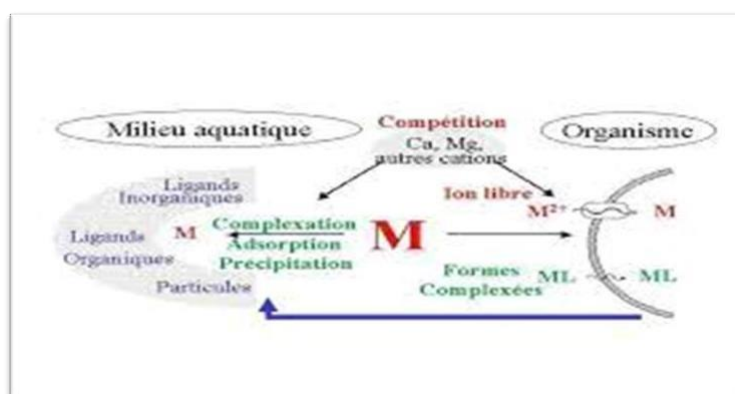


Figure 01 : Interactions subies par les métaux au cours de leur transport en milieu aquatique (**Gilbin, 2002 adapte de Turner et Tessier, 1995**).

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

7. La toxicité des métaux lourds :

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut enchaîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (**Ramade, 2000**).

Les composés métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau) (**Chiffolleau et al., 2001**).

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du molybdène (Mo) du manganèse (Mn), du chrome (Cr), du titane (Ti) etc.... D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (**CASAS, 2005**).

8. Présentation des métaux étudiés :

8.1. Le Cadmium :

8.1.1. Présentation :

Le Cd est un métal blanc argenté ayant des propriétés physiques proches de celles du Zn (**Sarkar et al., 2002**). On rencontre en général le Cd à l'état de sulfure et il est souvent présent comme impureté dans le minerai de Zn appelé sphalérite (**Lymburner, 1974**).

Le Cd est utilisé dans la fabrication des piles (nickel-Cd), dans la préparation par galvanisation de couches protectrices de fer (Fe) bien malléables mais résistantes à la corrosion ainsi que dans les composés d'alliages. De plus, on utilise les composés de Cd comme pigments de peintures résistants à de hautes températures (**Bjiefert et Perraud, 2004**).

Dans l'environnement, le Cd provient pour la plus grande partie des usines élaborant ou traitant les métaux et des unités d'incinération de déchets. Il parvient dans le sol par

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

le processus de déposition par les engrais qui en contiennent et par les boues d'épuration. Il parvient dans les eaux avant tout par dépôt à partir de l'air, mais aussi par les eaux de précipitation et par l'eau de ruissellement de décharges d'ordures.

8.1.2. Utilisations :

Le cadmium est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surface aciers (revêtements anticorrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchouteriez. (IFREMER, 2001).

Tableau 02 : Caractéristiques du cadmium (Rodier, 1996)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g /cm ³)
Cadmium	Du grec kadmia, (=terre)	Cd	1817	48	112.4	8.7

8.2. Le Cuivre :

8.2.1. Présentation :

Le cuivre est extrait d'une grande variété de minerais d'une teneur (165) de 0,7 à 2 %. De nombreux autres éléments métalliques (Fe, Ni, Zn, Pb, Co.) sont souvent associés au cuivre. Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine.

8.2.2 Utilisations :

L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire. Cet élément est aussi utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides).

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

Tableau 03 : Caractéristiques du cuivre (Rodier, 1996)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g /cm³)
Cuivre	De cyprium, ancien nom de l'île de Chypre	Cu	/	29	63.54	8.96

8.3 Le Plomb :

8.3.1 Présentation :

Le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais mais aussi à de nombreux autres éléments : Fe, Cu, Cd, As, Ag, Au, qui sont en grande partie (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Le principal minerai de plomb est la galène (PbS), très souvent associée à la blende et la pyrite.

8.3.2 Utilisations :

Le plomb a été employé depuis l'antiquité en raison de sa grande malléabilité et ductilité, sa résistance à la corrosion (en milieu non acide dans l'air et le sol) et en raison de son bas point de fusion, notamment pour la réalisation de conduites d'eau potable (voir plomberie), de vaisselle, de plaques de toiture et de gouttières, ainsi que coulé pour sceller du fer forgé dans la pierre (balustrades). Il est encore largement utilisé aujourd'hui dans les accumulateurs électriques (batteries).

Tableau 04 : Caractéristiques du plomb (Rodier, 1996)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique	Masse Atomique (Ar)	Masse Volumique (g /cm³)
Plomb	Du latin, plumbum	Pb	/	82	207.2	11.34

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

9. Pollution marine en Méditerranée :

La mer méditerranéenne possède une variété d'espèce aquatique et un climat unique au monde. Ces éléments rendent propice une diversité animale et florale extraordinaire, Mais cette richesse animale et végétale est la principale victime de la pollution. Les principales inquiétudes écologiques pour la méditerranée sont l'eutrophisation, la contamination toxique, en particulier par les métaux lourds et les polluants organiques persistants (POP), ainsi que les pollutions pétrolières, la pollution générée par l'élimination des plastiques, la sur pêche et la dégradation des zones côtières (AEE, 1998). Les zones côtières sont les plus vulnérables à l'eutrophisation, les activités anthropiques génèrent des quantités accrues de nutriment, charriées par les rivières et les rejets directs d'eau usées domestiques et industrielles non traitées (Lacaze, 1996).

9.1. La pollution marine en Algérie :

En Algérie, la majorité de la population est installée le long du littoral, d'environ 1200km. Si de nombreux déchets sont abandonnés sur les plages ou jetés à la mer, d'autre proviennent de l'intérieur des terres, des sacs en plastiques, des bouteilles, des palettes jetées volontairement ou accidentellement dans les oueds se retrouvant ainsi dans la mer. Presque un demi-million de mètres cubes d'ordures sont ramassés quotidiennement dans les centres urbains du littoral méditerranéen, mais de nombreuses décharges sont mal conçues par infiltration des eaux souterraines (Chouikhi et al., 1992).

9.2. La wilaya de Mostaganem :

9.2.1. Présentation (Direction des Systèmes d'Information 2020) :

Mostaganem est un important carrefour desservant l'ouest du pays, elle est considérée comme la capitale du Dahra et s'étend sur une superficie de 2269 km². Ayant une façade maritime de 124 km, elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par les wilayas d'Oran et de Mascara, à l'Est par les wilayas de Chlef et Relizane, et au sud par les wilayas de Relizane et Mascara.

Elle est découpée administrativement en 10 daïras et 32 communes. La population est estimée de 863 100 habitants fin 2017. Elle jouit d'une position géographique

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

stratégique et d'une aire d'influence régionale du fait de l'existence de son important port de commerce et son réseau de voies de communication assez dense qui la relie à plusieurs Wilayas du pays.

Sur le plan économique, la Wilaya dispose de nombreux atouts dont l'exploitation offre des perspectives de développement très prometteuses dans le domaine agricole, maritime, industrielle et surtout touristique avec la délimitation de quinze zones d'expansion touristiques (ZET) ou nombreuse sont à l'état vierge. La corniche du Dahra avec ses plages des plus belles d'Algérie, offre un contraste rarement retrouvé dans une même région, rocheuses, sablonneuses, forestières, attirant chaque année de plus en plus d'estivants.



Figure 02 : Image satellite de la côte Mostaganem Google Earth.

9.2.2. La pollution côtière à Mostaganem :

Mostaganem étant une wilaya côtière d'un littoral qui s'étend sur 104 km, elle représente une zone tampon entre les villes de l'intérieur du pays et les pays du bassin méditerranéen, de ce fait, elle joue un rôle prépondérant dans les différentes activités économiques, industrielles et commerciales (**Inspection de l'environnement, 2003**). Chaque année, la mer est à l'origine de plusieurs maladies de peau, telles que, les infections cutanées et les intoxications bactériologiques. Les plages, les baies et les oueds de Mostaganem sont pollués. La pollution gagne du terrain. Même les plages de la wilaya autorisées à la baignade ne sont pas totalement propres

La wilaya de Mostaganem est très touchée par le phénomène de littoralisation (**D.E.M, 2011**), par la concentration de population et des activités économiques à savoir

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

L'agriculture, le tourisme ainsi que les unités industrielles polluantes. Il y a lieu de signaler que 45% de population totale de la wilaya se concentrent au niveau de la frange littorale qui représente moins de 29% de la superficie totale. On enregistre également 50% de population qui vive au niveau de Chef-lieu de la wilaya de Mostaganem (**D.E.M, 2011**)

L'aménagement des zones côtières engendra sans doute des avantages économiques pour les collectivités locales, mais avec des préjudices notamment

- L'érosion des plages.
- Amaigrissement des plages.
- Perte du cadre naturel de la zone littoral par érosion d'espace.
- Pollution marine due aux rejets liquides.

La côte Mostaganémoise subit la pollution d'origine tellurique et d'origine pélagique (**Inspection de l'environnement, 2003**).

9.2.2.1. Pollutions marine d'origine tellurique :

Les affluents domestique des villes du littorale (à raison de 6000000 m³) environ pour le chef-lieu de wilaya sont rejets en mer à l'état brut, ainsi que les rejets industriels émanant des unités dont les plus importants sont le complexe à papier (SOGIPEC), unités de SOACHLORE, l'unité de transformation du lait (GIPLAIT) et l'unité (ENASCURURE) signalant en fin l'oued Cheliff qui ont traversant une dizaine de wilaya draine toute la pollution émise amont vers la mer. Les différents rejets en mer affectent la faune marine, donc la pêche et la qualité des eaux de baignade (**Inspection de l'environnement, 2003**).

9.2.2.2. Pollution marine d'origine pélagique :

Vu l'activité portuaire important du port de Mostaganem et la situation de la wilaya dans la baie d'Arzew et à proximité du port de la même localité a grand trafic. D'ailleurs ces deux dernières années, la cote Mostaganémoise (Stidia, Sidi Mansour, Hadjedj, Petit Port...etc.) a connu plusieurs cas de pollution par diversement des hydrocarbures lors l'opération de déballastage (**Inspection de l'environnement, 2003**).

Chapitre 1 : Généralités sur la pollution par les métaux lourds

9.3. Pollution chimique :

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les pesticides (DTT, Lindane,), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...) (GIS, 1996 ; Chemloul et Medjadji, 1997).

De nombreuses substances de synthèse issues du génie humain ont la capacité d'engendrer des sous-produits (métabolites) encore plus dangereux comme le DDE, les dioxines. Ainsi, l'Océan mondial est systématiquement pollué par des substances toxiques, même dans ses régions les plus reculées, à titre d'exemple les morues de la mer Baltique présentent des teneurs record en PCB (Vincent, 2006).

9.4. Pollution par les rejets industriels :

Ce sont des produits issus de l'industrie, acides, bases, métaux, composés organiques de synthèse, et ne sont soumis que dans quelques pays à des normes de rejets ; même si leurs quantités libérées dans le milieu sont relativement faibles, la pollution provoquée est considérable même si l'industrie effectue des efforts en matière de rejets, un bon nombre de polluants d'origine industrielle parviennent dans le milieu récepteur par le biais de stations d'épuration des eaux usées urbaines. Notons aussi que bons nombres de substances nouvelles sont mises chaque année sur le marché sans se soumettre à des évaluations permanentes de leurs dangers pour le milieu naturel (Barré, 2005).

9.5. La pollution thermique :

Cette pollution est due aux apports des centrales thermiques ou nucléaires et d'autres établissements industriels installés sur les rivages. La principale origine est le rejet direct ou via un cours d'eau côtier, d'eaux chaudes issues de ces usines. La modification et l'élévation de température provoque des effets néfastes que l'équilibre biologique du milieu récepteur (Martinez, 1998).

Chapitre 2 :
Généralités sur le *Mullus*
barbatus

1. Présentation de l'espèce :

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 mulles (**Benayad & Benchehida, 2017**). *Mullus barbatus* des côtes algériennes plus connu sous le nom de rouget barbet de vase est une espèce très abondante et très fréquente dans les captures commerciales (**Aissat, 2010**). Cette espèce est connue sous le nom de rouget ou rougi en Algérie. En Tunisie, il est appelé sous le nom de mlan, bouquit (Arabe) ; au Maroc son nom est rouget de vase ; en France il est dit rouget barbet de vase ; en Angleterre red mullet ; en Espagne et en Italie respectivement *salmonete difango* et *triglia difango*



Figure 03 : Le Rouget de vase (*Mullus barbatus*) photo personnelle.

2. Description de l'espèce :

Les Mullidés ou rougets, sont des poissons de petite taille avec un corps légèrement comprimé latéralement ; la face ventrale de la tête et du ventre est plate ; l'œil est situé près du profil dorsal ; la bouche est petite et légèrement protractile ; dents excessivement fines sur les mâchoires.

Chapitre 2 : Généralités sur le *Mullus barbatus*

La ligne latérale est bien marquée avec 31 à 35 écailles. Présence de deux nageoires dorsales bien séparées dont la première est entièrement épineuse, tandis que la seconde se trouve alignée à la nageoire anale. Les Mullidés sont dépourvus de vessie natatoire (Fischer et al., 1987).

Mullus barbatus présente un corps allongé, élevé en avant ; le profil antérieur de la tête fortement déclive, parfois presque vertical, avec un museau court et des yeux très proches du profil supérieur de la tête avec une taille maximale de 30 centimètres (Dieuzeide et al., 1959). (Fischer et al, 1987), précisent la présence sous le menton d'une paire de barbillons épais de longueur inférieure ou égale à celle des nageoires pectorales. Les dents, présentes uniquement au niveau de la mâchoire inférieure, sont petites et villiformes. La première nageoire dorsale est formée de 7 à 8 épines et la seconde d'une épine et de 7 à 8 rayons mous. Généralement la couleur est rose vif sans aucune tache sur le corps ou les nageoires contrairement à l'autre espèce.



Figure 04 : Rouget de vase *Mullus barbatus* (photo personnelle).

3. Position systématique du rouget barbet de vase :

Les espèces sont regroupées de façon hiérarchique en genres, les genres en familles, les familles en ordres, les ordres en classes, les classes en embranchements, et les embranchements en règnes. Cette classification se veut le reflet du degré de parenté entre espèces. Les espèces du même genre sont plus apparentées que les espèces de la même famille. La place du rouget barbet de roche dans cette classification est donnée dans le tableau suivant (Didierlaurent, 2012).

Chapitre 2 : Généralités sur le *Mullus barbatus*

En Méditerranée, le genre *Mullus* regroupe deux espèces très abondantes avec une différence d'habitat : le rouget de roche pour *M. surmuletus* et le rouget de vase pour *M. barbatus*. En plus de cette différence de répartition, ces rougets se distinguent morphologiquement.

La position systématique de *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 est définie à partir de différents travaux notamment ceux de **Dieuzeide et al, (1959)**, et **Fischer et al, (1987)**.

Tableau 05 : : La classification du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*).

Taxon	Terme Scientifique (international)	Description
Règne	Animalia	Les animaux
Embranchement	Chordata	Présentent une organisation complexe définie par 3 caractères originaux : chorde dorsale, tube nerveux dorsal et tube digestif ventral.
Sous-embranchement	Vertebrata	Possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux
Super- classe	Gnathostomata	Animaux osseux. Vertébrés gnathostomes. Mode de vie aquatique. Peau recouverte d'écaille. Présence de nageoires paires et impaires.
Classe	Actinopterygi	Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées. Ou Branchies en peigne. Nageoires soutenues par des éléments rayonnants articulés aux ceintures.
Infra-classe	Teleostei	Rayons épineux aux nageoires. Pelviennes thoraciques ou jugulaires. Ecailles cténoïdes Vessie gazeuse close. Bouche terminale. Nageoire caudale homocerque (symétrique).
Ordre	Perciformes	Nageoires pelviennes très rapprochées des nageoires pectorales.
Sous-ordre	Percoidei	Une seule nageoire dorsale dont les éléments Antérieurs sont des épines aiguës. Nageoires pelviennes développées.
Famille	Mullidae	Possèdent une paire de longs barbillons Mentonniers.
Genre	<i>Mullus</i>	
Espèce	<i>Barbatus</i>	

4. Caractéristiques de l'espèce :

Le rouget barbet (*Mullus barbatus*) tire son nom d'une longue paire de barbillons. Il a un corps allongé, au profil assez plat, d'une taille moyenne de 5 à 30 cm. Ces deux barbillons mentonniers blancs sont très caractéristiques, ils contiennent des organes tactiles, olfactifs et gustatifs. Ils sont aptes à détecter les parois dans la vase, le poisson peut alors les déterrer à grandes bouchées. La tête du rouget est massive avec un profil abrupt busqué au droit des yeux. Il n'a pas de dents à la mâchoire supérieure, ni d'épines sur le bord de l'opercule. Ces joues possèdent trois grandes écailles, la plus petite, incolore, étant souvent arrachée. Ces écailles sont grandes et très caduques, sa ligne latérale est bien marquée. **Darly, (1992)**. Il a deux nageoires dorsales bien séparées, la première étant incolore, à rayons épineux. La caudale n'a pas de stries.

En général, il est de ton brunâtre, parfois rosé et plus clair sur le ventre. Cependant, sa coloration peut varier suivant l'environnement. Des couleurs intenses, plus fréquentes sur les étals des poissonniers que dans l'eau, peuvent cependant indiquer une agitation importante ou une profondeur élevée. Le rouget est aussi plus pâle et terne la nuit que le jour. Les flancs ont des reflets argentés et le ventre est blanc. Les alevins sont plutôt de ton bleuâtre et ressemblent à des sardines (**Didierlaurent,2012 ; Dieuzeid et al., 1959**).

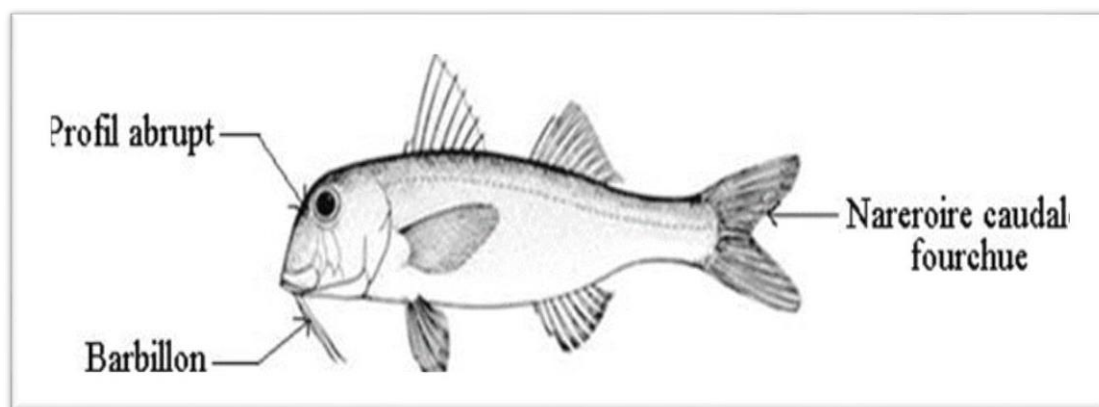


Figure 05 : La morphologie de *Mullus barbatus* L, 1758 (**Fischer et al., 1987**).

5. Espèces ressemblantes :

Il ne faut pas confondre le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) avec le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*), qui depuis les travaux de Lacépède (1798), de Couch (1864) et de Fage (1909) sont bien différenciés (Hebbar., 2013).

Le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) est un poisson benthique c'est à dire vivant à proximité du fond. Il est présent géographiquement dans l'océan Atlantique depuis les côtes de Norvège jusqu'aux côtes ouest africaines et dans tout le bassin méditerranéen (Mahé et al., 2005).

Les études réalisées par Cammarata et al., (1991) et Vitturi et al., (1992) montrent que les deux espèces sont génétiquement proches. Cependant, il existe des différences morphologiques (figure 06), des différences biologiques et écologiques (tableau 06) qui permettent de distinguer entre les deux espèces (Hebbar., 2013).

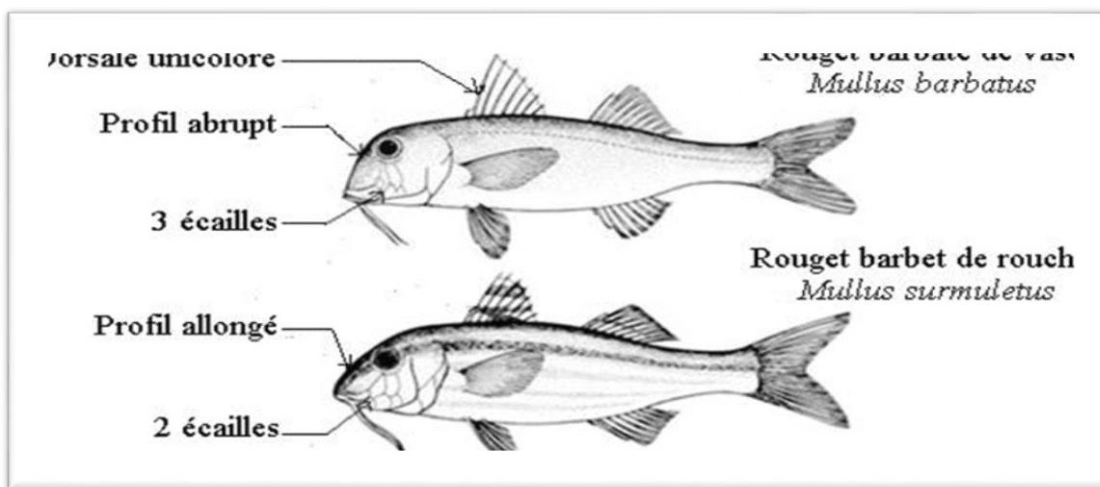


Figure 06 : Différences morphologiques entre le rouget de roche et le rouget de vase. (Fischer et al., 1987)

Tableau 06 : Différences biologiques et écologiques entre *Mullus barbatus* et *M. surmuletus* (Bautista-Vega, 2007 in Hebbar, 2013).

Espèces	<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus surmuletus</i>
Alimentation	Polychètes Amphipodes Mysidacés	Polychètes Amphipodes Mysidacés
Type de substrat	Fonds vaseux	Fonds rocheux, graveleux et vaseux
Répartition bathymétrique	De la surface à \approx 200 m	De la surface à \approx 100 m
Maturation sexuelle	Deuxième année	Première année
Reproduction	Avril-Août	Période de ponte allant d'avril à juillet.

6. Répartition géographique, habitat et migration :

6.1. Répartition :

Du point de vue géographique, *Mullus barbatus* présente une large distribution ; cette espèce est présente dans la partie est de l'océan Atlantique des côtes sénégalaises jusqu'aux côtes françaises, ainsi que dans tout le bassin méditerranéen (Fischer et al., 1987).

En Méditerranée, cette espèce démersale vit sur des fonds de vase, de sable ou de gravier du plateau continental. Fischer et al., (1987) donnent une répartition bathymétrique générale allant de 10 à 500 mètres. En Algérie, Dieuzeide et al., (1959) mentionnent que le rouget de vase est commun sur les fonds vaseux jusqu'à 150 mètres de profondeur et se trouve également en bordure des prairies de zostères et de posidonies ; en été les jeunes s'approchent très près du rivage.

6.2. Habitat :

Mullus barbatus démersal sur fonds de vase, de sable ou de gravier, et même rocheux du plateau continental et du bord du talus de 10 à 300 mètres (Djabali et al., 1993).

Chapitre 2 : Généralités sur le *Mullus barbatus*

Fischer et al, (1987) donnent une répartition bathymétrique générale allant de 10 à 500 mètres (Hebbar, 2013).

En Algérie, Dieuzeid R., (1959) mentionne que le rouget de vase est commun sur les fonds vaseux jusqu'à 150 mètres de profondeur et se trouve également en bordure des prairies de zostères et de posidonies.



Figure 07 : Répartition géographique de *Mullus barbatus* (www.sealifebase.org in Aissat,2010).

6.3. Migration :

Le rouget a un comportement grégaire pendant l'été, les juvéniles se concentrent très près du virage ; tandis qu'à l'automne, ils se déplacent à de plus grandes profondeurs, dans certaines régions, ce mouvement représente une vraie migration de la population de peu profond au profond terrain (Voliani, 1999).

7. Biologie du rouget de vase *Mullus barbatus* :

7.1. La croissance :

Comparée à d'autres espèces, la croissance du rouget de vase paraît être lente. Il atteint le poids de 50 à 100 g 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 & Person-le Ruyet., 2001).

7.2. La reproduction :

Selon **Hebbar et al, (2012)**, *Mullus barbatus* est une espèce de poisson gonochorique, 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.

7.3. Régime alimentaire :

Le rouget est un carnivore, se nourrissant principalement de petits crustacés, de polychètes et de mollusques bivalves (**Gharbi & Ktari, 1981**).

Les décapodes, les isopodes et les nématodes sont des proies secondaires. Alors que les gastéropodes et les alevins de poisson restent des proies accessoires. Il est à noter que l'analyse des estomacs de *Mullus barbatus* montrent qu'il contient 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 et al, 2007**).

Les alevins de 30-40 mm consomment des proies de petites tailles comme les copépodes et larves de bivalves, à partir de la taille de 10, cm la composition alimentaire est constituée de proie plus volumineuse (**Suquet M. et Person-le Ruyet J, 2001 in Bentata 2015**).

Chapitre 3 :

Généralité sur les algues

1. Les algues marines :

Les algues marines constituent un groupe diversifié d'organismes et sont divisées en microalgues et macro-algues. Le premier groupe comprend les cyanobactéries procaryotes et les microalgues eucaryotes (**Pozderka, 2015**).

Les algues sont des organismes très diversifiés du point de vue de la taille (des microalgues unicellulaires aux macro-algues multicellulaires) (**Messyasz, 2006**). Les algues marines constituent des ressources renouvelables. Elles sont définies comme des plantes non vasculaires qui forment des producteurs primaires dans l'océan. Elles sont classées en trois grands groupes fondés sur la pigmentation, l'anatomie, la morphologie et la composition biochimique comme les algues brunes (Phaeophyta), les algues rouges (Rhodophyta) et les algues vertes (Chlorophyta) (**Manivannan et al., 2009**).

Les algues peuvent être définies comme des organismes inféodés aux zones humides, le plus souvent photosynthétiques. Les algues incluent les macro-algues benthiques, marines ou d'eau douce, et un ensemble d'organismes microscopiques marins ou d'eau douce, planctoniques, benthiques, qualifiés de microalgues (**Pencreac'h et al., 2004**) qui présentent un appareil végétatif peu évolué (sans racine, ni tige, ni feuille). Leurs organes de reproduction sont des cystes : sporocystes et gamétocystes qui sont des structures cellulaires renfermant respectivement les spores et gamètes et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé « thalle », relativement simple est appelé « thalle ». Le thalle contient une structure à sa base (rhizoïdes, crampons, disques...) permettant l'ancrage de l'algue sur un support : une roche (algues épilithes), ou une plante (algues épiphytes), ou un animal (algues épibiontes) ou parfois même le sable (**Amirouche et al., 2009**).

2. Les macro-algues :

Les macro-algues sont des algues multicellulaires de taille proche du centimètre et qui croissent le plus souvent dans des bassins naturels d'eau douce ou d'eau salée. Ces organismes sont nécessaires aux écosystèmes côtiers en termes de composition,

Chapitre 3 : généralité sur les algues

fonction et productivité. On distingue principalement trois groupes de macro-algues différenciés selon leur pigmentation : rouge, verte et marron (**Filali,2012**).

2.1. Les algues vertes :

Les algues vertes constituent le plus grand groupe d'algues. Ce groupe d'algues, appartient à l'embranchement des « Chlorophycées ». Il s'agit de 9 000 à 12 000 espèces poussant dans divers habitats d'algues vertes, de taille et de forme variables, comprend les formes unicellulaires (*Chlamydomonas, desmids*), coloniales (*Hydrodictyon, Volvox*), filamenteuses (*Spirogyra, Cladophora*) et tubulaires (*Acetabularia, Caulerpa et Ulva*).

En milieu aquatique les algues 44 produisent leur propre nourriture et constituent donc un groupe paraphylétique. Elles se trouvent sur les niveaux supérieurs du littoral jusqu'à 10 mètres de profondeur dans l'océan Atlantique, la mer Noire, la méditerranée et l'océan Pacifique.

Comme les plantes, les algues vertes contiennent deux formes de chlorophylle, qu'elles utilisent pour capter l'énergie lumineuse nécessaire à la fabrication des sucres. Les pigments photosynthétiques (chlorophylles a et b, carotène et xanthophylle) ont les mêmes proportions que ceux des plantes supérieures. La cellule typique de l'algue verte, qui peut être mobile ou non, possède une vacuole centrale. Les aliments sont stockés sous forme d'amidon (l'amylopectine et l'amylose) dans des pyrénoides (noyaux plastifiés protéiques). Leur paroi cellulaire est constituée de polysaccharides sulfatés, galactanes sulfatés, xylanes et ulvanes (**Guiry,2012**) (**Negreanu-Pîrjol et al. ,2011**).

2.2. La macro algue verte *Ulva lactuca* :

2.2.1. Généralités :

L'algue *Ulva lactuca* ou « laitue de mer » est une macro-algue verte comestible, à distribution cosmopolite (très vaste) répandue dans l'océan atlantique et les mers attenantes. Elle peut se fixer sur différents supports solides telles que sur les roches, dans les zones littorales et sublittoral des régions côtières (**Pushparaj et al, 2014**) Espèce nitrophile, elle est un bioindicateur de l'eutrophisation d'un milieu. Cette algue est visible

Chapitre 3 : généralité sur les algues

surtout aux fortes périodes d'ensoleillement, la fin de l'hiver, le printemps et l'été. Elle a une durée de vie assez courte, quelques mois en général, mais plusieurs générations se succèdent au cours de l'année (**Scientific Publications - University of Bacau, 2019**). Elle appartient à la famille des Ulvacea.

Tableau 07 : Classification de l'algue verte *Ulva lactuca* (**Guiry et al. 2008**).

Embranchement	Chlorophyta
Classe	Ulvophyceae
Ordre	Ulvales
Famille	Ulvaceae
Genre	Ulva
Espèce	<i>Ulva lactuca</i>



Figure 08 : l'algue *Ulva lactuca* (photo personnelle)

2.2.2. Description de *Ulva lactuca* :

Elle se distingue par un thalle très mince (moins d'un dixième de millimètre d'épaisseur), en forme de feuille, de couleur vert émeraude et translucide qui peut virer à la transparence en cas de stress. Ce thalle, présentant un stipe très court, est rigide à la base et plus délicat à proximité des bords de croissance. Ce stipe, appelé aussi crampon par lequel l'algue se fixe à son support, est constitué par de petits rhizoïdes rigides (**Botany 2001**)

Ulva lactuca peut se retrouver sous forme de touffes ou le plus souvent de lames solitaires. Ces dernières peuvent être plates ou ébouriffées avec de petites

Chapitre 3 : généralité sur les algues

dents microscopiques sur les bords. Ce sont ces bords crénelés qui la distingue de l'espèce *Ulva rigida* (Botany 2001).

Elles peuvent également être ou non perforées. Leur taille est variable, en moyenne de 30 à 40 cm, et peut même atteindre 1 mètre si elles se trouvent dans des zones eutrophisées.

2.2.3. Habitat et Distribution :

Ulva lactuca est généralement fixée sur des roches dans des zones intertidale et sublittoral. Elle est retrouvée également en abondance dans les zones abritées et peu profondes, des endroits bien illuminés tels que les lagunes saumâtres et les ports. Elle se développe aussi dans les zones enrichies en eau douce et de ruissellement riches en éléments nutritifs même polluées. En effet, c'est une algue très résistante à l'eutrophisation (Botany 2001 ; Lami R. 2008).

Sa distribution est commune et elle est largement présente dans le monde. Au niveau de la mer Méditerranée *U. lactuca* est la plus répandue des espèces du genre *Ulva* (mediterraneo 2015).



Figure 9 : Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte *Ulva lactuca*. (facility 2013).

2.2.4. Reproduction :

Généralement la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Néanmoins, au cours de son cycle, qui atteint son apogée au printemps et en été, *Ulva* peut enchaîner une alternance de deux générations où tous les individus possèdent une morphologie presque identique mais différent en nombre de chromosomes (**Faller H. 2011**).

On distingue d'abord la reproduction asexuée qui consiste en la division du thalle. Cette fragmentation génère des organismes identiques appelés sporophytes marqués par une diploïdie. A la suite d'une méiose, on observe une production de zoospores quadri flagellés qui donnent naissance à des pieds mâles et femelles ou gamétophytes mâles et femelles haploïdes eux même producteurs de gamètes biflagellées (**Faller H. 2011 ; Garon-Lardiere S. 2004 ; Pettett P. 2009**).

C'est ainsi que provient la reproduction sexuée qui se traduit par l'union de deux de ces gamètes et la production d'un zygote à 2N (**Garon-Lardiere S. 2004**).

Par ailleurs, il est connu que chez les espèces *Ulva*, jusqu'à 60 % de leur biomasse est consacrée à la reproduction grâce à la grande capacité photosynthétique de leur cellules reproductrices (**Botany 2001**) ; Ceci dit, ceci dépend de signaux environnementaux tels que la photopériode, la température, le pH, la salinité, la disponibilité des nutriments et la déshydratation et de facteurs saisonniers puisque cette reproduction atteint son maximum au printemps (**biofuels 2015 ; Pettett P. 2009**). Notons à titre d'exemple le cas de l'algue verte *Ulva Spiralis*, dont le taux de croissance devient maximal sous une température optimale de 15°C, un pH optimal de 7.5, des conditions optimales de lumière variant entre 150 et 200 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ et en présence de concentrations optimales d'azote et de phosphore de 7.4 mg N. GDW-1 d-1 et 0.6 g / m³, respectivement (**Biofuels 2015**).

Chez *Ulva lactuca*, la température optimale à son développement est située aux alentours de 17°C tandis que la valeur optimale de lumière incidente pour une bonne croissance de l'algue varie entre 400 et 500 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ce taux de croissance se voit diminué lors d'une carence en phosphore (**Casabianca M.L. 2002**).

Chapitre 3 : généralité sur les algues

Il est à noter également que plusieurs études ont rapporté que la reproduction est aussi dépendante du cycle lunaire (**Pettett P. 2009**). En effet, cette observation, espèce-dépendante a été faite par Christie et Evans et par Luning chez *Ulva Intestinalis* et *Ulva Pseudocurvata* (**Christie A.O. 1962 ; Luning K. 2008**) D'une façon générale, il est important de pouvoir contrôler la production de la biomasse algale afin d'éviter les effets nuisibles que cela pourrait apporter à l'environnement via l'apparition du phénomène de la marée verte (**biofuels 2015**) De plus, il a été rapporté qu'*Ulva* constitue environ 25% de la production d'algues vertes mondiale (**Padua M. 2004**).

3. Les algues comme bio indicateurs :

Un bio indicateur désigne des espèces végétales ou animales qui par suite à leurs particularités biologiques sont l'indice précoce (organismes sentinelles) de modifications abiotiques ou biotiques de l'environnement dues à tel ou tel type de l'action humaine (**Ramade, F., 2002**).

Les algues sont des indicateurs biologiques car elles présentent plusieurs avantages intrinsèques :

- ✓ Elles sont benthiques, elles peuvent donc servir à caractériser les conditions environnementales intégrées à un lieu pendant une période.
- ✓ Il est généralement facile de cueillir des quantités suffisantes dans divers habitats. Elles accumulent directement les composés présents dans l'eau de mer ce qui fait de l'analyse des tissus un indicateur fiable de la qualité de l'eau, et évite les difficultés logistiques souvent associés aux échantillonnages représentatifs et comparatifs de l'eau de mer (**Wariaghi, F., et al 2004**).

Selon **Favero et Frigo (2002)**, les espèces de macro algues ont été utilisées pour surveiller les concentrations des métaux (Cd, Cr, Ni et Zn) dans les eaux de mer. La bio indication éco toxicologique repose sur un processus écologique très important : la bioaccumulation ou la bioconcentration (**Gobat, J.M., et al 2010**).

4. Les algues source de biomarqueurs écologiques :

Un biomarqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèle l'exposition présent ou passée d'un individu à moins une substance chimique à caractère polluant (**Lagadic et al., 1997**). Les algues sont capables de synthétiser des metallothioneines (MTs) particulières (les phytochelatines) qui sont des protéines cytosoliques de faible poids moléculaire, riches en cystéine, thermostables, et pouvant s'associer avec les métaux divalents (Cd, Cu, Zn, Ag, Hg). De nombreux travaux ont montré l'induction de ces protéines par les métaux, ce qui a permis d'envisager leur utilisation comme biomarqueurs d'exposition aux polluants métalliques (**Wariaghli et al., 2004**).

L'étude de (**Kumar et al., 2010**), a montré que la concentration de 0,4 mM Cd⁺² induit la production des espèces oxygénées réactives (ROS) et établit un certain niveau d'effort oxydant chez l'algue *U. lactuca*. La tolérance contre le Cd⁺² induits l'effort oxydant est dû aux plus grandes activités de certains des enzymes antioxydantes et antioxydantes non enzymatiques qui sont impliquées dans la désintoxication du ROS.

Par conséquent, les résultats obtenus et les enzymes détectées peuvent être considérés comme biomarqueurs possible pour surveiller les métaux lourds dans l'écosystème marin.

Chapitre 4 :

Zone d'étude

La baie de Mostaganem :

1. Présentation du littoral de Mostaganem : situation et limites :

La wilaya de Mostaganem est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par les wilayas d'Oran et de Mascara, à l'Est par la wilaya de Chélif et au Sud par la wilaya de Relizane. Elle se caractérise par un climat semi-aride en été et tempéré en hiver, avec une pluviométrie variante entre 350mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra (S.D.A.T, 2008 in DEM, com. Personnel, 2011). Elle couvre une superficie de 2.269 Km² pour 746.500 Habitants (R.G.P.H 2008 in DEM, com. Personnel, 2011).

La wilaya de Mostaganem a une façade maritime s'étendant sur 124 Km environ de l'embouchure de la Mactaa à l'Ouest au Cap Nagraoua à l'Est avec une profondeur de cette zone littorale n'excédant pas 3 Km et qui compte une superficie approximative de 300 Km² (soit 13% de la superficie totale de la wilaya de Mostaganem) (D.E.M, 2011). Le plateau sous-marin est très vaste aussi bien en long et en large. Son relief sous-marin est formé de pentes douces avec des fonds sableux et argileux et par endroits isolés avec des fonds rocheux. Vu sa situation géographique (Fig 10) dans la baie d'Arzew et sa proximité d'Oran, des ports de Bethioua, d'Arzew et de son pôle industriel, Mostaganem recèle beaucoup d'opportunités pour son essor économique. Elle constitue un débouché pour les wilayas telles que Relizane, Tiaret et Mascara



Figure 10 : vue satellitaire de la baie d'Arzew (Google Maps)

2. Climatologie de la région de Mostaganem :

Le climat est saisonnier à l'étage bioclimatique allant du semi-aride au subhumide sur les hauteurs notamment Djebel Diss. La pluviométrie est irrégulière et varie entre 250 et 700mm/An. La région « Est » est plus arrosée par rapport à la région « Ouest » (400 à 700mm/An) sur les piémonts Nord du Dahra (**D.E.M, 2011**).

2.1. Température :

Lalami-Taleb (1970) montrent que les couches superficielles sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air ambiant, elles varient entre 21°C et 27°C en moyenne. Les maximums de températures se situent au mois d'octobre, les températures minimales se situent au mois de février-mars. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuant entre 13°C et 14 °C en toute saison.

2.2. Hydrodynamisme :

Le courant dominant au large de la région de Mostaganem est d'origine atlantique. Le flux en provenance du détroit de Gibraltar coule le long de la côte algérienne où il prend le nom de Courant algérien d'épaisseur moyenne de 200Km, est initialement structuré en une veine collée à la côte, étroite et profonde (**Benzohra,1993**) ; Au fur et à mesure que ces eaux se déplacent vers l'Est, la veine de courant devient plus large environ 50Km de diamètre accompagné de phénomène d'Upwellings (**Millot, 1985b**). Ces Upwelling induisent des zones de plus fortes productivités biologiques (**Millot, 1987**). Ces turbulences pénètrent dans les régions côtières et interfèrent avec la veine majeure du courant lui-même (**Millot ,1987a**). Elles donnent naissance à des méandres tourbillons dans cette partie de la côte algérienne (**Benzohra, 1993**).

2.3. Précipitation :

Korichi (1988) estime qu'il existe principalement deux périodes :

- Une période froide entre novembre et mars avec une température de l'ordre de 15°C, et des précipitations moyennes de 89.49 MM.
- Une période chaude entre avril et octobre avec une température de 23°C et de faibles précipitations.

2.4. La salinité :

La salinité de l'eau de la région de Mostaganem est de 35% dont 27% de Na Cl, les cations les plus abondants sont : Na, k, Mg et Çà.

2.5. Les vents :

Selon **Millot (1985 in Korichi, 1988)**, il existe dans la baie de Mostaganem deux types de vents :

- des vents d'Ouest avec une vitesse de 2m/s dans une période comprise entre novembre et avril.
- des vents d'Est avec une vitesse moyenne supérieure à 2m/s pouvant aller jusqu'à 15 à 20 m/s pendant 3 mois successifs entre les mois de mai et octobre.

Le mauvais temps est généralement apporté par les vents d'Ouest.

3. Richesses de la côte maritime :

Les vastes plages alternant avec les falaises rocheuses et les forêts littorales jalonnent la façade maritime de la wilaya. Elles participent à la richesse paysagère et biologique de cette côte méditerranéenne. La région côtière de la Wilaya se caractérise par une géomorphologie riche en paysage panoramique. (**Centre culturel, approche urbaine. 2013**)

4. Les cours d'eau :

Les oueds ont creusé des vallées qui s'ouvrent sur la mer en formant de vastes plages, des caps et des collines qui dominent les plaines agricoles. (**Centre culturel, approche urbaine. 2013**)

Partie II : Synthèse pratique

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Introduction

L'objectif principal de ce travail est une contribution à étudier l'impact sur l'environnement causé par les métaux lourds, aussi connues comme éléments traces métalliques afin de mieux comprendre les phénomènes de transfert et de bioconcentration chez les organismes marins.

Pour évaluer le degré de contamination métallique des organismes marins de la baie de Mostaganem, notre choix a été porté sur le *Mullus barbatus* comme espèce sentinelle (U.N.E.P, 1997), son statut bioécologique et sa capacité à servir d'indicateur quantitatif et qualitatif de la contamination de son biotope la tout aussi bien sélectionnée ; aussi plusieurs autres raisons nous ont encouragés à faire ce choix :

- ✓ De par son importance écologique et sa place quasi importante dans la production globale des ressources ichthyophages et représente un maillon important dans la chaîne tropho-dynamique.
- ✓ Son abondance sur les côtes méditerranéens, nous assure une facilité d'échantillonnages.
- ✓ Sa chair si appréciée en fait une espèce très convoitée par l'homme qui occupe le dernier maillon de la chaîne alimentaire.

2. Le choix des polluants :

Les contaminants ciblés par notre étude sont le Cuivre (Cu), le Plomb (Pb), et le Cadmium (Cd), ce choix a été motivé par leur grande persistance dans l'environnement, leur faculté à s'accumuler dans les tissus adipeux des organismes vivants et à se propager le long de la chaîne trophique, en plus de leur toxicité potentielle pour les écosystèmes et la santé humaine, qui constitue une préoccupation mondiale (WHO, 2004 ; PNUE, 2005 ; FISC, 2006 ; CEE, 2011).

Ces xéno-biotiques font l'objet d'un suivi dans plusieurs programmes de surveillance du milieu marin (QUASIMEM, 1999 ; OSPAR, 2000 ; RINBIO, 2001 ; RNO, 2004). Ils présentent un danger potentiel pour le consommateur de produits de la mer en raison de leur concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique.

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

L'effet toxique du Pb dépend du cycle de vie du poisson, du pH, de la dureté de l'eau et de la présence des matières organiques. Le Pb est classé parmi les métaux les plus toxiques pour l'homme et les animaux (**Roony *et al.*, 1999**). Il ne montre pas d'accumulation le long de la chaîne alimentaire pour les organismes marins (**Amiard–Triquet *et al.*, 1988**). Il n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (**Kalay *et al.*, 2000**).

Le Cd est un élément non essentiel à la vie qui provoque des effets toxiques graves dans les organismes aquatiques à des concentrations très basses (**Chiffolleau *et al.*, 2001**).

Le Cuivre par contre est un des nutriments essentiels pour le métabolisme des organismes aquatiques (**Canli *et al.*, 2003**), Mais dangereux pour l'homme ; Il a été révélé que même dans les eaux non polluées par le cuivre les poissons l'accumulent (**Ogino *et al.*, 1980 ; Miquel, 2001**).

3. Protocole de collecte du matériel biologique :

Plusieurs échantillonnages ont été réalisés pour l'analyse des métaux dans les différents organes ciblés du rouget de roche. Les métaux recherchés dans les trois matrices : Glandes représentées par le Foie et les Gonades et le Muscle sont Pb, Cu et Cd.

Les prélèvements d'échantillons ont été effectués dans des conditions très favorables. En règle générale, les échantillons prélevés ont été conditionnés et transportés à la température de 4°C jusqu'au laboratoire.

On a effectué des échantillonnages par lot d'une dizaine de poissons, ceci une fois par mois durant 03 mois à savoir Mars, Avril et Mai 2022 ; leur traitement s'est effectué au laboratoire où nous avons procédé par différentes étapes.

Les échantillons des poissons ont été prélevés par des méthodes standard utilisées en ichtyologie (la longueur standard et le poids ont été mesurés par des balances). Le tout a été conservé à -18°C.

4. Technique d'étude :

4.1. Mensuration et pesées du matériel biologique :

On commence par déterminer les différentes mensurations qu'on doit impérativement les refléter sur la fiche d'échantillonnage :

- Longueur totale L_t : C'est la longueur du bout du museau à l'extrémité de la nageoire caudale.

- Longueur à la fourche : L_f : C'est la longueur du bout du museau à la fourche.

Puis, on effectue une incision dans la cavité abdominale pour observer les gonades et déterminer le sexe, ainsi que pour prélever ultérieurement les organes.

Chaque spécimen est ensuite pesé, on note alors :

- Poids total
- Poids éviscéré
- Poids du foie
- Poids des gonades
- Poids du muscle (filets)

**A****B**

Figure 11 : a et b mensuration et pesées de l'espèce *Mullus barbatus* (photo personnelle)

4.2. Choix et nettoyage des instruments :

Afin de minimiser tout risque de contamination ou la perte de déterminants pendant l'échantillonnage, le stockage, le prétraitement ou l'analyse, il convient de prendre des précautions particulières lors de la manipulation.

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'instruments inoxydables et mises dans

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

des récipients en polyéthylène préalablement lavés à l'acide nitrique et rincée à l'eau de grande pureté.

La dissection était faite sur un banc propre, en portant des gants propres, et se servant de couteaux en acier inoxydable propres également. Une fois chaque échantillon préparé, les instruments ont été systématiquement lavés à l'acétone et à l'acide nitrique et rincés à l'eau de grande pureté.

4.3. Etude de la sex-ratio :

Cet indice représente l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre d'une population, d'une espèce donnée. La valeur de la sex-ratio dans ce travail, est donnée par l'expression suivante :

$$\text{Taux de féminité} = F / (F+M) \times 100$$

Où

$$\text{Taux de masculinité} = M / (M+F) \times 100$$

F : Nombre de femelle.

M : Nombre de mâle.

Selon **Kertas et Quignard (1984)**, la sex-ratio est l'un des paramètres qui contribuent au maintien de la capacité reproductrice, c'est aussi une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu.

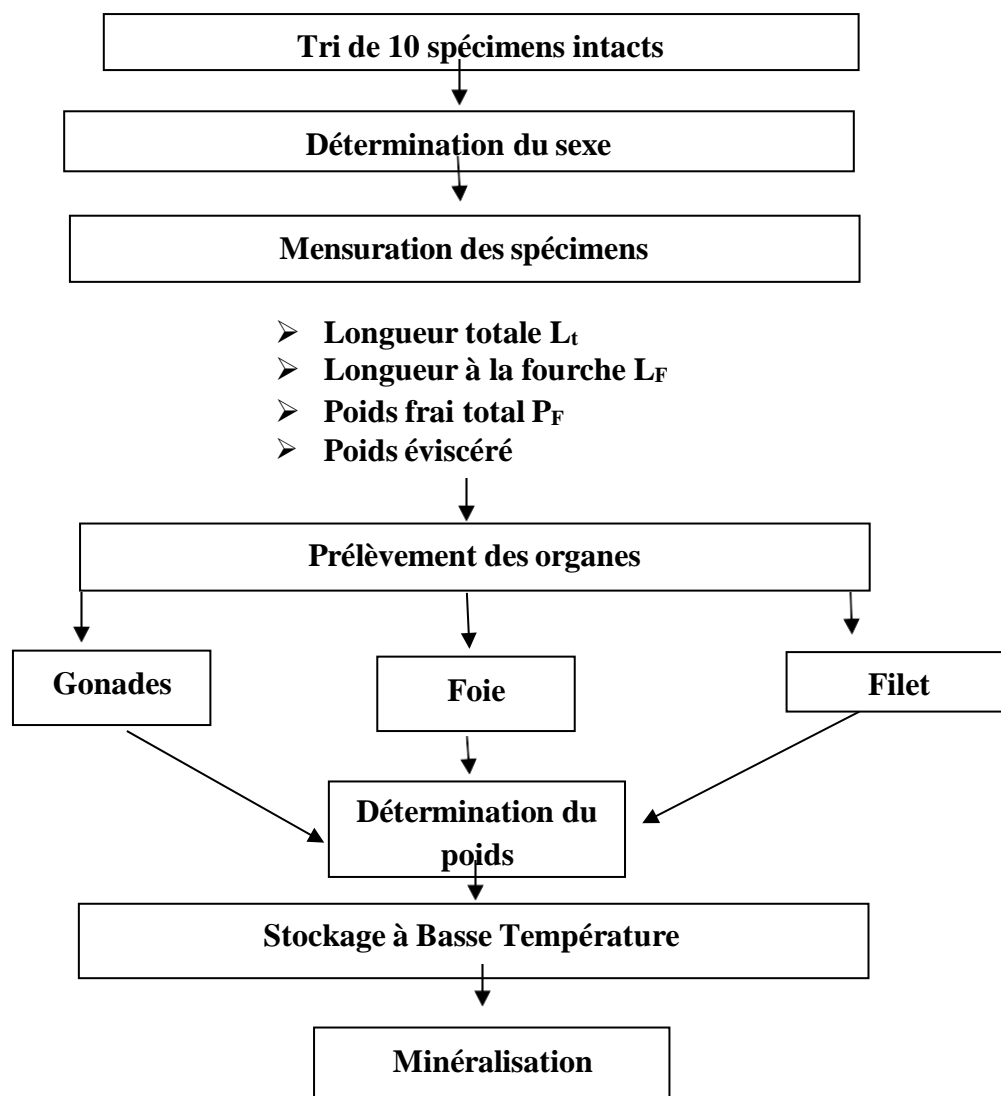


Figure 12 : Synoptique du protocole d'échantillonnage de *Mullus barbatus*.

4.4. Etude de la période de reproduction chez le *Mullus barbatus* :

4.4.1. Le rapport Gonado-Somatique (RGS)

Dans l'étude de la période de reproduction, **Bougis (1952)** met en relation le poids des gonades et celui du corps a été introduit par le rapport gonado-somatique (**RGS**).

$$\text{RGS} = (\text{poids des gonades} / \text{poids total}) * 100.$$

Selon **West, 1990 ; Mahé et al., 2005**, en plus d'indiquer le stade de développement des gonades, la forme de la courbe d'évolution annuelle du RGS donne une indication sur la stratégie et la période de ponte d'une espèce

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

En général l'évolution temporelle du RGS d'un poisson mature suit trois phases :

- Une première phase où ce rapport est minimum et qui correspond à la période de repos biologique.
- Une deuxième phase où le RGS commence à augmenter et qui correspond à la phase de maturation des ovocytes.
- Une dernière phase où il commence à diminuer et qui correspond à la période de ponte proprement dite.

4.4.2. Le rapport Hépat-Somatique (RHS)

Le foie joue un rôle important dans les processus liés à l'élaboration des produits génitaux et l'évolution saisonnière du RHS permet de quantifier les variations pondérales du foie au cours du cycle reproducteur.

Nunez, 1985 a constaté chez les femelles de certains poissons, que cet organe est responsable de la synthèse de la vitellogénine, principale protéine précurseur du vitellus des œufs.

Le rapport hépat-somatique (RHS) est égale à cent fois le poids du foie sur le poids total du poisson (**Bougis, 1952**) :

$$\text{RHS} = (\text{poids du tissu hépatique/poids total}) * 100$$

Selon **Bertin (1958)** distingue deux types de poissons selon le mode de stockage et la mobilisation des substances de réserve au niveau de cet organe :

- Les poissons maigres pour lesquels la maturation des gonades est précédée d'une importante accumulation de lipides dans le foie, les valeurs maximales du **RHS** précèdent celle du RGS.
- Les "poissons gras", pour lesquels l'accumulation de lipides s'effectue au niveau des muscles, le foie n'intervenant que dans la transformation de ces réserves lipidiques ; dans ce cas le **RHS** évolue parallèlement au RGS.

5. Analyse Chimique :

5.1. Minéralisation de la matière organique :

Les métaux organiquement liés sont extraits des organes suite à une minéralisation qui consiste en une dégradation de la matière organique et à solubiliser les substances toxiques accumulées (**Merad et al, 1991 ; Perez et al., 2000**).

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

Nous avons choisi pour notre présente étude « La combustion par voie humide » qui selon la **F.A.O, 1997**, et contrairement à la combustion par voie sèche, a l'avantage de donner des résultats plus précis et de supprimer certaines sources d'erreurs dues à la déperdition de composées volatiles organométalliques en cours de séchage.

5.2. Principe :

- On introduit 1g de l'échantillon frais (foie, de muscle ou de gonades) dans les tubes de l'appareil ; on ajoute 1ml d'acide nitrique à 65% de pureté puis on ferme à l'aide des réfrigérants. On porte l'appareil à une température de 95°C pendant 1 heure.
- Après refroidissement ; on récupère le minéralisât dans des tubes à essai puis on ajuste le contenu à 4ml (q.s.p) par de l'eau bidistillée ; ainsi la solution obtenue sera mise dans des piluliers bien fermés ; et conservés à basse température afin d'éviter toute contamination jusqu'à l'analyse par Spectrophotomètre d'Absorption Atomique.
- Cette opération est automatiquement accompagnée par une minéralisation des blancs, d'une part, qui consiste en une solution d'acide nitrique,

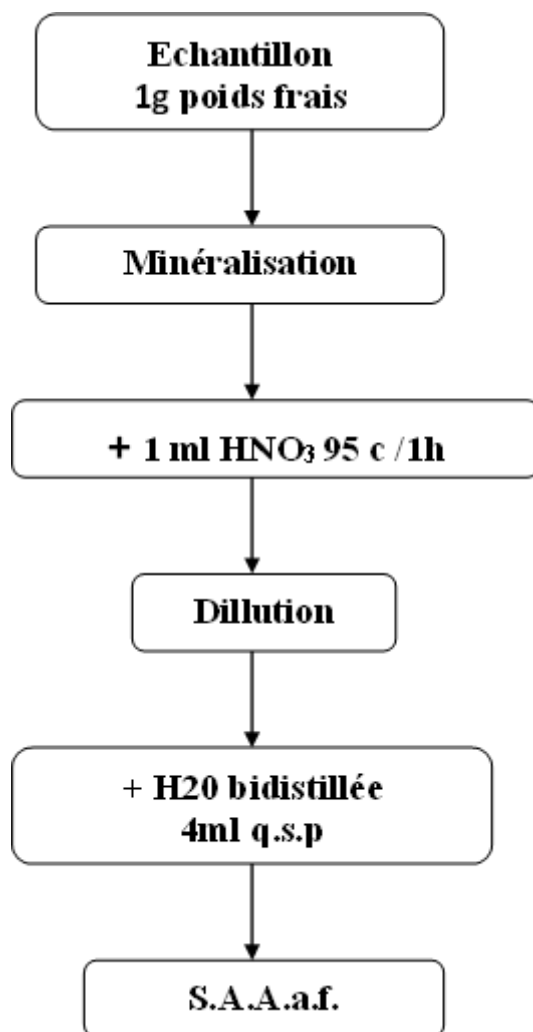


Figure 13 : Synoptique du protocole de minéralisation (André, 1987).

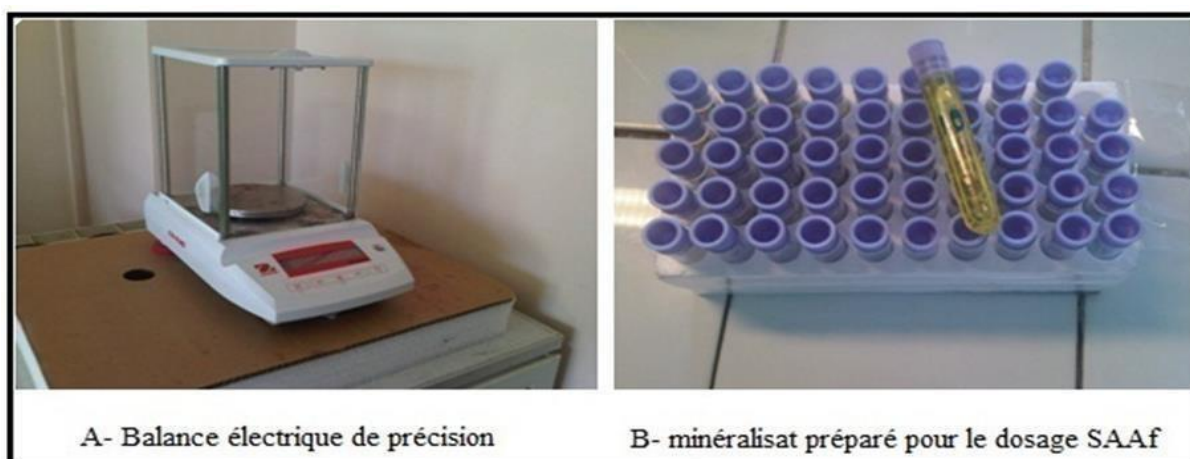


Figure 14 : Minéralisats (Univ.Aboubakr belkaid.Tlem)

6. Dosage des métaux lourds par Spectrophotométrie d’Absorption**Atomique avec flamme :**

Nos dosages ont été réalisés à l’**Univ. Aboubakr belkaid. Tlem.** L’appareil mis à notre disposition pour l’analyse de nos échantillons est un S.A.A. de marque Perkin Elmer :

A. ANALYST 100 – version 1,10 5s70 ; Il est doté de lampes de type H.C.L. Hollow Cathod Lamp (lampe à cathode creuse), spécifique pour chaque élément.

- **Principe :**

C’est une méthode analytique fondée sur l’exposition des spectres de raies, permettant de doser les éléments métalliques. Cette méthode repose sur la règle expérimentée par **Kirchoff** (*in Merad et al, 1991*) ; et elle a été mise au point simultanément par **Walch& Alkemade (1955)** ; le principe est tel qu’un certain corps soumis à certaines conditions d’excitation ne peut absorber que des radiations qu’il est susceptible d’émettre, la réaction est la suivante :

À une certaine température, les atomes subissent une excitation thermique qui projette un électron périphérique de son orbite normale sur une orbite plus externe ; ainsi l’état énergétique de l’atome passe du niveau fondamental E_0 à l’état E_1 d’excitation instable, en retombant sur son orbite normale, l’électron émet une quantité d’énergie lumineuse de fréquence telle que $E_1 - E_0 = h \nu$ (h : cste de Planck) ; ainsi la mesure des intensités lumineuses avant et après absorption permet de déterminer la teneur de l’échantillon en métal à doser.

On soumet l’échantillon à une température élevée dans une flamme (air acétylène), qui va provoquer la rupture des liaisons entre les molécules, les atomes peuvent ainsi absorber les radiations visibles ou ultraviolettes ; les bandes de longueur d’onde que chaque élément peut absorber, sont différentes d’un élément à un autre. Les radiations qui sont absorbées par l’élément ; proviennent généralement d’une lampe à cathode creuse, contenant l’élément intéressé. Une telle lampe spécifique émet le spectre de l’élément désiré (**Merad et al, 1991**).

7. Valorisation *Ulva lactuca* :

7.1. Cadre physique :

La crique Alquier est nichée dans la commune de Mazagran, à seulement quelques kilomètres du centre-ville de la wilaya de Mostaganem. Au nord de domaine Bouaza Abdelkader, et à l'ouest de ferme Le Sahel. Son nom ne vous dit rien, mais elle est très prisée à l'ouest du pays, la plage de la crique est située entre la salamandre et les sablettes, adresse : W363+2V3 – Mazagran de latitude de 14 mètres.



Figure 15 : image satellite par Google Earth de la crique Mostaganem

7.2. Échantillonnage des algues :

L'algue *Ulva lactuca* a été collectée le 25/03/2022 et le 18/05/2022 au niveau de la plage de la crique salamandre au niveau de la wilaya de Mostaganem.



Figure16 : l'algue *Ulva lactuca* état vivante (photo personnelle)



Figure 17 : l'algue *Ulva lactuca* après la collecte (photo personnelle)

7.3. Le séchage et brouillage :

Après avoir apporté des quantités importantes d'algue, il a été soigneusement lavé pour éliminer toutes les impuretés et la poussière, après il a été séché pendant une période de temps suffisante jusqu'à ce qu'il change de forme et de couleur (figure 18) Ensuite, il a été broyé jusqu'à ce qu'il devienne en poudre.



Figure 18 : l'algue *Ulva lactuca* après le séchage (photo personnelle).

7.4. Extraction des métaux lourds dans les plantes marines :

Les extraits des plantes sont préparés selon la méthode décrite par **Hoening et al, (1979)** qui consiste en une digestion par voie humide. Les métaux lourds (Cu, Pb et Cd) sont extraits avec l'eau régale (solution sulfonitrique-eau oxygénée).

Pour cela 1 ml d'acide sulfurique, 3 ml d'acide nitrique, 3 ml d'eau oxygénée à 30 volumes, sont ajoutés à 1g de l'échantillon des plantes séchées et broyées en fines particules.

Dans un erlenmeyer rodé de 250 ml, fixé à un réfrigérant, l'ensemble est chauffé à 75 °C, jusqu'à l'ébullition pendant 15mn, après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques millilitres d'eau déminéralisée, le contenu est filtrés sur papier filtre à vitesse moyenne de filtration dans une fiole de 50 ml à son ml selon les besoins. Cette opération est automatiquement accompagnée par une minéralisation des blancs, qui consiste en une solution d'eau régale. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique a flamme.

Chapitre 02 :

Résultat et Discussion

1. Sex-ratio :

1.1. Variation mensuelle de la Sex-ratio :

Le calcul de la sex-ratio est résumé dans le tableau 8 et représenté par la figure 19, elle indique qu'en mars, il existe une dominance de taux de féminité avec 60 % et de 40 % pour les mâles ; Par contre le mai montre que le taux de masculinité est supérieur 60% et 40% pour les femelles.

Tableau 08 : sex-ratio mensuelle de *Mullus barbatus*.

Pourcentage Mois	% Males	% Femelles
Mars	40%	60%
Avril	00	100%
Mai	60%	40%

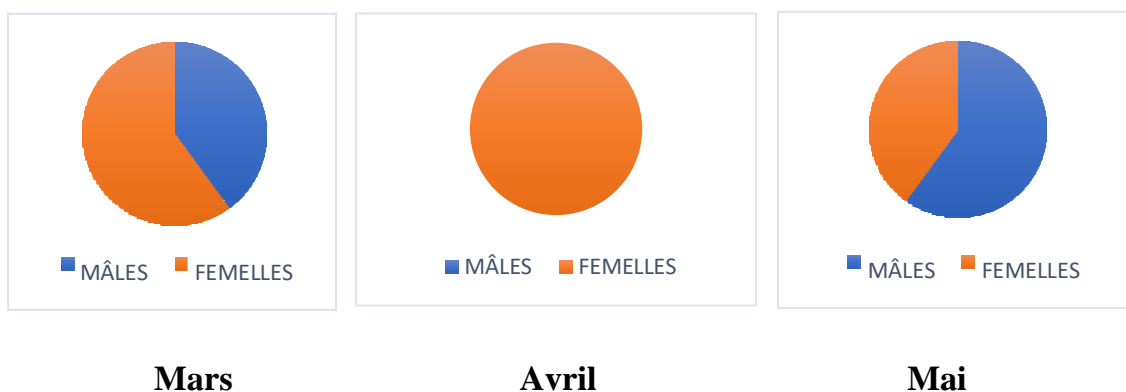


Figure 19 : variations mensuelles de la sex-ratio mensuelle

1.2. Sex-ratio globale :

La sex-ratio globale est représentée par le tableau 09 et illustrée par la figure 20.

Tableau 09 : sex-ratio globale du *Mullus barbatus*

Sexes	Pourcentage %	Nombre
MÂLES	33.33	10
FEMELLES	66.67	20

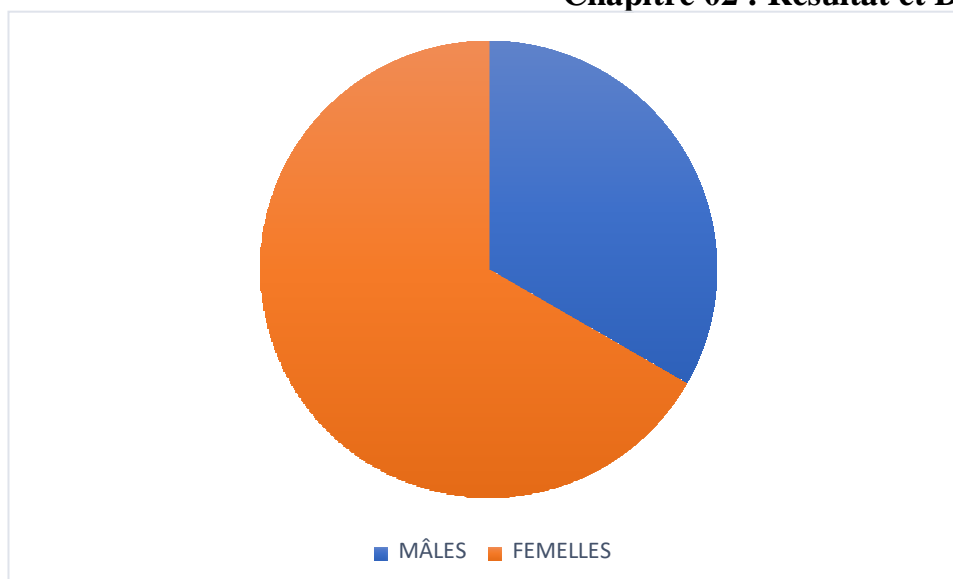


Figure 20 : Variation globale de la sex-ratio

Les résultats indiquent que les femelles dominent largement pendant la période de reproduction, qui s'étale entre mars et mai. L'échantillonnage mensuel réalisé au hasard, a montré que le nombre de femelles est toujours plus important que celui des mâles.

2. Variations mensuelles du rapport Gonado et Hépatosomatique (RGS et RHS) :

On a résumé les résultats de l'étude de ces deux paramètres dans le tableau 10 et illustré par la figure 21.

Tableau 10 : teneurs moyennes de RGS et RHS du *Mullus barbatus*

Sexes \ Mois		Mars	Avril	Mai
MÂLES	RHS	1.865	-	1.275
	RGS	1.451	-	3.972
FEMELLES	RHS	2.145	2.78	3.279
	RGS	1.252	1.885	8.818



Figure 21 : - A. évolution mensuelle du RGS et RHS chez les *Mullus barbatus* mâles.

- **B.** Évolution mensuelle du RGS et RHS chez les *Mullus barbatus* femelles.

L'analyse globale des figures 21A et 21 B montrent l'évolution mensuelle du RGS et RHS chez les *Mullus barbatus* femelles et mâles.

Les valeurs élevées du RGS apparaissent durant le mois de mai et elles sont significativement différentes de toutes les autres, durant cette période le poids des gonades est important, révélant des valeurs maximales de 3.972 et 8.818 pour les mâles et les femelles respectueusement, Concernant les valeurs du RHS, l'évolution de ses variations mensuelles montre un profil identique pour les mâles et les femelles.

Pour les femelles, on remarque que le RHS augmente progressivement tout au long de la période d'échantillonnage pour atteindre un maximum en Mai avec 3.279, il continu a évolué une activité reproductive continue. Pour les males on observe une diminution durant la période de mars et mai pour des valeurs mars : 1.865 et 1.275 mai. De ces résultats il semblerait que pendant cette période, les femelles vont se nourrir abondamment et accumuler des éléments nutritifs pour se préparer à la reproduction qui débute en Avril, ce qui justifie l'augmentation du poids des gonades et de l'organe hépatique chez les deux sexes.

3. Dosage des métaux lourds chez *Mullus barbatus* :

Les teneurs moyennes mensuelles en fonction du sexe pour les 3 métaux étudiées Pb, Cu et Cd au niveau du foies, gonades et muscles chez *Mullus barbatus* sont représentées dans les tableaux 11 ; 12 et 13 et illustrés par les figures 22 ; 23 et 24.

3.1. Plomb :

Les variations mensuelles sont représentées dans le tableau 11 et illustrées par la figure 22.

Tableau 11 : Les teneurs moyennes de Plomb en $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*.

Sexe	Organes	Mars	Avril	Mai
Male ($\mu\text{g/g}$)	Glandes	0,035	-	0,021
	Muscle	0,003	-	0,001
Femelle ($\mu\text{g/g}$)	Glandes	0,098	0,13	0,048
	Muscle	0,002	0,02	0,001

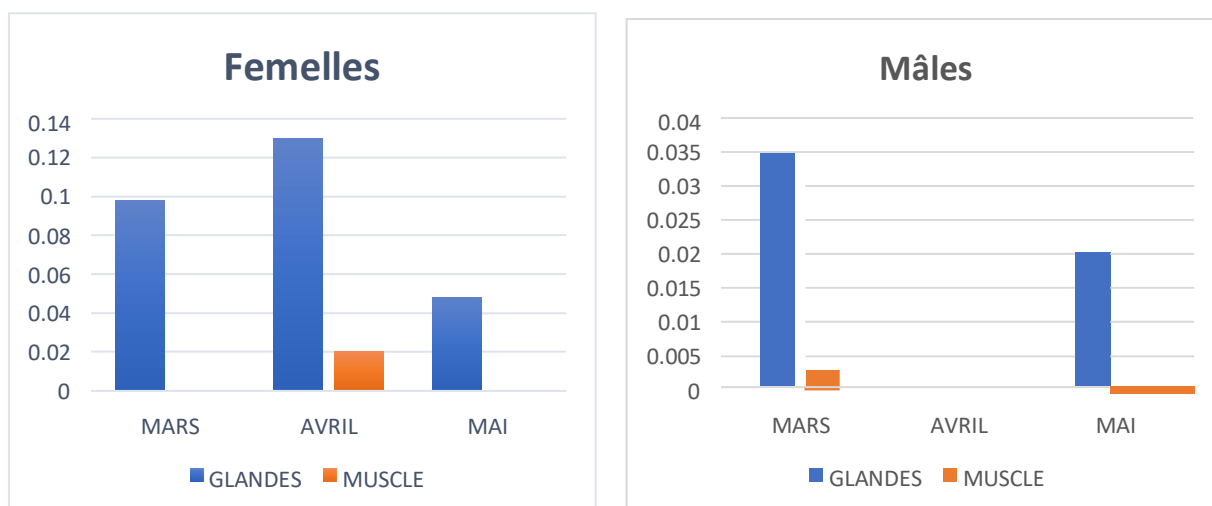


Figure 22 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Plomb $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*

Chez les femelles on remarque une augmentation remarquable de teneur moyen de Pb au niveau des glandes (foie et gonades) dans les mois mars et avril $0,098 \mu\text{g/g}$ et $0,13 \mu\text{g/g}$ respectivement, après une diminution jusqu'à $0,048 \mu\text{g/g}$ dans le mois mai, par

Chapitre 02 : Résultats et Discisions

contre les teneurs moyennes dans le muscle sont très faibles avec une petite augmentation dans le mois d'avril 0.02 µg/g.

Chez les mâles les teneurs moyennes maximales du Pb sont enregistrées au niveau des glandes (foies et gonades) avec 0.035 µg/g et 0.021 µg/g dans les mois mars et mai.

Pour le muscle, on note que tous sexe confondu, les concentrations moyennes relevé restent relativement faible montrant une faible accumulation de ce métal au niveau de cet organe.

3.2. Cuivre :

L'ensemble des résultats sont regroupées dans le tableau 12 et illustrées par la figure 23

Tableau 12 : les teneurs moyennes de Cuivre en µg/g pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*.

Sexe	Organes	Mars	Avril	Mai
Male (µg/g)	Glandes	1,083	-	1,28
	Muscle	0,12	-	0,203
Femelle (µg/g)	Glandes	1,996	2,521	2,139
	Muscle	0,15	0,161	0,296

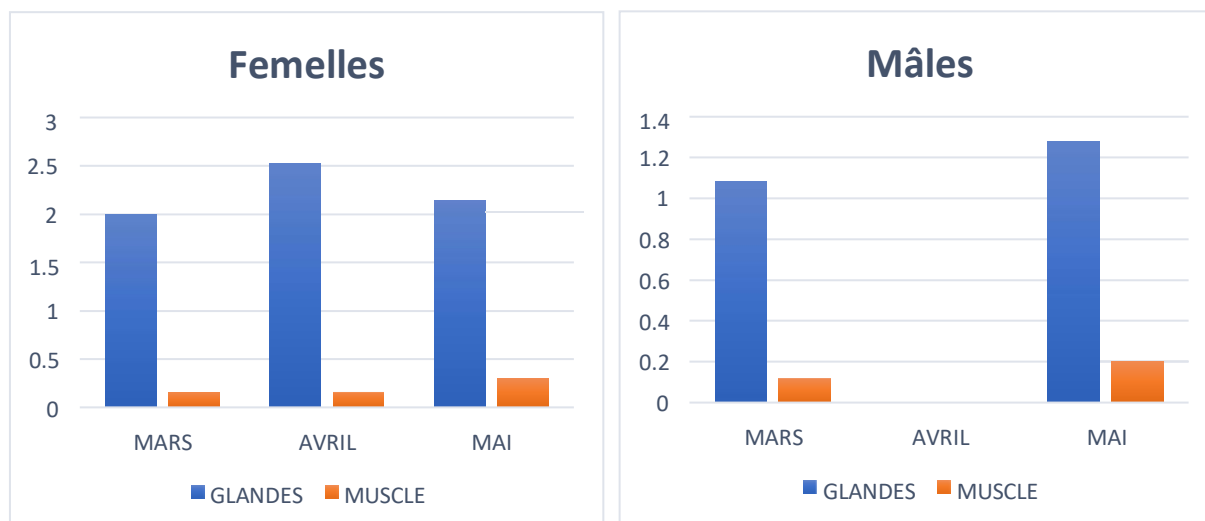


Figure 23 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Cuivre µg/g pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*.

Chapitre 02 : Résultats et Discisions

Concernant le Cuivre, on trouve des teneurs moyennes homogènes entre les deux sexes, toute fois les valeurs les plus élevées caractérisent les glandes (foie et gonades), avec respectivement 1.083 $\mu\text{g/g}$, 1.28 $\mu\text{g/g}$ chez les glandes des mâles et 1.996 $\mu\text{g/g}$, 2.139 $\mu\text{g/g}$ pour les femelles dans les mois mars et mai. Teneur moyen le plus important est relevé au niveau des glandes des femelles 2.521 $\mu\text{g/g}$ dans le mois d'avril.

Le tissu musculaire chez les deux sexes présente des teneurs moyens faibles les mâles 0.12 $\mu\text{g/g}$, 0.203 $\mu\text{g/g}$ dans les mois mars et mai avec une augmentation remarquable chez les femelles entre 0.15 $\mu\text{g/g}$ et 0.296 $\mu\text{g/g}$.

3.3. Cadmium :

L'illustration des teneurs sont illustrées par la figure 24 et regroupées par le tableau 13

Tableau 13 : les teneurs moyennes de Cadmium en $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*.

Sexe	Organes	Mars	Avril	Mai
Male ($\mu\text{g/g}$)	Glandes	0,015	-	0,029
	Muscle	0,001	-	0,001
Femelle ($\mu\text{g/g}$)	Glandes	0,013	0,039	0,01
	Muscle	0,009	0,03	0,002

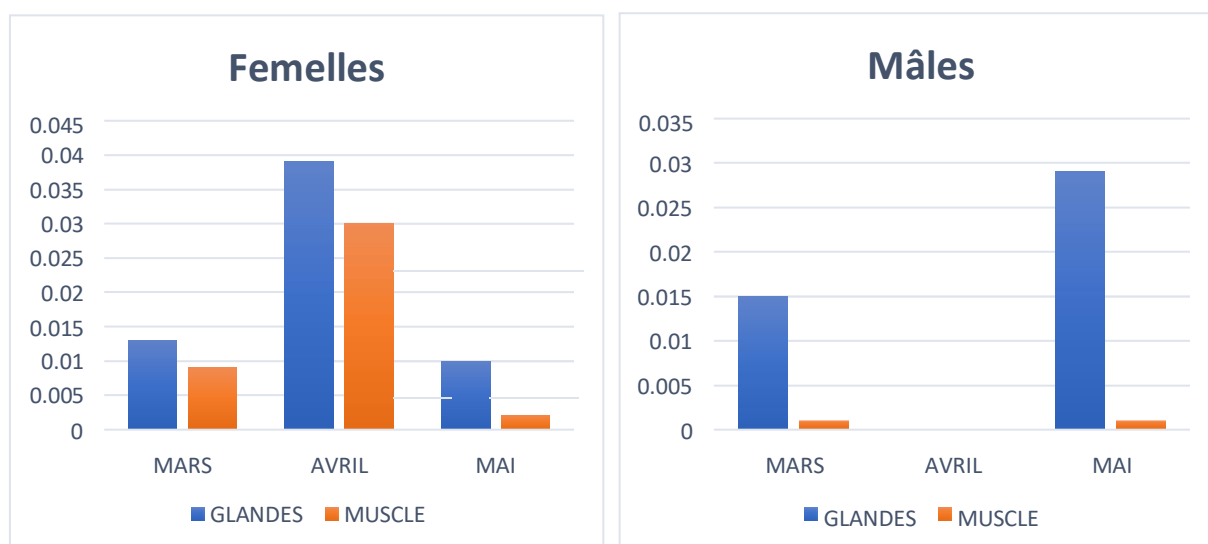


Figure 24 : variations des teneurs moyennes mensuelles en Cadmium $\mu\text{g/g}$ pour les mâles et les femelles de *Mullus barbatus*.

Chapitre 02 : Résultats et Discisions

La comparaison des teneurs en Cadmium en fonction du sexe montre une différence notée entre les tissus mous d'un côté et le tissu musculaire.

Concernant les glandes on remarque que la valeur la plus importante est noté chez les femelles avec 0.039 $\mu\text{g/g}$ dans le mois d'avril et pour les males 0.029 $\mu\text{g/g}$ dans le mois mai. Cependant le tissu musculaire s'affiche en teneurs plus au moins importantes chez les mâles avec 0.001 $\mu\text{g/g}$ dans les mois mars et mai

Chez les femelles les teneurs moyens s'affichent avec des valeurs très élevées au niveau de muscle dans le mois d'avril avec 0.03 $\mu\text{g/g}$.

4. Dosage des métaux lourds chez *Ulva lactuca* :

Les résultats obtenus sont affichés dans le tableau 13 et illustré par la figure 25.

Tableau 14 : les teneurs des 3 métaux étudiées en $\mu\text{g/g}$ chez *Ulva lactuca*

Métal	Plomb	Cuivre	Cadmium
Echantillon	104.864	186.26	0.381

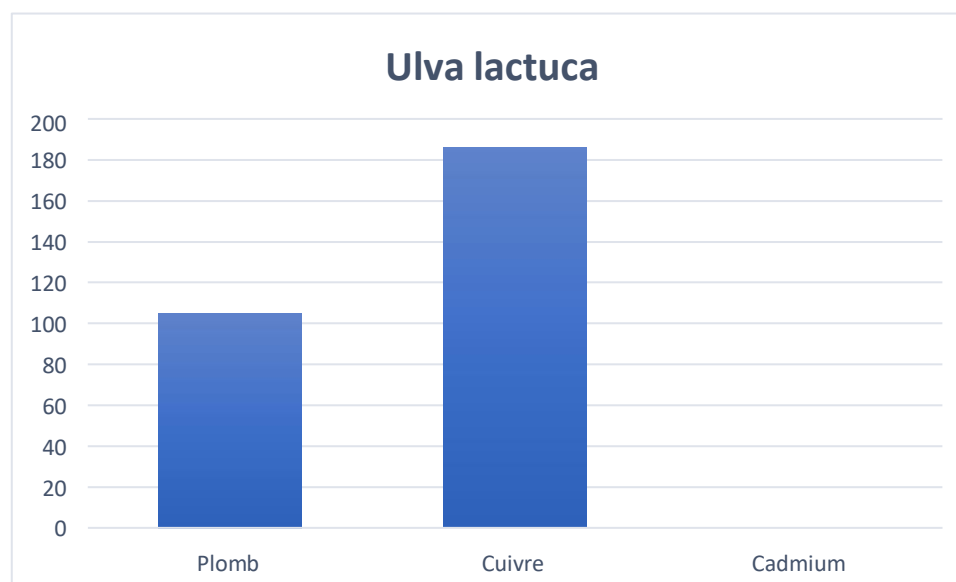


Figure 25 : Teneurs des métaux lourds en $\mu\text{g/g}$ chez *Ulva lactuca*

5. Comparaison des teneurs :

La comparaison des teneurs des trois métaux étudiés Pb, Cu et Cd chez l'algue *Ulva lactuca* montre qu'il existe des valeurs très importantes avec une différenciation significative entre les trois valeurs enregistrées.

Le Cuivre représente une valeur maximale de 186.26 µg/g cette valeur indique l'existence d'un taux d'accumulation très élevé concernant ce métal. Pour le plomb nous avons enregistré des chiffres moins que le cuivre avec 104.864 µg/g mais elle reste une valeur élevée ; alors que la teneur la plus faible est de Cadmium avec 0.381 µg/g ce qui explique une faible accumulation de ce métal.

6. Discussion :

Dans l'environnement marin, les éléments traces peuvent s'accumuler dans les organismes à des concentrations supérieures à celles présentes dans l'eau suite à une bioaccumulation et biomagnification, causant une détérioration générale de ces écosystèmes, malheureusement cette dernière a été identifiée dans les dernières décennies (Tahiri *et al.*, 2005 ; Dehn *et al.*, 2006 ; Sivaperumal *et al.*, 2007).

Mullus barbatus :

La bioaccumulation des métaux dans les différents organes de poissons a fait l'objet de plusieurs travaux d'études antérieurs. Le foie, les gonades et le muscle sont les organes les plus primordiaux de point de vue toxicologique en raison de leur rôle clés dans les phénomènes de métabolisation et d'accumulation.

La comparaison des concentrations des métaux enregistrés dans notre étude en fonction des différents métaux et organes montre des teneurs différentes.

Par rapport aux organes, généralement on retrouve des teneurs en polluants métalliques dans les glandes (foie et les gonades) de l'organisme plus importantes à celles observées dans le muscle.

Concernant les glandes on a des valeurs importantes de cuivre entre 1.083 µg/g et 2.521 µg/g sont supérieures aux deux autres métaux le plomb 0.13 µg/g et le cadmium 0.039 µg/g.

Chapitre 02 : Résultats et Discisions

Le muscle est généralement analysé car c'est la partie principale du poisson consommée par les humains et est impliquée dans les risques sanitaires.

La communauté européenne a proposé des valeurs limites des concentrations de métaux dans les muscles de poissons mais seulement pour les métaux non essentiels (Cd, Pb et Hg). En effet, 0,1 mg/kg pour le Cd et 0,5 mg/kg pour le Pb (C.E., 2002) ; toute fois nos résultats affichent des concentrations plus basses et comprises dans les normes déjà citées.

Notant que dans les littératures on trouve des études annonçant des taux de cuivre 0.66 µg/g et 0.69 µg/g dans les sites Stidia et Kharouba, de plomb 2.17µg/g et 1.44 µg/g et de cadmium entre 1.21 µg/g et 1.38 µg/g chez le pageot (Ghomari e Bachibouadjra) ces résultats sont supérieurs à nos concentrations ce qui traduit une variété biologique entre les deux espèces étudiées.

Les travaux de (Borsali, 2015) sur la côte oranaise montrent d'importantes teneurs en Cu pouvant atteindre 0.214 µg/g et 0.027 µg/g pour le cadmium et 0.063 µg/g pour le plomb mais qui restent toutefois inférieur à nos résultats.

Ulva lactuca :

Concernant l'algue *Ulva lactuca* nous avons enregistré des concentrations très, il s'agit de cuivre et plomb 186.26 µg/g et 104.864 µg/g respectivement, ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans les travaux de (Selka, 2014) dans la baie de Honaine avec 46.33 µg/g et 63.98 µg/g pour le cuivre et le plomb respectivement.

Les travaux de (Borsali et al en 2020) chez *Ulva lactuca* au niveau de Sidi Ladjel, ont montrés des teneurs moins importantes à savoir 169,089 ppm/ps et 83,0967ppm/ps pour le cuivre et le plomb respectivement.

Selon (Benkdad et al., 2011), Les concentrations de métaux varient, non seulement parmi les espèces d'algues, mais aussi au sein de la même espèce provenant des différents sites.

Chapitre 02 : Résultats et Discisions

Cela peut être dû aux facteurs abiotiques ou biotiques, des facteurs anthropiques et de la distribution hétérogène des métaux dans l'écosystème. Ces variations sont en relation avec l'âge des tissus, le cycle de vie, les concentrations ambiantes des métaux et d'autres conditions environnementales.

La comparaison des résultats obtenues par la présente étude, par rapport à ce qui sont rapporté par la littérature scientifique, nous permet de constater que les valeurs obtenues sont proches de celles des milieux plus ou moins pollués.

Conclusion générale

Conclusion générale

La connaissance actuelle de la contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds révèle une complexité éco-toxicologique extrême, due aux multitudes interrelations existantes entre les facteurs abiotiques du milieu, les facteurs biotiques et les nombreuses formes de dérivés des métaux présents dans les différents compartiments des écosystèmes (Zhang & Wang, 2007).

L'homme se trouve être le premier responsable à la pollution en général et par les métaux lourds comme Cd, Cu et Pb spécifiquement grâce à ces activités industrielles. En plus des analyses chimiques, les espèces marines comme les poissons et les algues ont la capacité de donneront une idée sur l'état de milieu qui occupe

Utilisation des bioindicateurs et bio accumulateurs est désormais un outil très important pour la surveillance de la pollution résulte par les métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques.

Les poissons ont un grand intérêt concernant au don idée générale du degré de contamination dans le milieu, les algues vestes sont des algues benthiques, plus ou moins liées au fonds et totalement émergées dans l'eau de mer, ce qui en fait les bio accumulateurs idéals car les métaux s'y sont accumulés directement.

Notre étude était basée sur l'utilisation de deux espèces différentes qui reflètent bien la qualité du biotope ; un poisson osseux *Mullus barbatus* dans la baie de Mostaganem qui par son statut bioécologique et sa capacité à servir d'indicateur quantitatif et qualitatif de la contamination de son biotope la tout aussi bien sélectionnée, tout aussi par l'algue *Ulva lactuca* échantillonnée au niveau de la même zone d'étude.

Les résultats obtenus de dosage des trois métaux Cd, Pb et Cu par la technique de la spectrophotométrie d'absorption atomique permettent une évaluation de l'état de contamination occasionnel au niveau de la baie de Mostaganem dans les mois mars, avril et mai.

Suite à notre étude nous avons enregistré des teneurs élevées dans les tissus adipeux par rapport au tissu musculaire concernant les deux métaux Pb et Cu car ils se trouvent être des tissus accumulateurs et des organes de séquestration des différents métaux.

Les résultats obtenus montrent que l'influence de la période de reproduction sur le processus de bioaccumulation est remarquable pour les trois métaux, *U.lactuca* présente des concentrations très élevées proche a les milieux très pollués.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

A.E. E. ;1998 : (Agence Européenne pour l'Environnement). Problèmes prioritaires pour L'environnement méditerranéen.

Adams, S.M., 2002 : Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 621 p.

Adli C. ;2016 : Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires. Th. Doc : Univ. Ibn Zohr. Maroc. 91p.

Afnor. ;1988 : Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols. Paris-La Défense, sept 1988.

Aissat, F. ;2010 : Ecologie biologie et exploitation de rouget de vase *Mullus barbatus Linnaeus*, 1758 de la région algéroise. Thèse de Magister.USTHB. Alger.

Amirouche N. ;2009 : Bouguedoura N., H aj-Arab H., (2009). Botanique : Algues, Champignons, Lichens, Ed. Houma, Alger. Pp : 5-15.

B

Baize D. ;1997 : Un point sur les teneurs totales en éléments-traces métalliques dans les sols. INRA Éditions, Paris. France. Pp. 408.

Bauda P. ;1986 : Accumulation et toxicité du cadmium chez les bactéries Gram négatif : rôle des enveloppes bactériennes. Th. Doc : Univ. Paul Verlaine – Metz. France.181p.

Behanzin G. J., Adjou E.S., Yassoufou A.G., Dahouenon A.E. et Sezan A. ;2014 : Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, Journal Applied Biosciences, Vol 83, pp 7499-7505.

Belabed B. ;2010 : La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Th. Doc : Univ Badji Mokhtar Annaba. Algérie. 199p.

Belanger, David. ;2009 : Utilisation de la faune macro benthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Maître en écologie internationale : maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada, Août 2009,67p.

Benayad, F., & Benchehida, D. ;2017 : evaluation du qualité organoleptique, microbiologique et physico-chimique du rouget barbet de roche « *Mullus surmelétus* » pêché sur le plateau continental ouest d'Algérie. Mémoire de master. Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Benguedda-Rahhal W. ;2012 : Contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les sédiments et différents maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest algérien. Th. Doc : Univ.Tlemcen.Algérie. 146p.

Benkdad, A., Laissaoui, A., Tornero, M. V., Benmansour, M., Chakir, E., Garrido, I. M., Moreno, J. B. ;2011 : Trace metals and radionuclides in macroalgae from Moroccan coastal waters. Environ monitassess, 182 : 317–324.

Benzouhra, M et Millot, C, 1993 : Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off Algeria. Deep-Sea Res. 42(10), 1803-1830.

Biofuels BF. ;2015 : Catalogue of algae species with high growth rates and energy potentiel.

Bliefert C, Perraud R. ;2004 : Chimie de J'environnement : Air, eau, sols, déchets. Boeck Université. pp. 373-374.

Blum WE. ;1990 : Pollution des sols par métaux lourds. Sixième conférence ministérielle européenne sur l'environnement. Bruxelles.

Borsali Sofia. ;2015 : Evaluation de la contamination métallique dans trois organes (Foie, gonades et muscle) du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (L.1758) par quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) pêché dans la baie d'Oran. Université d'Oran.

Borsali sofia1, A. Baaloudj, A. Kerfouf, 2020 : Biochemical study of *Ulva lactuca* and *Cystoseira stricta* from Mostaganem coastline (Western Algeria), Ukrainian Journal of Ecology, Ukrainian Journal of Ecology, 2020, 10(3), 116-121, doi: 10.15421/2020_177

Botany. ;2001 : Algae : Native *Ulva lactuca* C Agardh 1823 : University of Hawaii at Manoa.

Bougie P. ;1952 : recherches biometriques sur les rougets (*Mullus barbatus. L, Mullus Surmuletus. L*). Archs Zool exp gèn. 89 (2) : 57-174.

Bourelrier, P.H., Berthelin J. ;1998 : Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Rapport n°42, Académie des Sciences. (Ed). Lavoisier, 300p

C

C.E., 2002 : Communautés Européennes numéro 221/2002 de la commission du 6 février 2002. Portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal Officiel des Communautés Européennes. 37/4, 37/5 et 37/6.

Casabianca M.L. BN, Serrano O., Sfriso A. 2002. Growth rate of *ulva rigida* in different mediterranean eutrophicated sites Bioresource Technology 82 :27-31.

Casas S. ;2005 : Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb. Et Zn) en milieu méditerranéen. Thèse du Doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. Univ. Du Sud ToulonVar. 301 p.

Chebira N. A. S. ; 2008 : Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des sous-produits de céréales. Th. Doc :Univ.Constantine. Algérie.178p.

Chiffolleau, J. F., Claisse, D., Cossa, D., Ficht, A., Gonzalez, G., Guyot, T ; Michel, P., Miramand, P ; Oger, C., et Petit, F. ;2001 : La contamination métallique, Programme scientifique Seine Aval : 39.

Chouikhi et al., 1992 : Circulation des eaux et pollution des cotes Méditerranéenne des pays du MAGHREB. Edit. INOC, Izmir-Turquie. 307P

Christie A.O. ELV. 1962 : Periodicity in liberation of Gametes and zoospores of *Enteromorpha Intestinalis* Link. Nature 193 :193-194.

CIRC, 2006 : Centre International de Recherche sur le Cancer. Évaluation des risques de cancérogénicité pour l'Homme. Dérivés inorganiques et organiques du plomb. 87 : 5-12.

D

(DEM), 2011 : Direction de l'environnement de la wilaya de Mostaganem. Rapport sur le littoral de la wilaya de Mostaganem, 58 p.

Darly, B. ;1992 : Poissons des cotes algériennes. 56.

Dehn L.A., Follmann E.H., Thomas D.L., Sheffield G.G., Rosa C., Duffy L.K., O'hara T.M. ;2006 : Trophic relationships in an Arctic food web and implications for trace metal transfer. Science of the Total Environment, 362 (1), 103–123.

Didierlaurent, S. ;2012 : *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758). DORIS.

Dieuzeid, R., Novella, M., & Roland, J. ;1959 : Catalogue des poissons des côtes Algérienne. II (Imprimerie officielle de la délégation générale du gouvernement en Algérie), 294-297.

Djabali, F., Brahmi, B., & Madani, M. ;1993 : POISSONS DES COTES ALGERIENNES. ISMAL- BP 90 ALGER 1^{er} NOVEMBRE- ALGER.

Dusquene S. ;1992 : Bioaccumulation métallique et métallothionéines chez trois espèces de poissons du littoral Nord-Pas De Calais. Th de Doc : en Biologie et Santé. Univ. Lille. France.263 p.

F

Faller H. ;2011 : Les applications et la toxicité des algues marines :132.

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

Favero, N., Frigo, M. G., 2002 : Biomonitoring of metal availability in the southern basin of the lagoon of Venice (Italy) by means of macroalgae. Department of Biology, University of Padova, Padova, Italy.

Filali R. ;2012 : Estimation et commande robustes de culture de microalgues pour la valorisation biologique de CO₂. Th. Doc : Univ. Nantes. France .219 p.

Fischer, W., Schneider, M. et Bauchot, M. L. ;1987 : Fiches FAO D'identification Des espèces pour les besoins de la pêche méditerranée et mer noire zone de pêche 37 (Révision 1) volume II Vertèbres. Rome : FAO.

G

Garon-Ladiere S. ;2004 : Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). :332.

Gharbi, H., & Ktari, M. H. ;1981 : Biologie de *Mullus barbatus Linnaeus*, 1758 et *Mullus surmuletus Linnaeus*. 1758 (Poissons, Téléostéens, Mullidés) des côtes tunisiennes, taille et âge de première maturité sexuelle, cycle sexuel et coefficient de condition. Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr., 41–51.

Ghomari S.M., Bachir bouiadjra B. : Dosage de quartes métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) dans la chair de deux poissons *Sardina pilchardus* et *Pagellus acarne* de la baie de Mostaganem. Université Abdelhamid Ibn badis de Mostaganem.

Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2010 : Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. 3eme édition, presse polytechnique et universitaire romandes.

Guiry. M. D. ;2012 : « How Many Species of Algae Are There ? », J. Phycol., vol. 48, no 5, p. 1057-1063.

Guiry.M D et G. M. Guiry. ;2008 : « AlgaeBase », AlgaeBase.

H

Hebbar, C, Kerfouf, A., & Boutiba, Z. ;2012 : Contribution à l'étude de la reproduction du rouget barbet de vase *Mullus barbatus* (linnéen, 1758) de la baie d'Oran (Algérie). 144–151.

Hebbar, Chafika. ;2013 : Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans le littoral oranais. Thèse de Doctorat. Université d'Oran.

Hlavay J., PolyakK., Weisz M. ;2001 : Monitoring of the natural environment by chemical speciation of elements in aerosol and sediment samples Presented at the Whistler 2000 Speciation Symposium, Journal of Environmental Monitoring, 3(1): 74-80.

I

Ifremer, 2001 : Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée : résultats de la campagne 2000 - Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO). 93p.

J

JICA, MATET. ;2008 : ONNED.Compte rendu du séminaire Conjoint Algérie Japon pour une gestion efficace de l'Environnement. Alger, du 21 au 22 avril 2008,102 p.

K

Kabata-Pendias A., et Pendias H., 2001 : Trace elements in soils and plants. 3rd CRC Press, Boca Raton, London, New-York, Washington D.C.

Kalay, M. and Canil, M. 2000 : Elimination of essential (Cu, Zn) and nonessential (Cd, Pb) metals from tissue of a fresh water fish *Tilapia zilli*, Turkish Journal of Zoology, Vol.24, pp.429-436.

Kalia K., Flora S. J. ;2005 : Strategies for safe and effective therapeutic measures for chronic arsenic and lead poisoning, Journal of occupational health, 47(1):1-21.

Korichi, H-S., 1988 : Contribution à l'étude biologique de deux espèces de saurels *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Stindachner, 1868) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou Ismail (Alger). Thèse de Magister, ISMAL, Alger : 260p.

Kumar, M., Kumari, P., Gupta, V., Anisha, P. A., Reddy, C. R. K., Jha, B.,2010 : Differential responses to cadmium induced oxidative stress in marine macroalgae *Ulva lactuca* (Ulvales, Chlorophyta), Biometals, 23 : 315–325.

L

Lacaze J.C. ;1996 : L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edit. Ellipses. Paris. 191p.

Lacoue-Labarthe, Thomas. ;2007 : Incorporation des métaux dans les oeufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique & environnement marin.2007, 200 p.

Lagadic, L., Coquet, T., Amard, J. C., Ramade, F., 1997 : Biomarqueurs en ecotoxicologie , aspects fondamentaux. Edition Masson, paris.

Lalami-Taleb, R., 1970 : Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. Thèse de Doct. 3ème cycle en biologie. Université d'Alger : p168.

Lami R., Orignac J. Fiche de *Ulva lactuca* ; 2008 : Université virtuelle environnement et développement durable 2008.

Layachi, M., Melhaoui, M., Srou, A., & Ramdani, M. ;2007 : Contribution à l'étude de la reproduction et de la croissance du Rouget-barbet de vase (*Mullus barbatus L.*, 1758) 37 de la zone littorale méditerranéenne de Nador (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique Rabat, 29, 43–51.

Loez C. R., SalibanA., Topalian M. L. ;1998 : Phytoplanktonic associations as indicators of zinc pollution,Revue des sciencesde l'eau / Journal of Water Science,11(3): 315–332.

Lymbumer D. ;1974 : Environmental contaminants inventory study No. 2. The production use and distribution of cadmium in Canada. Report Series No. 39, Centre canadien des eaux intérieures, Direction des eaux intérieures, Ottawa.

M

Marchand M. ;1989 : La contamination des eaux continentales par les micropolluants organiques, Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science,2(2) :229-264.

Mahé, K., Destombes, A., Coppin, F., Koubbi, P., Vaz, S., Roy, D. L., & Carpentier, A. ;2005 : Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. 39, 1–199.

Messyasz. B. ;2006 : « Enteromorpha (Chlorophyta) populations in the Nielba River and Lake Laskownickie ».

Manivannan.K G. Thirumaran, G. Karthikai Devi, P. Anantharaman & T. Balasubramanian. ;2009 : « Proximate composition of different group of seaweeds from Vedalai Coastal waters (Gulf of Mannar) : Southeast Coast of India. », Middle-East Journal of scientific research, 4(2), 72-77.

Mediterraneo AM. ;2015 : *Ulva lactuca*.

Merad, R., Reggabi, M., Alammir, B., Benali, S., Abetroun, R., Azzouz, M. & Beaisa, D., 1991 : Travaux pratiques de toxicologie. Coll. Le cours de pharmacie. Off. Des des Publ. Univ. INESSM d'Alger : 150 p.

Mahé, K., Destombes, A., Coppin, F., Koubbi, P., 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/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais, 187p.

Miquel, M., 2001 : Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport n°261 de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat, France, 360 p.

Millot, C., 1985 : Some features of the Algerian current. *J.geophy.Res.*, 90(C4): 7169-7176.

Millot, C., 1987a : The circulation of the Levantine intermediate water in the Algerian basin. *Journal of geophysical research*, 92(C8) : 8265-8276.

Millot, C., 1987b : Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanog. Acta*.10 (2) :144-149.

N

Negreanu-Pîrjol.B T. Negreanu-Pîrjol, G. Paraschiv, M. Bratu, R. Sîrbu, F. Roncea & A. Meghea, 2011 : « Physical-chemical characterization of some green and red macrophyte algae from the Romanian Black Sea littoral. », *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 12(2), 173.

P

Padua M. GPS, Mathias L.A. ;2004 : Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützing) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fascita* (Delile). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47 :49-55

Pencreac'h G., Devos M., Poisson L., Herault J., Loiseau C., Ergon F. ;2004 : Les microalgues marines : source alternative d'acide eicosapentaénoïque (EPA) et d'acide docosahexaénoïque (DHA), *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(2) : 118-122.

Pettett P. ;2009 : Preliminary investigation into the induction of reproduction in *ulva* spp. In southeast Queensland for mass cultivation purposes. In : Coast FosUotS, editor. P 71.

Pnue-Pam-Plan Bleu. ;2010 : Évaluation de la mer Méditerranée : Exécution de l'étape 3 du processus d'approche écosystémique. Barcelone (Espagne), 6-7 juillet 2010. Athènes, PAM (MAP Technical Reports).

Pozderka, k « Bellinger, E. G. and Sigeo, D. C. ;2015 : Freshwater algae: identification, enumeration and use as bioindicators », Acta Botanica Hungarica.

Pushparaj.A R. S. Raubbin, et T. Balasankar, 2014 : « Antibacterial activity of *Kappaphycus alvarezii* and *Ulva lactuca* extracts against human pathogenic bacteria », Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., vol. 3, no 1, p. 432–436.

R

Ramade F., 2000 : Dictionnaire encyclopédique des polluants : les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International., Paris : 690 p.

Ramade, F., 2002 : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et sciences de l'environnement, 2eme édition, Dunod, Paris, 87-90 pp.

Rodier J, 1996 : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduelles – Eaux de mer. 8ème édit. Dunod. 1383p.

S

Sarkar B. ;2002 : Heavy metals in the environment. pp. 231-234/457-458.

Scientific Publications - University of Bacau [Revues] ;2019 : (scientific reviews, abstracts and articles) ». [En ligne]. Disponible sur : <http://pubs.ub.ro/index.php?pg=revues&rev=csc6&num=200607&vol=1&aid=1079>. [Consulté le : 28-mars-2019].

Selka Fatima Zahra., 2014 : Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds chez les algues de la baie de Honaine. Université Abou Bakr Belkaid–Tlemcen.

Serpaud B., Al-Shukry R., Casteignau M., Matejka G. ;1994 : Adsorption des métaux lourds (Cu, Zn, Cd et Pb) par les sédiments superficiels d'un cours d'eau: rôle du pH, de la température et de la composition du sédiment. Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, 7(4) : 343-365.

Sivaperumal P., Sankar T.V., Viswanathan P.G., 2007 : Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chemistry, 102 (3) 612–620.

Suquet, M., & Person-le Ruyet, J. ;2001 : Les rouget barbets (*Mullus Barbatus*, *Mullus Surmuletus*) - Biologie, pêche, marche et potentiel aquacole. Tfremer, 47p.

T

Tahiri L. ;2005 : Contamination métallique de *Mytilus galloprovincialis* et des sédiments au niveau de l'estuaire de Bouregreg (Maroc). Water qual. Res. J., 40 (1), 111–119.

U

UNEP. ;1997 : Repport of the meeting of experts to review the MEDPOL. Biomonitoring programme. Athens, Greece: UNEP-(OCA)/MED WG.122/7.

V

Voliani A. ;1999 : *Mullus barbatus*: Synthesis of knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean. Biopl. Mur. Medit, 1, 276-291.

W

Wariaghli, F., El ghzaoui, G., al Amouri, M., 2004 : Les algues et leur Intérêt en écotoxicologie. Université Mohamed V, UFR, biodiversité du littoral marocain, Module, Ecotoxicologie, 92 pp.

Weiss D., Shotyk W., Kempf O., 1999 : Archives of Atmospheric Lead Pollution. NaturWissenschaften. Mémoire de magister de l'université de Tlemcen-Algérie.

Z

Zhang, L. & Wang, W. X., 2007 : Waterborne cadmium and zinc uptake in a euryhaline teleost *Acanthopagrus schlegeli* acclimated to different salinities. *Aquatic Toxicology*, 84(2): 173-181.